

**A.M.MƏHƏRRƏMOV, R.Ə.ƏLİYEVƏ,
T.Ə.MAHMUDOV, F.M.ÇİRAQOV**

K İ M Y A

**ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİNİN TƏBİƏT ELMLƏRİNƏ
İSTİQAMƏTLƏNMİŞ SINIFLƏRİ VƏ KİMYA TƏMAYÜLLÜ
LİSEYLƏR ÜÇÜN DƏRS VƏSAİTİ**

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi tərəfindən təsdiq edilmişdir
(Əmr №793)*

**Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Elmi-Metodik Şurası «Kimya və kimya-
texnologiyası» bölməsinin 19.10.2006-cı il
tarixli 36 sayılı iclas protokolu ilə dərs və-
saiti kimi təsdiq edilmişdir.**

I

BAKİ-2007

Elmi redaktor: Bakı Dövlət Universitetinin fiziki kimya kafedrasının müdiri, k.e.d., prof. E.İ.ƏHMƏDOV

Rəy verənlər: Azərbaycan-Türkiyə Özəl Liseylərinin kimya metodistləri: Murat Irmak və Mustafa Yılmaz

H.Əliyev adına Müasir Təhsil Kompleksi kimya kafedrasının müdiri, k.e.n., dos. R.İ.Süleymanov

A.M.Məhərrəmov, R.Ə.Əliyeva, T.Ə.Mahmudov, F.M.Çıraqov. KİMYA. (Ümumtəhsil məktəblərinin təbiət elmlərinə istiqamətlənmiş sinifləri və kimya təmayüllü liseylər üçün dərs vəsaiti). Bakı, 2007, səh. 480.

Dərs vəsaitində maddələrin quruluşu və kimyəvi proseslərin qanunauyğunluqları müasir təsəvvürlər əsasında şərh edilmişdir. Bəsit maddələr, onların oksigenli və hidrogenli birləşmələri haqqında ətraflı məlumat verilmişdir. Fəsilərin sonunda öyrədici xarakterli məsələlər və onların həlləri verilmişdir. Dərs vəsaiti kimya təmayüllü liseylər və kimyanı dərinləşmiş proqramla öyrənən yuxarı sinif şagirdləri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Ondan ali məktəb tələbələri və orta məktəb müəllimləri də istifadə edə bilərlər.

1701000000-18 39-2006
M (658-07)-39

MÜNDƏRİCAT

ÖN SÖZ		7
	BİRİNCİ HİSSƏ KİMYANIN NƏZƏRİ ƏSASLARI	
I FƏSİL	KİMYANIN ƏSAS ANLAYIŞLARI VƏ QANUNLARI	11
	§ 1. Kimyanın mövzusu.....	11
	§ 2. Kimyəvi və fiziki maddə.....	12
	§ 3. Kimyəvi elementlərin işarələri.....	13
	§ 4. Nisbi atom kütləsi.....	14
	§ 5. Kimyəvi formullar	16
	§ 6. Kimyəvi tənlilər	18
	§ 7. Fiziki və kimyəvi hadisələr.....	19
	§ 8. Saf maddələr və qarışıqlar.....	20
	§ 9. Maddələrin xassələri və xarakteristikası.....	22
	§ 10. Ölçmə və metrik ölçü vahidləri	23
	§ 11. Maddə kütləsinin saxlanması qanunu	26
	§ 12. Maddə tərkibinin sabitliyi.....	28
	§ 13. Ekvivalent	30
	Məsələlər	33
II FƏSİL	ATOMLAR VƏ MOLEKULLAR	35
	§ 1. Atomun nüvəsi	36
	§ 2. E.Rezerford təcrübələri	36
	§ 3. Atom nüvəsinin tərkibi	37
	§ 4. Elektron nədir?	39
	§ 5. Elektronun ikili təbiəti	41
	§ 6. Elektron atomda	42
	§ 7. Kvant ədədləri	43
	§ 8. Pauli prinsipi	48
	§ 9. Elektronların atomda paylanması. Kleçkovski qaydası	49
	§ 10. Elektron formulları. Hund qaydası	54
	Məsələlər	56
III FƏSİL	DÖVRİ QANUN VƏ KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN DÖVRİ SİSTEMİ	57
	§ 1. Tarixi məlumat	57
	§ 2. Mendeleevin dövrü qanunu	58
	§ 3. Elementlərin xassələrinin dövriliyinin fiziki mənası	67
	§ 4. Dövrü qanunun əhəmiyyəti	70
	Məsələlər	76
IV FƏSİL	KİMYƏVİ RABİTƏ	77
	§ 1. Kimyəvi rabitənin miqdarı xarakteristikaları	77
	§ 2. İonlaşma enerjisi və elektrona hərislik	79
	§ 3. İon rabitəsi	80
	§ 4. Kovalent rabitə	84
	§ 5. Lokallaşmamış rabitə	88
	§ 6. Orbitalların hibridləşməsi σ -siqma və π -pi rabitələri	89
	§ 7. Koordinasion rabitə	92
	§ 8. Hidrogen rabitəsi	93
	§ 9. Metal rabitəsi	97
	§ 10. Molekulyar orbitallar metodu	100
	Məsələlər	103
V FƏSİL	MADDƏLƏRİN AQRƏQAT HALI, QURULUŞU VƏ XASSƏLƏRİ	104
	§ 1. Maddələrin aqrəqat halı	104
	§ 2. Faza diaqramı	105
	§ 3. Bərk maddələrin quruluşu və xassələri.....	106
	§ 4. Mayələr	108
	§ 5. Qazlar	112
	Məsələlər	119
VI FƏSİL	KİMYƏVİ ENERGETİKA	121
	§ 1. Enerji nədir? Enerjinin formaları	121

	§ 2. İstilik və kimyəvi reaksiyalar	122
	§ 3. Maddənin daxili enerjisi	123
	§ 4. Maddələrin əmələgəlmə entalpiyası	124
	§ 5. Termokimyayın qanunları	124
	§ 6. Yanma entalpiyası	125
	§ 7. Reaksiyanın istiliyinin ölçülməsi	126
	§ 8. Qida məhsullarının kaloriliyi	127
	§ 9. Gələcəyin enerji mənbələri	128
	§ 10. Atom enerjisi	129
	Məsələlər	132
VII FƏSİL	KİMYƏVİ REAKSİYALARIN QANUNAUYGUNLUQLARI	133
	§ 1. Kimyəvi reaksiya nədir?	133
	§ 2. Kimyəvi reaksiyaların sürəti	134
	§ 3. Kimyəvi reaksiyanın sürətinə təsir edən amillər	135
	§ 4. Kataliz	138
	§ 5. Kimyəvi tarazlıq	140
	§ 6. Kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsi	142
	§ 7. Kimyəvi reaksiyaların hərəkətverici qüvvələri	143
	§ 8. Mümkün olan və olmayan reaksiyalar	144
	Məsələlər	147
VIII FƏSİL	MƏHLULLAR	149
	§ 1. Məhlulların qarışıqlardan fərqi	149
	§ 2. Həllolma prosesinə təsir edən amillər	150
	§ 3. Məhlulları xarakterizə edən terminlər	151
	§ 4. Məhlulların qatılığı	153
	Məsələlər	156
IX FƏSİL	ELEKTROLİTİK DISSOSİASIYA	158
	§ 1. Elektrolitlər və qeyri-elektrolitlər	158
	§ 2. Elektrolitik dissosiasiya prosesinin mexanizmi	159
	§ 3. Dissosiasiya dərəcəsi	161
	§ 4. Elektrolitik dissosiasiyaya təsir edən amillər	162
	§ 5. Dissosiasiya sabiti	164
	§ 6. Durulaşdırma qanunu	164
	§ 7. Suyun ion hasilı. Hidrogen göstəricisi (pH)	165
	§ 8. Əsaslar, turşular, duzlar və amfoter hidroksidlərin elektrolitik dissosiasiyası	166
	§ 9. Məhlullarda gedən ion-mübadilə reaksiyaları	168
	§ 10. Duzların hidrolizi	170
	Məsələlər	172
X FƏSİL	OKSİDLƏŞMƏ-REDUKSIYA REAKSİYALARI	173
	§ 1. Valentlik və oksidləşmə dərəcəsi	173
	§ 2. Oksidləşmə-reduksiya	176
	§ 3. Ən mühüm reduksiyaedicilər və oksidləşdiricilər	177
	§ 4. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərinin düzəldilməsi	179
	§ 5. Elektron-ion üsulu	188
	§ 6. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının təsnifatı	190
	§ 7. Elektroliz	191
	§ 8. Faradey qanunları	195
	Məsələlər	196
	İKİNCİ HİSSƏ QEYRİ-ÜZVİ KİMYA	
XI FƏSİL	QEYRİ-ÜZVİ MADDƏLƏRİN ƏSAS SİNİFLƏRİ	199
	§ 1. Oksidlər	199
	§ 2. Əsaslar	203
	§ 3. Turşular	207
	§ 4. Duzlar	211
	Məsələlər	215
XII FƏSİL	HİDROGEN VƏ ONUN BİRLƏŞMƏLƏRİ	216
	§ 1. Ümumi xarakteristikası	216
	§ 2. Atomunun və molekulunun quruluşu, alınması	217
	§ 3. Fiziki və kimyəvi xassələri	219

	§ 4. Atomar hidrogen	220
	§ 5. Hidrogen energetikasi	221
	§ 6. Su	222
	§ 7. İçməli suyun təmizlənməsi	226
	§ 8. Texniki suyun təmizlənməsi	228
	§ 9. Suyun codluğunun aradan qaldırılması	230
	§ 10. Ağır su	232
	§ 11. Hidrogen-peroksid	233
	Məsələlər	236
XIII FƏSİL	HALOGENLƏR	237
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	237
	§ 2. Flüor	238
	§ 3. Hidrogen-flüorid	240
	§ 4. Xlor	241
	§ 5. Hidrogen-xlorid	244
	§ 6. Xlorun oksigenli birləşmələri	245
	§ 7. Brom	247
	§ 8. Yod	250
	Məsələlər	252
XIV FƏSİL	VI QRUP ELEMENTLƏRİ	254
	§ 1. VI qrup elementlərinin ümumi xarakteristikaları	254
	§ 2. Oksigen	255
	§ 3. Ozon	259
	§ 4. Kükürd	263
	§ 5. Hidrogen-sulfid	265
	§ 6. Kükürd qazı yaxud kükürd 4-oksidi	266
	§ 7. Sulfit turşusu	267
	§ 8. Tiosulfat turşusu	268
	§ 9. Sulfat turşusu	269
	§ 10. Sulfat turşusunun istehsalı	271
	§ 11. Xrom	275
	Məsələlər	280
XV FƏSİL	V QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ	282
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	282
	§ 2. Azot	282
	§ 3. Hidrogenli birləşmələri. Ammonyak	284
	§ 4. Azot oksidləri	288
	§ 5. Nitrit turşusu	291
	§ 6. Nitrat turşusu	292
	§ 7. Nitratlar	293
	§ 8. Nitrat turşusunun istehsalı	294
	§ 9. Azotun təbiətdə dövrəni	294
	§ 10. Fosfor	296
	§ 11. Fosforun birləşmələri. Fosfin	299
	§ 12. Fosforlu gübrələr.	303
	Məsələlər	304
XVI FƏSİL	IV QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ	306
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	306
	§ 2. Karbon	306
	§ 3. Karbon-monooksid	313
	§ 4. Karbon 4-oksidi (karbon qazı) və karbonat turşusu	315
	§ 5. Sian və onun törəmələri	322
	§ 6. Silisium	323
	§ 7. Oksigenli birləşmələri. Silisium-dioksidi	324
	§ 8. Silikatlar	327
	§ 9. Qalay	333
	§ 10. Qurğuşun	335

	Məsələlər	337
XVII FƏSİL	METALLAR	339
	§ 1. Qısa tarixi məlumat və metalların əhəmiyyəti	339
	§ 2. Metalların təsnifatı	340
	§ 3. Metalların fiziki xassələri	341
	§ 4. Metalların gərginlik sırası	343
	§ 5. Metalların korroziyası	347
	Məsələlər	353
XVIII FƏSİL	III QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ	354
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	354
	§ 2. Bor	354
	§ 3. Alüminium	357
	§ 4. Alüminium-oksidi	359
	§ 5. Alüminium-hidroksid	360
	§ 6. Alüminiumun digər birləşmələri, alüminium-sulfat	362
	§ 7. Alüminiumun istehsalı	362
	Məsələlər	364
XIX FƏSİL	II QRUP ELEMENTLƏRİ	365
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	365
	§ 2. Berillium	365
	§ 3. Maqnezium	367
	§ 4. Maqneziumun birləşmələri	368
	§ 5. Kalsium	369
	§ 6. Kalsiumun birləşmələri	371
	§ 7. Stronsium, barium və onların birləşmələri	373
	§ 8. Sink	375
	§ 9. Civə	377
	Məsələlər	380
XX FƏSİL	I QRUP ELEMENTLƏRİ	381
	§ 1. Ümumi xarakteristikaları	381
	§ 2. Litium	382
	§ 3. Natrium	384
	§ 4. Natriumun birləşmələri	386
	§ 5. Kalium	390
	§ 6. Kaliumun birləşmələri	391
	§ 7. Rubidium, sezium, fransium və onların birləşmələri	393
	§ 8. Mis	394
	§ 9. Gümüş	397
	§ 10. Qızıl	400
	Məsələlər	402
XXI FƏSİL	VIII QRUP ELEMENTLƏRİ	404
	§ 1. VIII A qrup elementləri	404
	§ 2. Dəmir	406
	§ 3. Dəmirin karbonla xəlitələri	415
	§ 4. Çuqun istehsalı	417
	§ 5. Polad istehsalı	420
	Məsələlər	424
	MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLƏRİ	426
	ƏDƏBİYYAT	477

**Kitab ÜMUMMİLLİ LİDERİMİZ
HEYDƏR ƏLİRZA oğlu ƏLİYEVİN
əziz xatirəsinə ithaf edilir**

Müəlliflər

ÖN SÖZ

Cəmiyyətin həyatı özünü ilk növbədə təhsildə əks etdirir.

Ölkəmizdə həyatın bütün sahələrində inkişaf və yeniləşmə gedir. Bu inkişafın əsası ümummilli liderimiz H.Ə.Əliyev tərəfindən qoyulub və onun layiqli davamçısı möhtərəm prezidentimiz İ.H.Əliyev tərəfindən uğurla davam etdirilir.

Hazırda ölkəmizdə təhsil ən çox diqqət və qayğı göstərilən sahədir. Təhsilin bütün sahələrində islahatlar aparılır, vaxtı keçmiş formalardan imtina edilir. Onların əvəzinə yeniləri tətbiq edilir.

Orta ümumtəhsil məktəblərində islahatın uğurla həyata keçirilməsi üçün tədris edilən fənlərin elmi səviyyəsi yüksəldilməli, onların praktik istiqamətləri gücləndirilməli və şagirdlərin zehni fəaliyyətlərinin inkişaf etdirilməsi ön plana çəkilməlidir.

Həmin vəzifələrin yerinə yetirilməsində kimyanın xüsusi əhəmiyyəti var. Hər bir elm öz inkişafında insanın praktik fəaliyyətinə müəyyən dərəcədə təsir edir. Mexanikanın, optikanın, elektromaqnetizmin qanunlarını bilmədən bəşəriyyətin inkişafı mümkün deyil. Riyazi hazırlığı olmayan insan hər hansı mürəkkəb cihazı quraşdırma bilməz.

Sivilisasiyanın inkişaf tarixi və hazırkı dövr göstərir ki, kimyəvi biliklərə yiyələnmədən elmi-texniki tərəqqini həyata keçirmək mümkün deyil.

Kimyəvi proseslər yerdə, atmosferdə, bizi əhatə edən mühitdə və insanın özündə baş verir. Yerdə baş verən prosesləri bilməsək xammal ehtiyatından məhrum olarıq, ac qalarıq – insan orqanizmində gedən kimyəvi prosesləri bilməsək sağlamlığımızı itirərik. Atmosferdə baş verən prosesləri bilməsək ondakı tarazlığı pozmuş olarıq və bütövlükdə planetdəki həyatı təhlükə altına qoymuş olarıq.

Hazırda bəşəriyyətin qarşısında üç əsas problem durur. Bunlar ərzaq, enerji və ekologiya problemləridir. Bunların hər üçünün əsasını kimyəvi proseslər təşkil edir. Ərzaq problemini aqrokimya və kənd təsərrüfatının mexanikləşdirilməsi həll edir. Enerji problemi kömürün, neftin və təbii qazın kimyəvi emalından və idarə edilən nüvə reaksiyalarının həyata keçirilməsindən asılıdır. Ətraf mühitin çirklənməkdən mühafizə edilməsi, bütün sahələrdə tullantısız istehsal texnologiyasının yaradılmasını tələb edir.

Bunların həllinin zəruriliyi və dünyanın elmi mənzərəsinin düzgün dərk edilməsi orta məktəblərdə kimyanın tədrisini zəruri edir. Bu fənn məktəblərimizdə keçən əsrin otuzuncu illərinin əvvəllərində tədris edilməyə başlanmışdır və həmin dövrdən ona aid dərslilər yaradılmışdır. Həmin dərslilər mərkəzdə rus müəllifləri tərəfindən yazılırdı və milli dillərə, o cümlədən Azərbaycan dilinə tərcümə edilirdi.

Respublikamız özünün sarsılmaz və əbədi müstəqilliyinə qovuşmuşdur. Təhsilin bütün pillələrində yüksək bəşəri dəyərlərə əsaslanmaqla milli meyarlar əsas götürülür.

Digər fənlərdə olduğu kimi Respublikamızda günün tələbinə cavab verən kimya dərsliləri yaradılmışdır. Bunları başlanğıc hesab etmək olar. Alternativ dərslilər və dərs vəsaitləri hazırlanmalı, şagirdlərin və müəllimlərin istifadəsinə verilməlidir. Bu, günün tələbidir.

Gənc kimyaçılara və müəllimlərə təqdim olunan dərs vəsaiti, kimya təmayüllü liseylər və kimyanı dərinləşdirilmiş proqramla öyrənən yuxarı siniflər üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Elm və texnika sürətlə inkişaf edir. Hər 6-7 ildə kimyəvi informasiyaların həcmi iki dəfə artır və mövcud olanlar həmin sürətlə köhnəlir. Bir ildə dünyada kimyaya aid 10 mindən çox dövrü nəşr çıxır, 200 mindən çox məqalə dərc olunur. Əgər kimyaçı sərbəst surətdə 30 dil bilsəydi və həftədə 40 saat mütlə ilə məşğul olsaydı, bir ildə dərc olunanların yalnız 5

%-ni oxuya bilərdi.

Hər şeyi bilmək olmaz və gənc kimyaçıdan tələb etmək olmaz. Əsas məqsəd onlara oxumağı öyrətmək, elmin əsaslarını təqdim etmək və bütün həyatı boyu biliklərini artırmaq tələbatını formalaşdırmaqdır.

Dərs vəsaitində elmin əsasları, onun fundamentini təşkil edən biliklər sadə və anlaşılıqlı şəkildə verilmişdir.

Kimyanın əsasını onun əsas qanunları, atomistika, atomların və molekulların elektron quruluşu, dövrü qanun və kimyəvi proseslərin əsas qanunauyğunluqları təşkil edir. Bununla belə, keçmişdən qalan və bu gün öz əhəmiyyətini itirən məlumatlar və təsəvvürlər dərsliklərdən çıxarılmalıdır.

Onun tədrisi elmin müasir səviyyəsinə yaxınlaşdırılmalıdır. Dərslik o vaxt effektiv hesab edilir ki, şagird onunla işləyə bilsin, onun bu elmə marağı artsın və onu özünə ixtisas seçsin.

Bunları əsas götürən müəlliflər bu dərs vəsaitini tədris prosesində uzun illər sınaqdan keçirmişlər və bu elmin tədrisi sahəsində toplanan qabaqcıl təcrübədən yaradıcılıqla istifadə etmişlər.

Dərs vəsaitinin aparıcı xəttini maddələrin xassələrinin tərkibindən və quruluşundan asılı olması və tətbiqinin xassələrinə əsaslanması təşkil edir. Səbəb və nəticə əlaqələri məntiqi ardıcılıqla verilmişdir. Nəzəriyyə və faktlar standart şəkildə verilməmişdir, əsas diqqət gənc kimyaçıların onları analiz etmələrinə və nəticələr çıxarmalarına yönəldilmişdir. Bəzi hallarda eyni reaksiya tənlilikləri bir neçə yerdə təkrar olunur. Bunlar mövzuların tamlığının pozulmaması üçün edilmişdir.

Dərs vəsaitində əsas diqqət mərkəzində olan məsələlərdən biri fənlərarası əlaqədir. Mövzuların əksəriyyəti biologiya, fizika və riyaziyyatla əlaqəli şəkildə şərh edilmişdir. Ənənəvi dərsliklərdə olan səhvlərə bu dərs vəsaitində rast gəlmirik. Yeri gəldikcə onlar göstərilir və düzgün şərh edilir. Müasir şəraitdə hər bir mütəxəssisə verilən əsas tələb onun yaradıcı surətdə fikirləşməsi və qarşıya çıxan problemi asanlıqla həll etməsidir. Fikirləşmə çətinliyi artırılmış məsələlərin həlli prosesində inkişaf edir.

Riyaziyyat və fizika ilə müqayisədə kimya dərsliklərində yaradıcılıq tələb edən, çətinliyi artırılmış məsələlər yox dərəcədədir. Bunları nəzərə alan müəlliflər bütün fəsillərin sonunda məsələlər vermişlər. Həmin məsələlərin əksəriyyəti qeyri-standart, yaradıcılıq tələb edən məsələlərdir. Onlardan dərslərdə və dərsdankənar məşğələlərdə istifadə etmək olar. Məsələləri mümkün qədər müstəqil həll etmək məsləhət görülür. Sonra onun düzgünlüyünü dərs vəsaitinin sonunda verilən həll ilə yoxlamaq lazımdır. Dərs vəsaitində üç yüzə yaxın məsələ verilmişdir. Onların yarısını müstəqil həll edə bilən abituriyent Respublikamızın istənilən ali məktəbinə kimyadan müvəffəqiyyətlə imtahan verə bilər.

Əziz gənc kimyaçılar, kimyanı şüurlu surətdə öyrənmək üçün laboratoriya təcrübələri aparmaq lazımdır. Təcrübə əbədi həyat müəllimidir. Leonardo da Vinçi demişdir: «Eksperimentdən yaranmayan elm və ona əsaslanan bütün anlayışlar səhv və yanlışdır».

Kimya maraqlı elmdir, onu sevin və öyrənin. Sizə bu yolda müvəffəqiyyətlər arzu edirəm.

Məhər Quliyev
Sosialist Əməyi Qəhrəmanı,
Prezident təqaüdcüsü, Əməkdar müəllim

BİRİNCİ HİSSƏ

KİMYANIN NƏZƏRİ ƏSASLARI

I FƏSİL

KİMYANIN ƏSAS ANLAYIŞLARI VƏ QANUNLARI

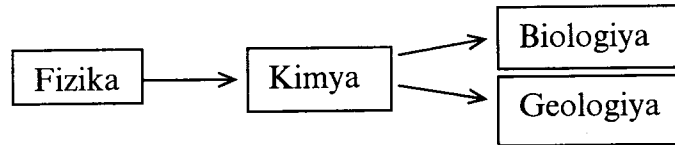
§ 1. Kimyanın mövzusu

Kimya təbiət elmlərindəndir. Təbiəti öyrənən digər elmlər də var. Həmin elmlərin ümumi adı təbiətşünaslıqdır. Fizika, kimya, biologiya, fiziki coğrafiya, astronomiya və s. təbiət elmləridir.

Kimyanın tədqiqat obyektı maddələrdir – atom və molekullardır. Bunlar kimyəvi hissəciklər adlanırlar. Onların ölçüsü 10^{-10} – 10^{-6} metr arasında olur. Bundan kiçik ölçülü hissəcikləri fizika öyrənir. Həmin hissəciklər mikrohissəciklər adlanır. Ölçüsü iri olan hissəciklərdə baş verən prosesləri də fizika öyrənir. Yer in səthini əmələ gətirən obyektləri fiziki coğrafiya öyrənir. Həmin obyektlərin ölçüsü bir neçə metrdən (məsələn çayın eni) 40 min kilometrə qədər (yerin ekvatorunun uzunluğu) olur. Planetləri, ulduzları, qalaktikanı və onlarda baş verən prosesləri astronomiya, yerin quruluşunu isə geologiya öyrənir. Biologiya canlı orqanizmləri öyrənir. Ən sadə quruluşlu obyektlər mikrohissəciklərdir. Quruluşu sadə olmasına baxmayaraq onlarda çox mürəkkəb proseslər baş verir.

Mikrohissəciklərdən sonra kimyəvi hissəciklər və onlardan təşkil olunan maddələr gəlir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, onları da kimya öyrənir. Bioloji obyektlər (hüceyrələr onların «detalları» və orqanizmlərin özləri) kimyəvi maddələrdən təşkil olunmuşdur. Deməli, onların quruluşu daha mürəkkəbdir. Geoloji obyektlərdə də belədir. Bunlar əsasən minerallar (təbiətdə bərk halda tapılan elementlər və onların birləşmələri) və dağ süxurlarıdır (müxtəlif minerallardan təşkil olunmuş aqreqatlar). Minerallar və dağ süxurları da kimyəvi maddələrdən təşkil olunmuşdur. Bütün təbiət elmləri təbiəti öyrənərkən fiziki qanunlara əsaslanır. Fiziki qanunlar təbiətin ən ümumi qanunlarıdır. Bütün maddi obyektlər, o cümlədən kimyəvi hissəciklər həmin qanunlara tabedir. Deməli, atomları, molekulları, kimyəvi maddələri öyrənərkən kimya fizikanın qanunlarından istifadə etməlidir. Biologiya və geologiya yalnız fizikanın qanunlarından deyil, kimyanın və öz qanunlarından istifadə edirlər.

Kimyanın, ona yaxın olan elmlərin arasında yerini sxematik olaraq belə təsəvvür etmək olar:



Kimya fizika ilə daha sıx əlaqədədir. Kimyanın öyrəndiyi hissəciklərin ölçüləri mikrofiziki və makrofiziki hissəciklər arasında mövqə tutur. Əlbəttə burada da kəskin sərhəd yoxdur. Fiziklər də molekulların və digər kimyəvi hissəciklərin quruluşunu öyrənirlər. Məşhur rus alimi M.V.Lomonosov göstərmişdir ki, fizikanı bilməyən kimyaçı əli ilə nəyi isə axtaran kor insana bənzəyir. Hazırda sənaye miqyasında əldə edilən nəailiyyətlər kimyəvi proseslərdə çox güclü fiziki vasitələrin tətbiqi ilə xarakterizə olunur. Təcrübi yolla alınan nəticələr kompüter vasitəsilə modelləşdirilir. Ona görə də fizikanı və riyaziyyatı dərinlən bilmədən yaxşı kimyaçı olmaq mümkün deyil.

«Kimya» sözünün mənşəyi Misirin qədim adı «Xem»lə əlaqədardır. Mənası qara torpaq deməkdir. Nil çayının vadisindəki torpağın rəngi ilə əlaqədardır. Alimlərin digər qrupu «kimya» sözünün qədim yunan sözü olan «xemeyya» ilə əlaqədar olduğunu bildirirlər. Bunun da mənası polad əritmək ustalığıdır.

Kimyanın vəzifəsi tərkibindən, quruluşundan və xarici amillərdən asılı olaraq maddələrin çevrilməsi qanunauyğunluqlarını öyrənmək və idarə etməkdir. Xarici təsirlərdən birinci növbədə temperaturu, təzyiqi və başqa maddələrin iştirakını qeyd etmək lazımdır. Bunlara bir neçə sadə misal göstərək. Əhəngdaşından sönməmiş əhəng almaq üçün onu qızdırmaq lazımdır. Bertole duzunun fosforla reaksiyası onların bir-birilə toxunmasından, təzyiqdən (zərbənin təsirindən) asılıdır. Maqneziumun yanması oksigenlə qarşılıqlı təsiri və

eyni zamanda qızdırma prosesində baş verir. Elektrik lampasının güclü qızdırılmasına baxmayaraq lampanın közərmə teli kimyəvi dəyişikliyə uğramır. Ona görə ki, lampanın içərisində onunla birləşə biləcək maddə, yəni oksigen yoxdur. Kimya elminin inkişafı nəticəsində xammaldan müxtəlif məhsullar istehsal edilən texnoloji proseslərin elmi əsasları hazırlanır.

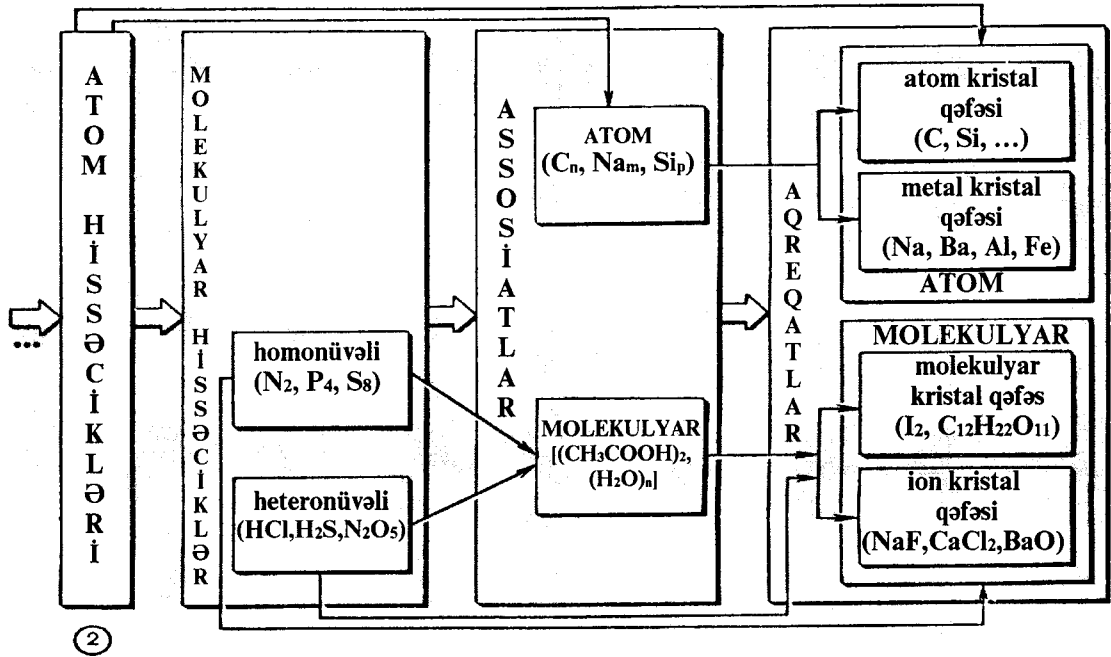
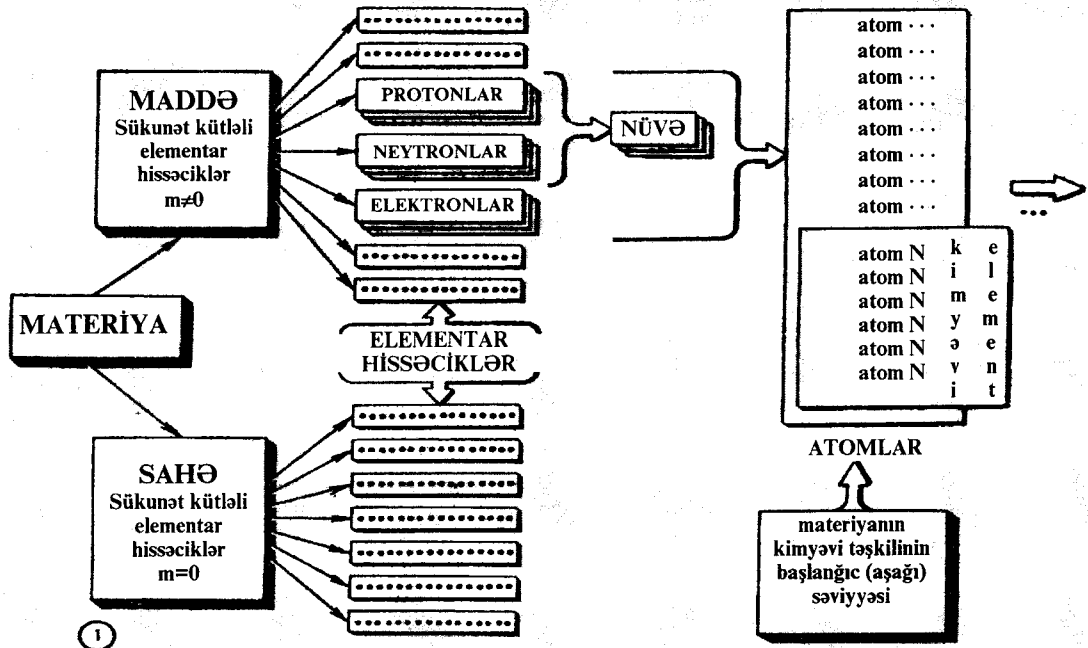
Hazırda 18 milyondan çox maddə haqqında məlumat var. Hər il 200 minə yaxın yeni maddə sintez edilir. Kimya sənayesinin elə məhsulları var ki, onlar təbiətdə tapılmır, yalnız laboratoriya yaxud zavod şəraitində alınır. Həmin maddələrə misal olaraq şüşəni, sementi, plastik kütlələri, keramikanı, boyaqları, lifləri və s. göstərmək olar. Bunlar qrup halında olan maddələrin ümumi adlarıdır. Belə ki, müxtəlif tip rezin və rezin məmulatlarının olması bizə məlumdur. Yeni materialların yaradılması və istehsalı kimyanın ən vacib vəzifələrindəndir.

İstehsalın kimyalaşdırılması təbii ehtiyatlara yaxud xammala fiziki təsirin kimyəvi təsirlə əvəz edilməsidir. Buna misal olaraq bitkiləri alağ otlarından mexaniki yolla təmizləmək əvəzinə herbisidlər və defolyatların tətbiq edilməsini göstərmək olar. İkinci misal, yerdən nefti adi üsulla çıxardıqda özlüklüyü yüksək olduğuna görə çox hissəsi çıxarılmamış qalır. Quyuya qızdırılmış su buxarı vurmaqla neftin axıcılığını artırmaq olur. Bu fiziki təsirdir. Başqa üsulla neft quyusuna qızdırılmış hava vurulur və neftin bir hissəsi yandırılır. Yanma reaksiyasından ayrılan istiliyin təsirindən neftin özlüklüyü azalır və çıxarılması asanlaşır. Üçüncü üsulda quyuya xlorid turşusu tökülür. Turşunun nefti əhatə edən süxurlarla (karbonatlarla) reaksiyasından karbon qazı ayrılır. Həmin qaz nefti yerin üzərinə sıxışdırıb çıxarır. Belə misalların sayını artırmaq olar. Ətraf mühitin (havanın, suyun və torpağın) çirklənmədən mühafizə edilməsi hazırda bəşəriyyətin ən vacib problemlərindəndir. Həmin problemin həllində kimya elmi birinci yerdə durur. Müasir sənaye sahələrinin çoxunda xammalın bir hissəsindən istifadə edilir. Nəticədə tullantı əmələ gəlir. Bunlara misal olaraq çuqun istehsalında əmələ gələn şlakı, daş kömür karxanalarında əmələ gələn yararsız hissəni, istilik elektrik stansiyalarının ətrafa buraxdığı tüstü qazlarını və s. göstərmək olar. Kimya elminin vəzifəsi həmin tullantılardan yeni maddələr istehsal etmək və tullantısız istehsal texnologiyası yaratmaqdır. Alüminium istehsalında əmələ gələn tullantıdan soda və sement istehsal edilir. 1 ton alüminium-oksit istehsalında əlavə məhsul kimi 1 ton soda və 7,5 ton sement istehsal edilir. Gələcəkdə kimyanı öyrəndikcə Sizə bunlar haqqında daha ətraflı məlumatlar verəcəyik. Bunlar kimya elminin əhəmiyyətinə aid olan çox kiçik misallardır. Hazırda hər hansı bir sahədə kimyasız tərəqqini təsəvvür etmək çox çətindir. Kimya elmi və texnologiyası bütün istehsal sahələrinə nüfuz etmişdir. Bu gün istifadə edilən enerjinin 92 %-i kimya texnologiyasından istifadə etməklə istehsal olunur. Gələcəkdə enerji istehsalında kimyanın rolu daha da artacaq.

§ 2. Kimyəvi və fiziki maddə

Bizi əhatə edən aləm maddidir. O, müxtəlif növ materiyadan, maddələrdən və şüalanmadan (sahədən) təşkil olunmuşdur. *Maddə sükunət halda kütləsi olan materiyadır.* Müəyyən şəraitdə hər bir saf maddənin sabit fiziki və kimyəvi xassələri olur. Sahə fasiləsizliyi ilə xarakterizə olunur. Elektromaqnit və qravitasiya sahələri, nüvə qüvvələri sahəsi və müxtəlif elementar hissəciklərin dalğa xassəsi var. Bircinsli maddə sıxlığı ilə xarakterizə olunur. *Sıxlıq – maddənin kütləsinin həcminə olan nisbətidir.* Fiziki sahənin belə sıxlığı yoxdur. Maddə haqqında yuxarıda deyilənlər kimyəvi maddəyə aiddir. *Kimyəvi maddə – atom nüvəsi olan hissəciklərdən ibarət olan maddədir.* Kimyəvi maddəni təşkil edən hissəciklər kimyəvi hissəcik adlanır. Kimyəvi hissəciyin nüvəsindən başqa elektronları da olur. Bir nüvəsi olan hissəcik atom, bir neçə nüvəsi olan hissəcik isə molekul adlanır. Təbiətdə kimyəvi maddələrdən başqa fiziki maddələr də var. *Fiziki maddə atom nüvəsi olmayan hissəciklərdən təşkil olunmuşdur.* Neytron, ulduzların maddəsi, elektron və neytronların axını fiziki maddələrdir. Hazırda yer kürəsində fiziki maddəyə praktik olaraq rast gəlinmir. Əgər kimyəvi maddə eyni atom və ya molekulardan təşkil olunubsa, onu saf

yaxud fərdi maddə adlandırılır. Müxtəlif molekulardan təşkil olunubsa, qarışıq adlanır.



§ 3. Kimyəvi elementlərin işarələri

Botanikada və zoologiyada bitkilərin və heyvanların təsnifatında təsnifat vahidi kimi növdən istifadə edilir. Atomların təsnifatında isə təsnifat vahidi kimyəvi elementlərdir. *Təbiətdə tapılan yaxud süni surətdə alınan, kimyəvi xassələri eyni olan atomlar qrupu kimyəvi element adlanır.* Müxtəlif element atomları bir-birindən nüvələrinin yükünə, elektron quruluşuna və kütlələrinə görə fərqlənirlər. *Nüvələrinin yükü eyni olan atom növünə kimyəvi element deyilir.* Hazırda 112 atom növü var. Deməli, 112 kimyəvi element var. Kimyəvi elementlərin hər birini xüsusi işarələrlə (simvollarla) göstəriirlər. Kimyəvi elementin işarəsi onun qısa şərti yazılışdır. Elementlərin latınca adının baş hərfi yaxud baş hərfi və sonrakı hərflərdən biri onların işarəsidir. Məsələn, oksigen elementinin işarəsi O-dur və «o» oxunur. Bu oksigenin latınca adının «oksigenium»un baş hərfidir. Karbonun işarəsi C-dir və «se» oxunur. Latınca «karbonium»un baş hərfidir. Yalnız bu işarələnmə ilə kifayətlənsəydik karbonla misi dəyişik salardıq. Belə olduqda elementin latınca adının «cuprum»un baş hərfi

və üzərinə vurğu düşən hərfərdən biri götürülür. Buna əsasən misin işarəsi Cu qəbul edilib və «kuprum» oxunur. Şifahi nitqdə elementin adını onun işarəsi ilə əvəz etmək olmaz. Yazılı nitqdə də bu məsləhət görülmür. Deməli, «dəmir» sözü əvəzinə Fe işarəsini yazmaq düzgün deyil. Elementlərin adı və işarəsi Saf və Tətbiqi Kimyanın Beynəlxalq İttifaqı tərəfindən təsdiq edilir. Həmin ittifaqın ingiliscə adının (International Union of Pure and Applied Chemistry) baş hərfləri IUPAC-dır. Elementin kimyəvi işarəsi onun bir atomunun işarəsi ilə eyni olur. Al işarəsi həm alüminium elementini həm də bir atom alüminiumu göstərir. Elementlərin müasir işarəsini isveç kimyaçısı Y.Bertselius təklif etmişdir.

Cədvəl I-1. Elementlərin adı və işarəsi

Azərbaycanca	Elementin adı		İşarəsi	
	Latinca		Yazılışı	Oxunması
	Yazılışı	Mənşəyi		
Gümüş	Argentum	Latinca «ışıqlı»	Ag	Argentum
Alüminium	Aluminiumum	Lat. «zəy»	Al	Alüminium
Arqon	Arqon	Yunanca «təsirsiz»	Ar	Arqon
Qızıl	Aurum	Lat. «yanan»	Au	Aurum
Bor	Borum	Ərəbcə «parlamaq»	B	Bor
Barium	Barium	Yun. «ağır»	Ba	Barium
Brom	Bromum	Yun. «üfunətli»	Br	Brom
Karbon	Carboneum	Lat. «kömür»	C	Se
Kalsium	Calcium	Lat. «əhəng daşı»	Ca	Kalsium
Xlor	Clorum	Yun. «yaşıl»	Cl	Xlor
Seziyum	Caesim	Lat. «mavi»	Cs	Seziyum
Xrom	Chromium	Yun. «boyaq»	Cr	Xrom
Mis	Cuprum	Kipr adasının adından	Cu	Kuprum
Flüor	Fluorum	Lat. «axıcı»	F	Flüor
Dəmir	Ferrum	Lat. «bərk»	Fe	Ferrum
Hidrogen	Hydrogenium	Yun. «su doğuran»	H	Haş
Helium	Helium	Yun. «günəş»	He	Helium
Civə	Hudrargyrum	Lat. «maye gümüş»	Hg	Hidrargium
Yod	Yodum	Yun. «bənövşəyi»	I	Yod
Kalium	Kalium	Ərəb. «qələvi»	K	Kalium
Kripton	Krupton	Yun. «gizli»	Kr	Kripton
Maqnezium	Maqnezium	Qədim maqneziya şəhərindən	Mg	Maqnezium
Azot	Nitrogenium	Yun. «şora doğuran»	N	En
Natrium	Natrium	Ərəb. «soda»	Na	Natrium
Neon	Neon	Yun. «yeni»	Ne	Neon
Oksigen	Oksigenium	Yun. «turşu doğuran»	O	O
Fosfor	Phophorus	Yun. «ışıq daşıyan»	P	Pe
Qurğuşun	Plumbum	?	Pb	Plümbüm
Kükürd	Sulfur	?	S	Es
Silisium	Silisium	Lat. «çaxmaq daşı»	Si	Silisium
Sink	Zincum	?	Zn	Sink

?-həmin sözlərin mənşəyi məlum deyil.

§ 4. Nisbi atom kütləsi

Hər bir atomun müəyyən kütləsi var. Atom kütləsinin qiyməti son dərəcə kiçikdir. Atomun kütləsini m_a qramla ifadə etsək ən yüngül atom olan hidrogen atomunun kütləsi 0,000 000 000 000 000 000 00167 q-dır. Qısaca olaraq $m_a(H)=1,67 \cdot 10^{-24}$ q yazmaq olar. Təbiətdə (yerdə) mövcud olan ən ağır atom urandır. Uran atomunun kütləsi $m_a(U)=3,95 \cdot 10^{-22}$ q-dır. Deməli, təbiətdə mövcud olan atomların kütləsi $1,67 \cdot 10^{-24}$ q ilə $3,95 \cdot 10^{-22}$ q arasında olur. Bunları oxumaq çətindir və tərəzidə çəkmək mümkün deyil. Ona görə də atom kütləsini ifadə etmək üçün atom kütlə vahidindən istifadə etmək qəbul

olunmuşdur. Atom kütlə vahidi olaraq karbon-12 (^{12}C) izotopunun 1/12 hissəsi götürülmüşdür. ^{12}C izotopunun bir atomunun kütləsi $m_a(^{12}\text{C})=1,99\cdot 10^{-26}$ kq-dır. Bunun 1/12 hissəsini, yəni bir atom kütlə vahidini (a.k.v) tapaq:

$$1 \text{ a.k.v.} = \frac{m_a(^{12}\text{C})}{12} = \frac{1,99 \cdot 10^{-26}}{12} = \frac{19,9 \cdot 10^{-27}}{12} \text{ kq} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kq} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ q.}$$

Deməli, bir atom kütlə vahidi $1,66 \cdot 10^{-24}$ q-dır. Elementin nisbi atom kütləsi onun atom kütləsinin karbon atomunun kütləsinin 1/12 hissəsinə bölməklə təyin edilir. Nisbi atom kütləsi Ar ilə işarə edilir (r-indeksi ingiliscə relative-nisbi sözünün baş hərfidir) və ölçüsüz, yəni vahidi olmayan kəmiyyətdir. Yuxarıdakılar atomların həqiqi kütləsidir. Atomun həqiqi kütləsinə nisbi atom kütləsi ilə qarışdırmaq olmaz. Bir oksigen atomunun həqiqi kütləsi $m_a(\text{O})=2,66\cdot 10^{-23}$ q-dır. Oksigenin nisbi atom kütləsinə tapaq:

$$\text{Ar}(\text{O}) = \frac{2,66 \cdot 10^{-23} \text{ q}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ q}} = \frac{2,66 \cdot 10^{-23} \text{ q}}{0,166 \cdot 10^{-23} \text{ q}} = 16.$$

Deməli, oksigenin nisbi atom kütləsi 16-ya bərabərdir. Bu o, deməkdir ki, bir oksigen atomunun kütləsi atom kütlə vahidindən (karbon atomunun kütləsinin 1/12 hissəsindən) 16 dəfə böyükdür. Digər elementlərin də nisbi atom kütləsi bu yolla tapılır. Karbonun nisbi atom kütləsi

$$\text{Ar}(\text{C}) = \frac{1,99 \cdot 10^{-26} \text{ kq}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kq}} = \frac{19,9 \cdot 10^{-27} \text{ kq}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kq}} = 12. \text{ Nisbi atom kütləsi element atomunun}$$

kütləsinin atom kütlə vahidinə olan nisbətidir. D.İ.Mendeleyevin kimyəvi elementlərin dövri sistem cədvəlində elementlərin nisbi atom kütləsi onların kimyəvi işarəsinin alt hissəsində yazılır. Elementlərin əksəriyyətinin nisbi atom kütləsi onluq kəsri ədədlərlə verilir. Adı hesablamalarda onlar yuvarlaqlaşdırılır. Məsələn, misin nisbi atom kütləsinə cədvəldə verilən 63,546 əvəzinə 64, kükürdün nisbi atom kütləsinə 32,066 əvəzinə 32 hesab edirik. Buradan görünür ki, nisbi atom kütləsinə göstərən ədədlərdə vergüldən sonrakı birinci iki rəqəm 50-dən böyükdürsə tamı bir vahid artırırıq, 50-dən kiçikdirsə artırmırıq. Bəzi hallarda isə belə yuvarlaqlaşdırma aparmaq olmaz. Ona görə də xlorun nisbi atom kütləsi 35,5 hesab edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, elmi-tədqiqat işlərində, ümumiyyətlə çox dəqiqlik tələb olunan analizlərdə elementlərin atom kütləsi olduğu kimi hesablanır. Elementin dövri sistem cədvəlində verilən nisbi atom kütləsi onu təşkil edən izotopların nisbi atom kütlələrinin orta arifmetik (cəbri) qiymətidir. Məsələn, təbii hidrogen 99,985 % ^1H izotopundan və 0,015 % ^2H izotopundan ibarətdir. Yüngül izotopun nisbi atom kütləsi $\text{Ar}(^1\text{H})=1,0078$, ağır izotopun nisbi atom kütləsi $\text{Ar}(^2\text{H})=2,0141$ olduğunu nəzərə alaraq hidrogenin nisbi atom kütləsinin orta qiymətini tapaq:

$$\text{Ar}(\text{H}) = \frac{1,0078 \cdot 99,985 + 2,0141 \cdot 0,015}{100} = 1,007909.$$

Atomun kütləsi onu təşkil edən protonların, neytronların və elektronların kütlələrinin cəminə bərabərdir. Sükunət halında protonun kütləsi $1,67265 \cdot 10^{-24}$ q, neytronun kütləsi $1,67495 \cdot 10^{-24}$ q, elektronun kütləsi $9,1 \cdot 10^{-28}$ q-a bərabərdir. Bunlar isə uyğun olaraq 1,0076; 1,0089 və 0,00055 atom kütlə vahidi edir. Helium atomu 2 proton, 2 neytron və 2 elektrondan ibarətdir. İzolə edilmiş halda həmin hissəciklərin kütlələrinin cəmini tapaq:

elektronlar:	$2 \cdot 0,00055 = 0,0011$
protonlar:	$2 \cdot 1,0076 = 2,0152$
neytronlar:	$2 \cdot 1,0089 = 2,0178$
	cəmi = 4,0341

Heliumun nisbi atom kütləsi isə 4,0039-a bərabərdir. Bu azalma 0,0302 (4,0341-4,0039=0,0302) *kütlə defekti* adlanır. Kütlə defekti atom kütləsinin davamlılığını və nüvədə nuklonların (proton və neytronların) rabitə enerjisini xarakterizə edir. Kütlə defekti sərbəst proton və neytronlardan nüvə əmələ gəldikdə ayrılan enerjiyə uyğun gəlir və Eynşteyn düsturu ilə hesablanır: $E = mc^2$. Bir helium atomunun kütlə defektini hesablayaq:

$$E = \frac{0,0302}{6,02 \cdot 10^{23}} q (3 \cdot 10^{10} \text{ sm/san})^2 = 4,512 \cdot 10^{-5} \text{ erq/atom} = 4,512 \cdot 10^{-12} \text{ Coul/atom}.$$

Bir mol (4 q) helium əmələ gəldikdə ayrılan enerjinin miqdarı çox böyükdür: $4,512 \cdot 10^{-12} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 27,16224 \cdot 10^{11} \text{ Coul}$. Ona görə də elementlərin nisbi atom kütləsi tam ədədlərlə deyil, kəsr ədədlərlə ifadə olunur. Flüor ^{19}F izotopundan, alüminium isə ^{27}Al izotopundan ibarətdir. Lakin, onların nisbi atom kütləsi təqribən 19 və 27-yə bərabərdir:

$$^{19}\text{F} = 18,99843 \approx 19$$

$$^{27}\text{Al} = 26,98154 \approx 27$$

Təbii oksigen ^{16}O (99,756 %), ^{17}O (0,037 %) və ^{18}O (0,204 %) izotoplarından ibarətdir. Deməli, oksigenin nisbi atom kütləsi 16-dan kiçik yox, böyük olmalıdır. Nə üçün 15,9994-ə bərabərdir? Bunun səbəbi nisbi atom kütlələrinin uyğun olaraq 15,99491, 16,99913, 17,99916-ya bərabər olmasıdır. Bunlara əsasən oksigenin orta nisbi atom kütləsini hesablayaq:

$$\text{Ar}(\text{O}) = \frac{15,99491 \cdot 99,756 + 16,99913 \cdot 0,037 + 17,99916 \cdot 0,204}{100} = 15,998889.$$

Elementlərin bəzilərinin nisbi atom kütlələri dövrü sistem cədvəlində verilən qiymətindən fərqli ola bilər. Ona görə ki, təbiətdə elementlərin izotop tərkibi eyni deyil. Məsələn, borun nisbi atom kütləsi cədvəldə veriləndən 0,003 qədər artıq yaxud əskik ola bilər. Bu $\pm 0,003$ formasında yazılır. Karbon, hidrogen, oksigen, silisium və kükürd üçün uyğun olaraq $\pm 0,00005$; $\pm 0,00001$; $\pm 0,0001$; $\pm 0,001$; $\pm 0,003$ kənarçıxmalarını nəzərə almaq lazımdır. Brom, xlor, xrom, dəmir və kükürd elementlərində nisbi atom kütləsinin təyin edilməsində təcrübənin dəqiqliyi uyğun olaraq $\pm 0,002$ (Br); $\pm 0,001$ (Cl); $\pm 0,001$ (Cr); $\pm 0,003$ (Fe); $\pm 0,003$ (Ag) olur. Digər elementlərdə nisbi atom kütləsi vergüldən sonrakı mənası olan axırıncı rəqəmdə ± 5 dəqiqliyi ilə müəyyən edilmişdir.

§ 5. Kimyəvi formullar

Müxtəlif maddələr bir-birindən tərkibinə və quruluşuna görə fərqlənirlər. Maddənin tərkibinə bir və ya bir neçə element atomları daxil olur. Ona görə də kimyəvi maddəni işarə etmək üçün onun tərkibinə daxil olan elementlər və həmin elementlərin atomlarının sayı haqqında məlumatları bildirən şərti işarələrdən istifadə edilir.

Kimyəvi formul maddənin vəsfi (keyfiyyət) və miqdarı (kəmiyyət) tərkibinin kimyəvi elementlərin işarələri və indekslər vasitəsilə ifadə edilməsidir.

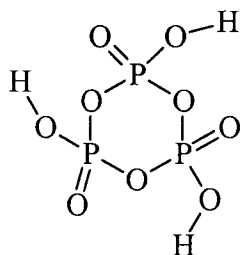
Kimyəvi formul vasitəsilə maddə haqqında aşağıdakı məlumatlar verilir:

1. Maddənin tərkibinə hansı elementlər daxildir (keyfiyyət tərkibi).
2. Hər elementdən neçə atom var (miqdarı tərkib).

Kimyəvi formulda element atomlarının sayı indekslər vasitəsilə göstərilir. Məsələn, silisium 4-oksidin (kvars qumu, kvars) kimyəvi formulu belədir: SiO_2 . Bu maddənin formul vahidi bir atom silisiumdan və iki atom oksigendən ibarətdir. Natrium-xloridin (xörək duzu) formul vahidi bir atom natriumdan və bir atom xloridan ibarətdir (NaCl). Element atomlarının sayı kimyəvi formulda həmin elementin işarəsinin sağ tərəfinin aşağı hissəsində yazılır və indeks adlanır. Kimyəvi formularda «1» indeksi yazılmır. Ona görə də natrium-xloridin kimyəvi formulunda Na_1Cl_1 , əvəzinə NaCl yazılışı, bir atom natriumu və bir atom xloru göstərir.

Kimyəvi formulun dörd tipi var: 1. Sadə formul; 2. Molekulyar formul; 3. Quruluş (struktur) formulu; 4. Fəza formulu. Molekulda atomların nisbi sayını göstərən formul sadə yaxud *empirik (təcrübi) formul* adlanır. Hidrogen-peroksidin molekulyar formulu H_2O_2 , empirik formulu HO-dur. Etilenin molekulyar formulu C_2H_4 , empirik formulu isə CH_2 -dir. Bəzi hallarda molekulyar formul ilə sadə formul eyni olur. Məsələn, H_2O suyun molekulyar həm də sadə yaxud empirik formuludur. Kimyəvi elementlərin işarələrindən və

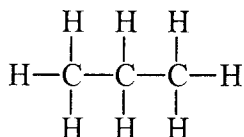
molekulda həmin element atomlarının sayını göstərən indekslərdən ibarət olan formul *molekulyar formul* adlanır. Trimetafosfat turşusunun sadə formulu HPO_3 , molekulyar formulu isə $\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_9$ -dur. Həmin maddənin molekulunun quruluş formulu belədir:



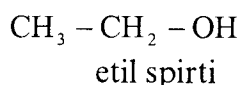
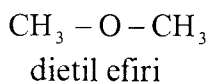
Molekulda atomların bir-birinə nisbətən necə yerləşməsinə göstərən formul *quruluş formulu* adlanır.

Suyun və hidrogen-peroksidin quruluş formullarını $\text{H}-\text{O}-\text{H}$, $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ şəklində

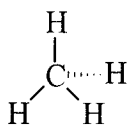
təsəvvür etmək olar. Quruluş formulunda elementlərin işarələri arasındakı xətt valent ştrixidir və həmin atomların arasındakı kimyəvi rəbitəni göstərir. Quruluş formulunun iki tipi var. Bunlardan biri geniş quruluş formulu, ikincisi qısa quruluş formuludur. Geniş quruluş formulunda hər atom və rəbitələr ayrılıqda göstərilir. Bunu maye qazın əsasını təşkil edən propan molekulunun misalında aydınlaşdırıraq:



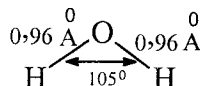
Bu geniş quruluş formuludur. Qısa quruluş formulu belədir $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$. Bundan da qısa quruluş formulundan istifadə edilir $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$. Bunların heç birində təhrifə yol verilmir və molekulun quruluşu haqqında müəyyən təsəvvür yaranır. Quruluş formulu vasitəsilə izomerləri bir-birindən fərqləndirmək olur. *İzomerlər* molekulalarının tərkibi eyni olan, lakin bir-birindən kimyəvi quruluşca fərqlənən və buna görə də xassələri müxtəlif olan maddələrdir. İzomerlər haqqında üzvi kimya kursunda daha ətraflı məlumat veriləcək. Etil spirti və dietil efirinin molekulyar formulu $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ -dur. Onların quruluşu belədir:



Kimyəvi elementlərin işarələrindən və xüsusi işarələrdən tərtib olunan kimyəvi formul *fəza formulu* adlanır. Fəza formulunda maddə molekulunda atomların bir-birinə nisbətən fəzadakı vəziyyəti göstərilir:



Metan molekulunda zolaqvari valent ştrixi iki C-H rəbitəsi ilə eyni müstəvidə yerləşməyən hidrogen atomunu göstərir. Çox vaxt fəza formulunda rəbitənin uzunluğu və rəbitələr arasındakı bucaq göstərilir:



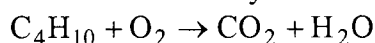
Bəzi hallarda kimyəvi formul maddənin quruluşu haqqında müəyyən təsəvvür yaradır. Məsələn, bariüm-sulfatın formulu BaSO_4 , onun Ba^{2+} ionundan yəni əsas qalığından və turşu qalığından SO_4^{2-} ibarət olduğunu göstərir. Kriolit mineralının formulu $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ onun kompleks birləşmə olduğunu və xarici sferasında üç Na^+ kationu, daxili sferasının $[\text{AlF}_6]^{3-}$ anionundan təşkil olunduğunu göstərir. Lakin maddənin quruluşu kifayət qədər öyrənilməyibsə, formul yalnız onun tərkibini göstərir. Mineralların formulunu çox vaxt

oksidlər şəklində yazırlar: albit $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, ortoklaz $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. Əslində həmin minerallar mürəkkəb quruluşlu alümosilikatlardır. Kimyəvi formulların yazılmasının daha bir üsulu da var. Ondan bu və ya digər sənaye məhsulunun yaxud fərdi maddə olmayan təbii obyektin tərkibini ifadə etmək üçün istifadə edilir. Məsələn, təbii fosfat olan apatitin bir neçə şəkildəyişməsi var. Onların ümumi formulu $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ şəklində yazılır. Burada $\text{X} = \text{F}$, OH yaxud Cl -dur. Əslində təmiz halda flüorapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, hidroksiapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ və xlorapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ var. Bəzən bir təbii yataqda həmin mineralların üçünün qarışığı olur. Onda $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$, formulundan istifadə edilir. Dolomitin formulu $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ yaxud $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ yazılır. Lakin dolomitdə kalsium və maqneziumun miqdarı qismən dəyişir. Bunu nəzərə alaraq dolomitin formulu $(\text{Ca}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ formasında yazılır. Kalsiumla maqnezium arasındakı vergül onların atomlarının orta sayının 2-yə bərabər olduğunu göstərir. Lakin aralarındakı nisbət birdən fərqlidir.

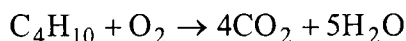
§ 6. Kimyəvi tənliklər

Kimyəvi reaksiyaların kimyəvi işarələr, formullar və əmsallar vasitəsilə təsvir edilməsi *kimyəvi tənlik adlanır*. Kimyəvi tənliklər aşağıdakı ardıcılıqla tərtib edilir.

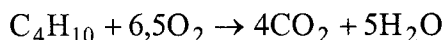
1. Reaksiyaya daxil olan ilkin maddələr və reaksiya məhsullarının formulları yazılır:



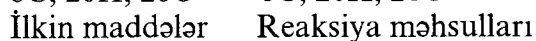
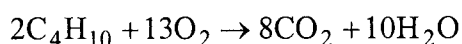
2. Tənliyin sol və sağ tərəfindəki atomların sayı təyin edilir. Bizim misalda sol tərəfdə 4 atom karbon, 10 atom hidrogen və 2 atom oksigen var. Sağ tərəfdə 1 atom karbon, 2 atom hidrogen və 3 atom oksigen var. Buradan aydındır ki, tənliyin sol və sağ tərəfindəki atomların sayı bərabər deyil.
3. Atomların sayı hər iki tərəfdə bərabər olması üçün əmsallar yazılır. C_4H_{10} molekulunda 4 atom karbon və 10 atom hidrogen var. Bunlar uyğun olaraq CO_2 və H_2O molekulunda olmalıdır. Bunun üçün CO_2 -nin qarşısına 4, H_2O -nun qarşısına 5 əmsalını yazırıq:



Yanma məhsullarında 13 atom oksigen var. İlkin maddələrdə isə 2 atom oksigen var. Ona görə də sol və sağ tərəfdə atomların sayı bərabər olması üçün oksigenin qarşısına 6,5 yazırıq:

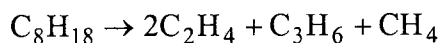


4. Termokimyəvi tənliklərdən başqa digər kimyəvi tənliklərdə əmsallar kəsr ədədlərlə deyil, tam ədədlər formasında yazılır. Ona görə də hər tərəfdəki əmsalları iki dəfə artırırıq:



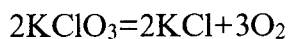
Praktikada bunlar çox vaxt birlikdə yerinə yetirilir və maddələrin formulları qarşısına uyğun əmsallar yazılır. Butanın (C_4H_{10}) yanma reaksiyasının yuxarıda yazdığımız tənliyi həmin prosesi tam dəqiqliyi ilə əks etdirmir. Burada butanın krekinqi baş verə bilər, yaxud yanma tam getmədiyindən reaksiya məhsullarında CO -dan əlavə C_4H_{10} molekulları da ola bilər.

Bəzi hallarda reaksiya tənliyi qeyri-stexiometrik prosesi əks etdirməli olur. Məsələn, oktanın krekinqini götürək:



Bu mürəkkəb zəncirvari reaksiyadır və heç vaxt ideal olaraq tənlikdə göstərildiyi kimi getmir. Hər hansı reaksiya məhsulu az və ya çox miqdarda alınır. Deməli, qeyri-stexiometrik reaksiyalar şəraitdən asılı olaraq müxtəlif istiqamətdə gedir.

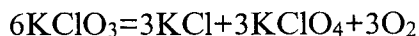
Ehtiyatla qızdırdıqda təmiz Bertole duzu ($KClO_3$) əriyir və qismən oksigen ayrılmaqla parçalanır:



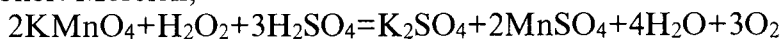
Duzun bir hissəsi isə perxlorata və xloridə parçalanır:



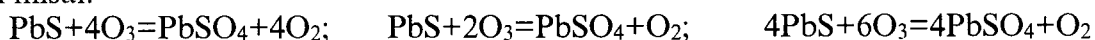
Bu tənlikləri toplayaq:



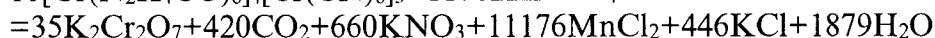
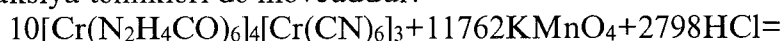
Biz qeyri-stexiometrik tənlik aldıq. O, yalnız reaksiyaya daxil olan və alınan maddələri göstərir. Lakin hansından nə qədər alındığını göstərmir və ona əsasən hər-hansı hesablama aparmaq olmaz. Bəzi reaksiyaların tənliklərini müxtəlif formada düzəltmək olar, yəni əmsallar fərqli ola bilər. Məsələn,



İkinci misal:



Belə tənliklərə yenə də misallar göstərmək olar. Lakin, bunlar onu göstərmir ki, reaksiyalar tənliklərdəki kimi müxtəlif formada gedə bilər. Onlar yalnız tənliklərin birindəki kimi gedir. Qalanları formal olaraq düzdür və kimyəvi mənalı yoxdur. Kalium-permanqanat, hidrogen-peroksid və sulfat turşusu arasında gedən reaksiyanı ikinci, PbS ilə O_3 arasındakı reaksiyanı birinci tənlik düzgün əks etdirir. Kimyəvi reaksiyaların böyük əksəriyyətinin tənliklərində əmsallar kiçik ədədlər olur. Lakin əmsallarında inanılmaz dərəcədə böyük ədədlər olan reaksiya tənlikləri də mövcuddur:



Bu tənlik bir Amerika kimya jurnalından götürülüb və ən çox riyazi əyləncə təsiri bağışlayır. Bu reaksiya həddindən çox mürəkkəbdir və çoxlu aralıq mərhələlərdən ibarətdir. Əmsallar reaksiyada iştirak edən maddələrin mol nisbətərini təqribi olaraq əks etdirir.

§ 7. Fiziki və kimyəvi hadisələr

«Hər şey dəyişir və hərəkətdədir». Bu sözlər qədim yunan filosofu Heraklitə mənsubdur. Böyük filosofun bu sözləri əsasən insani münasibətlərə, hissiyata, xarakterə, dövlət quruluşuna, əxlaqa, etikaya və s. aiddir. Lakin maddi aləm də yarandığı vaxtdan tədricən dəyişir. Yeni şəhərlər salınır, güclü texniki qurğular düzəldilir. Süni dənizlər yaradılır, kanallar və yollar çəkilir, yeni meşələr salınır, torpaq sahələri əkin üçün yararlı hala salınır. Bunlar tez nəzərə çarpan dəyişikliklərdir. Təbii yüksəkliklərin, dağların zirvələrinin, göllərin dərinliyinin və formasının, çayın yatağının və atmosferin tərkibinin dəyişməsi az nəzərə çarpır. Yerin dərinliyində, hidrosferdə, atmosferdə və canlı orqanizmlərdə maddələrin dəyişməsi prosesi baş verir. Maddələrdə baş verən dəyişikliklər (bundan sonra hadisələr deyəcəyik) ilkin hissəciklərin xassələrinin dəyişməsinə, prosesin dərinliyinə və enerjinin dəyişməsinə görə iki yerə bölünür. Bunlar fiziki və kimyəvi hadisələrdir.

Fiziki hadisələrdə maddələrdə yeni xassə yaranmır, hər mol maddəyə görə enerji dəyişməsi 20-40 kC-dan az olur. Maddələrin zəif qarşılıqlı təsiri yeni quruluş əmələ gəlməsinə səbəb olmur. Bəzi maddələrin qaz halından maye halına keçməsi və maye halından bərk hala keçməsi fiziki hadisədir. Maddə qaz halından maye yaxud bərk hala keçərkən onu təşkil edən atomlar yaxud molekullar arasında kimyəvi rabitə əmələ gəlirsə, həmin hadisə kimyəvi hadisəyə aid edilir. Siz kimyəvi rabitənin mahiyyətini bir qədər sonra öyrənəcəksiniz. Su buxarının mayeyə çevrilməsi prosesində (kondensləşməsində) 18 q (1 mol) su alındıqda təqribən 41 kC istilik ayrılır. Yaxud volfram buxarları mayeyə çevrildikdə hər 184 q (1 mol) metala 770 kC istilik ayrılır. Bu proseslərin hər ikisi kimyəvi hadisələrə aid edilir. Həmin maddələrin buxarlanması prosesi də kimyəvi hadisədir. Deməli, kimyəvi hadisələrdə enerji çevrilməsi (udulması yaxud ayrılması), hər mola görə 20-40 kC-dan az olmamalıdır. Fiziki və kimyəvi hadisələr arasında kəskin sərhəd yoxdur. Çox vaxt bunların

hər ikisi eyni zamanda baş verir. Məsələn, kiçik qənd (şəkər) parçasını qızdırdıqda əriyir və qaralır. Onun əriməsi fiziki hadisə, qaralması isə kimyəvi hadisədir. Bu zaman onun bir hissəsi parçalanır, alınan kömür zərrəcikləri rənginin qaralmasına səbəb olur. İkinci misal, üzəri açıq mis məftildən elektrik cərəyanı keçdikdə məftil qızır, istidən genişlənir, müqaviməti artır. Bunlar fiziki hadisələrdir. Qızmış məftilin səthi tədricən tutqunlaşır, havadakı oksigenlə birləşir qara rəngli mis 2-oksidi əmələ gəlir. Misin oksigenlə birləşməsi, yəni onun oksidləşməsi isə kimyəvi hadisədir. Kimyəvi çevrilmələrin əsasında fiziki proseslər durur. Kimyəvi çevrilmələrdə atomlar bir molekulyar quruluşdan digərinə keçir, atom və molekulaların elektron örtüklərinin vəziyyəti dəyişir. Bunlar fiziki hadisələrdir. Sivilizasiya inkişaf etdikcə həm fiziki, həm də kimyəvi hadisələrdən insanlar müxtəlif məqsədlər üçün istifadə etmişlər. Həmin hadisələrin mahiyyətini daha dərinlən öyrəndikcə, onları idarə etmək asan olur. IX əsr ərəb filosofu Əl Kindi yazmışdır: «Nəyi isə dərk etmək və öyrənmək üçün dörd suala cavab vermək lazımdır. Həmin şey varmı? O, nədir? O, necədir? Nə üçün belədir?» Biz Sizinlə birlikdə kimyanı öyrəndikcə həmin suallara cavab verməyə çalışacağıq.

§ 8. Saf maddələr və qarışıqlar

Gündəlik həyatda maddələrdən istifadə etdikdə ilk növbədə bizi həmin maddələrin təmizlik dərəcəsi maraqlandırır. Şübhəsiz ki, təmizlik dərəcəsi yüksək olan maddələrə daha çox üstünlük veririk. Yalnız sabit fiziki xassələrə malik olan maddələr, saf maddələrdir. Saf maddələrə misal olaraq distillə edilmiş suyu göstərmək olar. Saf su normal atmosfer təzyiqində 100 °C-də qaynayır, 4 °C-də sıxlığı 1 q/sm³-dir.

Maddələrin təmizliyi onların tərkibinə əsasən müəyyən edilir. Yəni hər hansı konkret maddədə onu təşkil edən hissəciklərdən (atomlar, molekulalar yaxud ionlar) başqa digər maddənin hissəcikləri varmı? Əgər varsa həmin maddə mütləq mənada saf maddə hesab edilmir. Dəqiq analiz üsulları vasitəsilə müəyyən edilmişdir ki, təbiətdə saf maddə yoxdur. Elektron hesablamaları maşınlarından bizə məlum olan silisium sənaye miqyasında tətbiq edilən ən saf maddələrdən biridir. O, üzərinə düşən işığı bilavasitə elektrik enerjisinə çevirir. Onun təmizlik dərəcəsi 99,999999–99,99999999 % arasında olur. Buna baxmayaraq həmin nümunənin 1 sm³-də 10 milyarddan 10 trilyona qədər kənar atomlar olur. Deməli, saf maddə anlayışını biz yalnız mücərrəd mənada qəbul edə bilərik. Yəni bu praktik olaraq mümkün deyil. Təbiətdə qarışıqlara daha çox rast gəlinir.

Qarışıqların tərkibinə daxil olan maddələrin hər biri öz xassələrini saxlayır. Məsələn, süddə suyun, yağların, zülalların və vitaminlərin xassələri var. Dəmir və kükürd tozundan ibarət qarışıq hazırlayaq və onu iki yerə bölək. Birinə maqnit yaxınlaşdıraq. Dəmir tozu maqnit tərəfindən cəzb olunur. Qarışıqın ikinci hissəsini suya tökək. Dəmir dibə çökür, kükürd tozu isə suyun üzərində qalır. Kükürdün sıxlığı (2,06 q/sm³) suyun sıxlığından təqribən iki dəfə böyükdür. Onun suyun üzərində qalmasının səbəbi islanmamasıdır. Deməli, qarışıqı onu təşkil edən maddələrdən fiziki üsullarla ayırmaq olar. Qarışıqlar maddənin xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bunlara aşağıdakı misalları göstərmək olar. Ağzı açıq qabda qalan xörək duzu havadan su buxarını özünə çəkir. Bu xörək duzunun özünün xassəsi deyil. Onda az miqdarda maqnezium-xlorid var. Həmin duz çox hiqroskopikdir, rütubətli havada yarımmayədən ibarət kütləyə çevrilir. Maqnezium-xloriddən təmizlənmiş xörək duzu rütubətli havada belə su buxarını özünə çəkmir. Xrom metalların ən bərkidir. Onunla şüşəni cızmaq olar. Lakin çox təmiz xrom bərkliyini itirir. Xüsusi təcrübə vasitəsilə tünd-qırmızı maye olan brom doqquz il qurudulmuşdur. Yəni su buxarlarından demək olar ki, tamamilə təmizlənmişdir. Nəticədə bromun qaynama temperaturu məlumat cədvəllərində göstərilidiyindən 59 °C yüksək olmuşdur. Həmin şəraitdə qurudulan civənin də qaynama temperaturu 100 °C yüksəlmişdir.

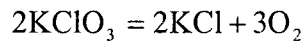
Qarışıqlar bircinsli (homogen) və müxtəlifcinsli (heterogen) olmaqla iki yerə bölünür. Bircinsli qarışıqları təşkil edən komponentləri nə gözlə, nə də optiki cihazlarla ayırd etmək olmur. Bunlar qaz, maye və bərk halda olurlar. Müxtəlif qazların qarışıqı, bir-birilə qarışan mayələr, məhlullar və xəlitələr bircinsli qarışıqlardır və *homogen sistemlər* adlanırlar.

Heterogen sistemlər iki və ya daha çox fazadan (sistemin digər hissələrindən fiziki sərhədlə ayrılmış bircinsli hissəsi *faza adlanır*) ibarət olur. Yəni həmin qarışığı təşkil edən maddələr bir-birindən ayrıcı səth ilə ayrılmışdır. Bulanıq su, sabun köpüyü, torpaq, tüstü, toz, süd, kərpic, beton, dağ süxurları, oduncaq və s. heterogen sistemlərdir. Eyni və həm də müxtəlif aqreqat halında olan maddələr homogen və heterogen sistemlər əmələ gətirirlər. Bunu cədvəl I-2-dən görmək olar.

Cədvəl I-2. Eyni və müxtəlif aqreqat halında olan maddələrin əmələ gətirdikləri homogen və heterogen sistemlər

Qarışıq əmələ gəlmə qədər tərkib hissələrinin aqreqat halı	Homogen sistem	Heterogen sistem
1) bərk-bərk	Bərk məhlullar, ərintilər (xəlitələr) – bürünc, latun	Dağ süxurları, qranit, beton, kərpic, oduncaq
2) bərk-maye	Maye məhlullar – duzların suda məhlulları	Bərk maddə mayədə həll olduqda – asılqan yaxud suspenziya, gil hissəcikləri suda kolloid məhlullar. Maye bərk maddədə həll olduqda – məsaməli maddələrdə maye, məsələn rütubətli torpaq, qruntlar
3) bərk-qaz	Platində, palladiumda və poladda xemosorbsiya olunmuş hidrogen	Bərk maddə hissəcikləri qazda – aerezollar, tüstü, toz, smoq. Qaz halında maddə bərk maddədə – kərpic, pemza, məsaməli maddələr
4) maye-maye	Maye məhlullar, məsələn sulfat turşusunun suda məhlulu	İki yaxud çoxsaylı mayelərdən əmələ gələn sistem – cıvə, karbon 4-xlorid, su və benzindən ibarət olan dördfazlı sistem. Süd-maye halda olan yağ damlaları suda
5) maye-qaz	Qazların suda məhlulu – qazlı su, ammonyaklı su, xlorid turşusu	Mayələr qazlarda – qazlarda mayələrin aerezolları, o cümlədən duman. Qazlar mayələrdə köpüklər, sabun köpüyü
6) qaz-qaz	Qaz məhlulları – istənilən qazların (bir-birilə reaksiyaya girməyən) qarışığı	Heterogen sistem əmələ gəlməsi mümkün deyil

Preparat – kimyəvi analizdə və elmi tədqiqatlarda istifadə edilən kimyəvi birləşmə yaxud kimyəvi maddələrin qarışığıdır. *Reaktiv* – bu da kimyəvi birləşmədir və həmin məqsədlər üçün tətbiq edilir, lakin preparatdan fərqli olaraq reaktivin tərkibi və xassələri Dövlət Standartı – rəsmi sənədlə müəyyən edilir. Onda yol verilən qarışığın miqdarı və ona nəzarət üsulu göstərilir. Reaktiv və preparatlar olan banka və qutuların üzərində onların etiketi olur. Həmin etikətdə maddənin adı, təmizlik dərəcəsi, kütləsi, Dövlət Standartının nömrəsi, onu istehsal edən zavod və s. məlumatlar göstərilir. Maddələrin və reaktivlərin təmizlik dərəcəsinin kimyaçı üçün böyük əhəmiyyəti var. Maddədə olan ən kiçik qarışıq (çirk) belə onun xassələrini nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişə bilər. Məsələn, Bertole duzunda $KClO_3$ qarışıqlar onun parçalanma reaksiyasında katalizator olur. Ona görə də yaxşı təmizlənməmiş bertole duzu qızdırdıqda oksigen ayrılmaqla parçalanır:



Həmin reaksiyanı sürətləndirmək məqsədilə az miqdarda manqan 4-oksidi əlavə edilir. Çox təmiz Bertole duzunu isə qızdırdıqda oksigen ayrılmır, kalium-perxlorat və xlorid qarışığı alınır:



Keçən əsrin 30-cu illərində alman kimyaçıları İda və Valter Noddakilər göstərmişlər ki, körpü üzərindəki daş parçasında dövrü sistem cədvəlindəki elementlərin hamısının atomları var. Kimyəvi analiz üsulları təkmilləşdikcə kimyaçıların hamısı bu fikirlə razılaşmışlar. Hər hansı elementin bir molunda $6,02 \cdot 10^{23}$ atom var. Onun milyonda bir molunda isə $6,02 \cdot 10^{17}$ atom var, bu çox böyük rəqəmdir, yəni 60200000000000000.

10^{-20} molda $6,02 \cdot 10^3$ atom var. Ona görə də alman alimlərinin həmin fikri ilə

razılaşma-maq olmaz. Maddələrin radioaktivlik və elektrodinamik xassələri onlarda olan qarışıqlara qarşı çox həssasdır. Atom energetikasında, mikroelektronikada, kvant elektronikasında, yarımkeçiricilər texnikasında və s. tətbiq edilən materiallarda milyonda bir faizdən artıq qarışığa yol verilmir. Həmin maddələri istehsal etmək üçün xüsusi təmiz maddələrdən və preparatlardan istifadə edilir. Kimyəvi reaktivlər, preparatlar və təmizlik dərəcəsi yüksək olan maddələr aşağıdakı kimi təsnif edilir:

1. Təmiz (t). Əsas maddənin miqdarı 98 % və çox olur. Bərk maddələrin ərimə temperaturu məlumat cədvəllərində göstəriləndən 1-3 °C, mayələrin qaynama temperaturu isə 1-2 °C kənara çıxır.
2. Analiz üçün təmiz (a. ü. t.). Əsas maddənin miqdarı 99 % olur. Analiz üçün təmiz maddənin əsas xarakteristikası onda olan qarışıqların analizə xələl gətirməməsidir.
3. Kimyəvi təmiz (k. t). Əsas maddənin miqdarı 99 %-dən çoxdur. Ərimə temperaturu cədvəllərdə göstərilənə çox yaxın olur. Kənar qarışıqlar 0,001-0,00001 % olur.
4. Xüsusi təmiz (x. t.). Xüsusi təmiz maddələr elmi-tədqiqatlarda, yarımkeçiricilər texnikasında, kvant elektronikasında və s. sahələrdə tətbiq edilir. Qarışıqlar 10^{-5} %-dən 10^{-10} %-ə qədər olur. Xüsusi təmiz maddələrdə etikətdə bir-birindən tire ilə ayrılan rəqəmlər olur. Məsələn, xüsusi təmiz silisiumda «KT21-5» yazısı həmin nümunədə 21 qeyri-üzvi qarışığın limitləndiyini (hədd qoyulduğunu) göstərir. 5 rəqəmi isə qarışıqların cəminin 10^{-5} %-dən çox olmadığını göstərir.

Maddələrin təmizlik dərəcəsi yüksək olduqca onların istehsalında çətinlik daha çox olur.

Qarışıqların miqdarı 10^{-5} %-dən aşağı olan maddələri istehsal etdikdə xüsusi təmiz havadan istifadə edilir, metal əşyalardan və şüşədən istifadə edilmir. Şüşə əvəzinə polietilen yaxud teflondan hazırlanan materialdan istifadə edilir. Hətta işçilərin paltarına xüsusi tələblər verilir. Onlar tükcük əmələ gətirməyən lavsandan hazırlanan paltarlardan istifadə etməlidirlər.

§ 9. Maddələrin xassələri və xarakteristikası

Kimyəvi maddələr çox müxtəlif olur: maye, qaz, bərk, rəngsiz və rəngli, yüngül və ağır, fəal və təsirsiz, şəffaf, tutqun və s. Bir maddə digərindən bir sıra əlamətlərinə görə fərqlənir. Həmin əlamətlər maddələrin xarakteristikası adlanır. *Maddənin özünə məxsus olan xassələr həmin maddənin xarakteristikası adlanır.* Aqreqat halı, rəngi, iy, dadı, sıxlığı, ərimə temperaturu, qızdırdıqda parçalanması, yanarlığı, hiqroskopikliyi (suyu udma qabiliyyəti), özlülüyü, başqa maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olma qabiliyyəti və s. maddələrin xarakteristikasıdır. Maddənin xassəsi: 1) başqa maddələrlə; 2) həmin maddənin özünü təşkil edən hissəciklərin bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olma qabiliyyətidir. İkinci hal çox nadir hallarda (radioaktiv parçalanma) olur. Ona görə də maddənin müəyyən şəraitdə digər maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olması onun xassəsidir.

Maddələrə qarşılıqlı təsirlər müxtəlif olur. Bunlara qızdırmaq, sıxmaq, suya salmaq, digər maddələrlə təsir etmək və s. daxildir. Qızdırdıqda bərk maddələr əriyirlər, bəziləri isə ərimədən parçalanırlar, başqa maddələrə çevrilirlər. Məsələn, qızdırdıqda dəmir əriyir (1536 °C), sellüloza (oduncağın əsasını təşkil edir) qızdırdıqda yanır, havasız şəraitdə parçalanır, kömürləşir. Mayələrdə də belə olur. Məsələn, suyu qızdırdıqda qaynayır, yüksək temperaturda parçalanır. Xörək duzunu yaxud şəkər tozunu suya tökdükdə həll olur, qum və şüşə qırıntıları isə həll olmur. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, mütləq mənada suda həll olmayan maddə yoxdur. Alova yaxınlaşdırılan kağız parçası yanır, qızıl məftil isə yanmır. Gündəlik praktikadan və bu misallardan görünür ki, maddələrin xassələri müxtəlifdir və onlar xassələrinə görə bir-birindən fərqlənirlər.

Maddələrin kimyəvi tərkibi dəyişməyən proseslərdə göstərdikləri xassələr fiziki xassələr adlanır. Maddələrin ərimə qabiliyyəti, qaynaması, deformasiyaya uğraması fiziki xassələridir.

Maddənin digər maddəyə çevrildiyi proseslərdə göstərdiyi xassə kimyəvi xassə adlanır.

Fiziki və kimyəvi xassələrindən əlavə maddələrin miqdarı xarakteristikasını da bilmək lazımdır. Sıxlıq, ərimə temperaturu, qaynama temperaturu, parçalanma temperaturu və özlülüyü maddələrin miqdarı xarakteristikasıdır və fiziki kəmiyyətlər adlanırlar. Maddələrin elə xarakteristikası var ki, nə fiziki və kimyəvi nə də miqdarı xarakteristikasına aid deyil, lakin onların böyük əhəmiyyəti var. Bunlar maddənin tərkibi, quruluşu və aqreqat halıdır. Hər bir saf maddənin yalnız onun özünə aid olan xassələri var. Məsələn, saf su normal təzyiqdə 100 °C-də qaynayır. Etil spirti həmin şəraitdə 78 °C-də qaynayır. Su və etil spirti fərdi maddələrdir. Benzin isə bir neçə maddənin qarışığından ibarətdir. Ona görə də sabit qaynama temperaturu yoxdur, 40-200 °C arasında qaynayır. Yəni benzin maye haldan qaz halına keçdikdə termometrə civə sütunu bir nöqtədə dayanmır, 40 °C ilə 200 °C arasında hərəkət edir. Qarışıqları bir-birindən ayırdıqda onların fiziki xassələrindəki və miqdarı xarakteristikasındakı fərqlərdən daha çox istifadə edilir.

§ 10. Ölçmə və metrik ölçü vahidləri

Nəzəri və eksperimental kimyada müxtəlif ölçü və çəki vahidlərindən istifadə edilir. Hazırda əksər ölkələrdə Beynəlxalq vahidlər sistemi istifadə edilir. Onu fransızca Systeme International sözlərindən götürülən BS ilə işarə edirlər. Beynəlxalq sistemin əsas vahidləri aşağıdakılardır.

Fiziki kəmiyyət	Vahidi	İşarə edilməsi
Kütlə	Kiloqram	kq
Uzunluq	Metr	m
Zaman	Saniyə	s
Cərəyan şiddəti	Amper	A
Temperatur	Kelvin	K
İşığın gücü	Kandella	Kd
Maddə miqdarı	Mol	mol

1960-cı ildə qəbul edilməsinə baxmayaraq elmi-texniki ədəbiyyatda və praktikada BS tam tətbiq edilmir. BS ilə yanaşı bu sistemdən kənar vahidlərdən də istifadə edilir. Məsələn, kalori istilik enerjisi vahidi kimi ümumən qəbul edilməsinə baxmayaraq BS-yə daxil edilməmişdir. BS-də bütün energetik vahidlər coul ilə ifadə edilir. 1 kalori 1 q suyu 14,5 °C-dən 15,5 °C-yə qədər qızdırmaq üçün sərf edilən istilik enerjisinin miqdarıdır. 1 kalori 4,184 coula bərabərdir. BS-də təzyiq vahidi paskal qəbul edilmişdir. Laboratoriya şəraitində isə təzyiq civəli barometrle ölçülür. 1 atmosfer standart təzyiq 760 torriçelli (torr) və yaxud 760 mm civə sütununa bərabərdir (1 torr 1 mm civə sütununa bərabərdir). 1 Paskal 1 m² sahəyə 1 N qüvvənin etdiyi təzyiqdır. 1 atmosfer 101325 paskala bərabərdir. Paskal Pa ilə işarə edilir.

Kimyada maddə miqdarının ölçüsü kimi kütlədən geniş istifadə edilir. BS-də kütlə vahidi kiloqramdır. Kiloqramın etalonu xüsusi olaraq platin-iridiumdan hazırlanmış silindrdir. Həmin silindr Parisin yaxınlığında Severs şəhərində Beynəlxalq çəki və ölçü bürosunun seyfində saxlanır. Onun surəti (kopiyası) müxtəlif ölkələrdə saxlanır. Laboratoriyada və ümumiyyətlə gündəlik praktikada maddə miqdarı onun kütləsinə əsasən müəyyən edilir. Mahiyyətə çəki kütlənin ağırlıq qüvvəsi təcilinə hasilidir: $F = mg$. Maddə miqdarı müxtəlif tipli tərəzilər vasitəsilə ölçülür. Çəkilən cismin kütləsi m_1 , çəki daşının kütləsi m_2 ilə müqayisə edilir. Yer səthinin həmin sahəsində ağırlıq qüvvəsinin təcili g sabit kəmiyyətdir ($g \approx 9,81 \text{ m/san}^2$). Çəkilən cismlə çəki daşının kütləsi tarazlaşdırıldıqda $m_1 g = m_2 g$ yaxud $m_1 = m_2$ olur. Maddə miqdarı çəki daşları yaxud yaylı tərəzi vasitəsilə müəyyən edilir. Əslində maddənin çəkisi deyil kütləsi təyin edilir. Çox vaxt düzgün olmayaraq kütlə ilə çəkini eyniləşdirirlər. Kütlə maddə miqdarıdır. Kosmik fəzada qravitasiya cazibə qüvvəsi çox kiçik olduğundan kosmonavtın çəkisi olduqca kiçik olur. Lakin onun kütləsi yerdə olduğu kimidir. Ekvatorda 2725 kq olan hər hansı yük Parisdə 2720 kq, şimal qütbündə isə

2711 kq olur. Buna səbəb yer kürəsinin göstərilən üç nöqtəsində ağırlıq qüvvəsi təcilin qiymətinin müxtəlif olmasıdır. Kimyada kütlənin ölçü vahidi olaraq qramdan geniş istifadə edilir. 1 qram 1/1000 kiloqrama bərabərdir. BS-də həcmi ölçmək üçün kub metrədən 1 m^3 istifadə edilir. Kimya təcrübələrində həcmi ölçmək üçün kub metrin mində birindən 10^{-3} m^3 , yəni litrdən yaxud kub metrin milyonda birindən 10^{-6} m^3 kub santimetrdən sm^3 istifadə edilir. 1 kub santimetr 1 millilitrə bərabərdir: $1 \text{ sm}^3 = 1 \text{ ml}$. Kimya laboratoriyasında ölçü qabları millilitrlə dərəcələnməmişdir. Maddələrin həcmnin temperaturdan asılı olduğunu nəzərə alaraq, ölçü qablarında dərəcələnmənin aparıldığı temperatur göstərilir.

Maddələri fərqləndirmək üçün geniş istifadə edilən kəmiyyətlərdən biri də sıxlıqdır. Kütlənin, maddə miqdarının həcminə olan nisbəti sıxlıqdır. BS-də sıxlıq kiloqramın kub metrə olan nisbəti ilə ifadə edilir (kq/m^3). Kimyada bərk maddələrin və mayələrin sıxlıqlarını ifadə etmək üçün qramın kub santimetrə olan nisbətindən q/sm^3 yaxud $\text{q}\cdot\text{sm}^{-3}$ istifadə edilir. Qazların sıxlıqları isə qramın litrə olan nisbəti q/l ilə ifadə edilir. Sıxlıq

ρ (ro), kütlə m , həcm V ilə işarə edilir: $\rho = \frac{m}{V}$. Bu kəmiyyətlərdən ikisi məlum olduqda

üçüncünü təyin etmək çətin deyil: $m = \rho \cdot V$; $V = \frac{m}{\rho}$.

Burada və digər hesablamalarda hər bir kəmiyyətin vahidini nəzərə almaq lazımdır. Fərz edək ki, sıxlığı $2,95 \text{ q/sm}^3$ olan, 850 q daşın həcmi hesablamaq tələb olunur:

$V = \frac{850}{2,95 \text{ q/sm}^3}$. Əvvəlcə 850 -ni $2,95$ -ə bölürük $\frac{850}{2,95} = 288$. Sonra $\frac{\text{q}}{\text{q/sm}^3}$ əməliyyatını

yerinə yetirmək üçün $\frac{\text{q/l}}{\text{q/sm}^3}$ yazırıq və buradan mərtəbəli kəsrin bölünməsi qaydasından

istifadə edirik $\frac{\text{q}\cdot\text{sm}^3}{\text{q}\cdot\text{l}}$ ixtisar aparırıq, sm^3 alırırıq. Deməli, daşın həcmi 288 sm^3 -ə bərabərdir.

Cədvəl I-3. Geniş yayılmış maddələrdən bəzilərinin 1 atm. təzyiqdə sıxlıqları

Maddə	Sıxlıq	Temperatur, °C ilə
Qazlar		
Hava	1,293 q/l	0
O ₂	1,429 -	0
H ₂	0,099 -	0
CO ₂	1,977 -	0
Mayələr		
H ₂ O	0,998 q/sm ³	20
H ₂ O	1,000 -	4
Hg	13,55 -	20
CCl ₄	1,594 -	20
C ₆ H ₆	0,879 -	20
Bərk maddələr		
NaCl	2,163 q/sm ³	20
Al	2,70 -	20
Au	19,3 -	20
Cu	8,92 -	20
Pb	11,337 -	20
H ₂ O	0,92 -	0
Ağac (şam)	~0,50 -	
Qranit	2,51-dən 3,05-ə qədər	

İki cisim bir-birinə toxunduqda istilik onların birindən digərinə keçə bilər. Temperatur istiliyin müəyyən istiqamətə keçməsi xassəsidir. Başqa sözlə, *temperatur istilik hərəkətinin intensivlik ölçüsüdür*. İstilik temperaturu çox olan obyektədən az olan obyektə keçir. Temperaturu ölçmək üçün termometr qaz olan qaba yerləşdirilir, maye olduqda isə onun müəyyən hissəsi mayeyə batırılır. Əgər termometr soyuqdursa istilik temperaturu ölçülən maddədən termometrə keçir. Termometrlə temperaturu ölçülən cismin temperaturları bərabərləşənə qədər bu hal davam edir. Termometr temperaturun ədədi qiymətini göstərir. Termometrlərin bir neçə tipi var. Termometrlərdə istiliyin dəyişməsinə həssaslığı yüksək olan maddələrdən istifadə edilir. Adi civəli termometr maye halda olan civənin istiliyin təsirindən genişlənməsinə əsaslanmışdır. Elmi-tədqiqatlarda Selsi və Kelvin temperatur şkalalarından istifadə edilir. BS-də temperatur Kelvin (K) ilə ölçülür. Selsi şkalasında dəniz səviyyəsində suyun donması 0 °C, qaynaması isə 100 °C qəbul edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, qazların həcmi 273 °C-də 0 °C-dəki həcmə nisbətən iki dəfə artır. Əksinə, -273 °C-də qazların həcmi sifra bərabər olur. Temperaturun 1 °C dəyişməsi qazın 0 °C-dəki həcmənin 1/273-i qədər dəyişməsinə səbəb olur. -273 °C mütləq sifir temperatur qəbul edilmişdir. Kelvin şkalasında ədədi qiymət Selsi şkalasındakı müvafiq ədədi qiymətdən 273° yüksəkdir:

$$K = ^\circ C + 273$$

$$^\circ C = K - 273$$

Selsi şkalasında 0 °C iradi olaraq (suyun donma temperaturu) qəbul edilmişdir. Mütləq temperatur şkalasında isə 0 K-in kinetik nəzəriyyəyə əsasən mənası var. Kinetik nəzəriyyəyə əsasən molekulun kinetik enerjisi mütləq temperaturla düz mütənasibdir. 0 K-də molekulların hər hansı hərəkəti dayanır. Kinetik enerji sifra bərabər olur. BS-yə əsasən Kelvində dərəcə (°) qoyulmur. Ona görə də 0 °K əvəzinə 0 K yazılır. 0 K-nə yaxın temperaturda metallarda ifrat keçiricilik, maye heliumda isə ifrat axıcılıq xassəsi olur. İngilis dilli ölkələrdə məişətdə temperaturu ölçmək üçün Farengeyt şkalasından istifadə edilir. Bu şkalada suyun donma temperaturu 32 °F, qaynama temperaturu isə 212 °F qəbul edilmişdir. Bu şkalada suyun donma və qaynama temperaturları arasındakı fərq 180°-dir. Selsi şkalasında isə 100°-dir. Deməli, Farengeyt şkalasının bir dərəcəsi Selsi şkalasının 100/180-nə yaxud 5/9-nə bərabərdir. Farengeytlə verilən temperaturu Selsiyə keçirmək üçün 32 vahid azaltmaq və 5/9-ə vurmaq lazımdır. Hesablamalarda əlverişli olsun deyə aşağıdakı formullardan istifadə edilir:

$$^\circ C = \frac{5}{9}(^\circ F - 32); \quad ^\circ F = \frac{9}{5}(^\circ C) + 32$$

Farengeytlə su 212 °F-də qaynayır. Bunun Selsi ilə neçə dərəcə etdiyini tapaq:

$$^\circ C = \frac{5}{9}(212^\circ - 32) = 100^\circ C$$

İkinci formula əsasən Farengeytlə suyun qaynama temperaturunu (212 °F) alırıq:

$$^\circ F = \frac{9}{5}100^\circ + 32 = 212^\circ F$$

İstilik enerjisi ilə temperaturu qarışdırmaq olmaz. Temperatur maddə molekullarının şərti temperatur şkalası ilə təyin edilən orta kinetik enerjisinin ölçüsüdür. İstilik enerjisi enerji formalarından biri kimi iş görmə qabiliyyətinin ölçüsüdür və maddə molekullarının kinetik enerjisinə uyğundur. İstilik enerjisi 0 °C-də belə bütün maddələrdə var. Aysberqin (suyun altında olan iri buz parçası) istilik enerjisi bir fincan qaynar kofenin istilik enerjisindən dəfələrlə çoxdur. Baxmayaraq ki, aysberqin temperaturu qaynar kofenin temperaturundan çox azdır. 300 ml kofenin temperaturunu 1 °C artırmaq üçün 300 kalori sərf olunduğu halda, səthi futbol meydançasının sahəsinə bərabər olan aysberqin temperaturunu 1 °C artırmaq üçün 10¹⁴ kalori enerji sərf etmək lazım gələrdi. Temperatur maddənin intensiv xassəsidir. Bu o deməkdir ki, həmin kəmiyyət maddə miqdarından asılı deyil. Məsələn, eyni maddənin müxtəlif miqdarda olan iki nümunəsinin temperaturu eyni ola bilər. Bir stəkan su və iri vannadakı çoxlu miqdardakı suyun temperaturu eyni ola bilər. Əgər bərabər həcmli 50 °C-də olan iki stəkandakı suyu bir-birinin üzərinə töksək qaynayan (100 °C) su alınmaz.

Maddənin intensiv xassəsinə başqa misal onun sıxlığıdır. Kütləsinin 100 q yaxud 1000 q

olmasından asılı olmayaraq civənin sıxlığı $13,6 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Kütlə və həcm isə maddənin ekstensiv xassəsinə aiddir. Bunlar maddənin götürülən miqdarından asılıdır. İstilik miqdarı da maddənin ekstensiv xassəsinə aiddir. Aydınır ki, maddə miqdarı çox olduqca onun kütləsi, həcmi və istilik miqdarı da çox olacaq. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi elmi-texniki ədəbiyyatda və məişətdə qəbul edilən metrik ölçü vahidlərindən əlavə digər ölçü vahidlərindən də istifadə edilir.

Hesablamalarda və məsələ həllində qarşıya çıxacaq çətinliyi aradan qaldırmaq üçün metrik və ingilis ölçü sistemi arasındakı əlaqəni nəzərə almaq lazımdır: $1 \text{ metr}=1,094 \text{ yard}$; $2,54 \text{ sm}=1 \text{ düym}$; $1 \text{ kiloqram}=2,205 \text{ funt}$; $1 \text{ funt}=453,6 \text{ qram}$; $1 \ell=1,06 \text{ kvart}$; $1 \text{ kub funt}=28,38 \text{ litr}$; $1 \text{ km}=1,6 \text{ mil}$; $1 \text{ barrel neft}\approx 159 \text{ litr}$; $1 \text{ barrel kerosin}=151,4 \text{ litr}$; $1 \text{ barrel pivə}=117,3 \text{ litr}$.

Hansı ölçü vahidindən istifadə edildiyi göstərilərsə hər hansı ölçmənin mənası yoxdur və ondan heç nə başa düşmək olmaz. Bir ölçü sistemindən digər ölçü sisteminə keçmək tələb olunan hesablamalarda rəqəmlərin ifadə edildiyi vahidlər yazılmalı və bundan sonra riyazi əməliyyatlar aparılmalıdır. Bunları aşağıdakı çalışmaları misalında görmək olar:

Çalışma 1. Bir adamın çəkisi $79,4 \text{ kq}$ olmuşdur. Bunu funtla ifadə edin.

Həlli. $1 \text{ kq}=2,205 \text{ funt}$

$$1 = \frac{1 \text{ kq}}{2,205 \text{ funt}}; \quad 1 = \frac{2,205 \text{ funt}}{1 \text{ kq}}; \quad x \text{ funt} = 79,4 \text{ kq} \frac{2,205 \text{ funt}}{1 \text{ kq}} = 175,08 \text{ funt}$$

Çalışma 2. Siz şəhərə yaxınlaşanda yolun kənarında sürəti 40 km/saat qədər azaltmaq nişanı görürsünüz. Həmin sürəti mil/saat ilə ifadə edin.

Həlli. $1 \text{ mil}=1,6 \text{ km}$

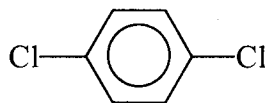
$$\left. \begin{array}{l} 1,6 \text{ km} \text{ ----- } 1 \text{ mil} \\ 40 \text{ km/saat} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{40 \text{ km/saat} \cdot 1 \text{ mil}}{1,6 \text{ km}} = 25 \text{ mil/saat}$$

Çalışma 3. Avtomobilin akkumulyatoruna tökülən sulfat turşusunun sıxlığı $1,2 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Həmin turşunun 200 ml -nin kütləsini hesablayın.

Həlli. $m = \rho V$ düsturunda ρ və V -nin qiymətlərini yerinə yazaq:

$$m = 1,2 \text{ q/sm}^3 \cdot 200 \text{ ml} \frac{1 \text{ sm}^3}{1 \text{ ml}} = 240,0 \text{ q}$$

Hər bir ölçmədə müəyyən səhv olur. Bunu aşağıdakı misalda aydınlaşdırmaq. Üzvi maddə olan *para*-dixlorbenzolun



ərimə temperaturunu təyin edərkən üç nəticə alınmışdır: $53 \text{ }^\circ\text{C}$; $53,2 \text{ }^\circ\text{C}$ və $53,203 \text{ }^\circ\text{C}$. Bunlardan hansını doğru hesab etmək olar? İlk baxışda belə hesab etmək olar ki, üçüncü nəticə ($53,203 \text{ }^\circ\text{C}$) daha doğrudur. Ölçmənin nəticəsi termometrin dəqiqliyindən və onunla davranma bacarığından asılıdır. Lupadan istifadə etməklə ölçmənin xətasını müəyyən qədər azaltmaq olar. Bunlara əməl edərək *para*-dixlorbenzolun ərimə temperaturunu təyin etdikdə $53,0 \text{ }^\circ\text{C}$ deyil $53,2 \text{ }^\circ\text{C}$ -ni alırıq. $53,203 \text{ }^\circ\text{C}$ -ni ona görə doğru hesab etmirik ki, adi termometrlə həmin dəqiqlikdə rəqəmi almaq olmaz. Elmdə mütləq dəqiq kəmiyyət yoxdur. Ölçü cihazlarının əksəriyyətində tam dəqiqliyi göstərmək üçün məhdudiyət olur. Ona görə də hər ölçmədə müəyyən dərəcədə xəta olur. Təbiətdə hər hansı qanunauyğunluq müşahidə yolu ilə müəyyən edilir. Həmin qanunauyğunluqlarda müəyyən qeyri-müəyyənlik olur. Deməli, mütləq elmi nəticə yoxdur.

§ 11. Maddə kütləsinin saxlanması qanunu

Tədqiqatlarda miqdarı nisbətlərin öyrənilməsi kimya elminin inkişafında əsaslı dönüş səbəb olmuşdur. Həmin tədqiqatların ilk nəticələrindən biri maddə kütləsinin saxlanması qanununun kəşfi olmuşdur. Bu qanuna əsasən maddələrin kimyəvi reaksiyadan əvvəl və sonrakı kütləsi müəyyən edilir.

Kimyəvi reaksiya nədir? Latıncadan tərcümə etdikdə «reaksiya» sözünün mənası əks-təsir, müqavimət, cavab təsiri deməkdir. Kimyəvi reaksiya maddəyə edilən təsirə cavab əks-təsirdir. Kimyəvi reaksiyada reaksiyaya daxil olan maddələrin molekulunda atomların sayı, xarakteri və yaxud molekulda atomların bir-birinə nisbətən vəziyyəti dəyişir. Nəticədə ilkin maddələr, yəni reaksiyaya daxil olanlar yox olur, onlardan yeni maddələr – reaksiya məhsulları əmələ gəlir. Kimyəvi çevrilmələrin əsasını fiziki proseslər təşkil edir. Bu zaman atomların yerdəyişməsi prosesi baş verir, onlar bir molekulyar quruluşdan (strukturdan) digərinə keçirlər, eyni zamanda atomlar və molekularda elektron örtüklərinin vəziyyəti dəyişir. İlkin maddələri təşkil edən atomlar arasındakı rabitələr qırılır, yeni rabitələr yaranır. Bütün bunlar ilkin maddələrə nisbətən yeni xassəli maddələrin alınmasına səbəb olur. Çoxlu sayda təcrübələr göstərmişdir ki, reaksiya məhsullarının kütlələrinin cəmi reaksiyaya daxil olan maddələrin kütlələrinin cəminə bərabərdir. Bu müşahidələr maddə kütləsinin saxlanması qanunu adı ilə ümumiləşdirilmişdir. Bu qanunu ilk dəfə 1748-ci ildə rus alimi M.V. Lomonosov nəzəri olaraq söyləmişdir. 1756-cı ildə isə təcrübə yolla sübut etmişdir. Sonra həmin qanunu 1785-ci ildə Lomonosovdan asılı olmadan fransız kimyaçısı A. Lavuazye kəşf etmişdir. Qanunun müasir tərif belədir: *reaksiyaya daxil olan maddələrin kütləsi reaksiya nəticəsində alınan maddələrin kütləsinə bərabərdir.*

Kimyəvi reaksiyalarda atomlar yaranmır və yox olurlar. Onlar reaksiyaya daxil olan maddələr arasında mübadilə olunurlar yaxud yenidən qruplaşırlar. Sadə olmasına baxmayaraq bu qanunun böyük praktik əhəmiyyəti var. Maddə kütləsinin saxlanması qanununa əsasən təbiətdə heç nə izsiz olaraq yox olmur. Məsələn, bizim zibilxanaya tökdüyümüz lazımsız maddələr ya dəyişilməmiş qalır yaxud da gec-tez maddələrin ümumi dövrənə daxil olurlar. Ona görə də təbiətə edilən hər bir təsirin sonrakı nəticəsi bizi maraqlandırmalıdır.

Biz yerin dərinliklərindən hər hansı metalın məsələn, dəmirin filizini çıxarıb ondan metal alıb, sonra həmin metaldan müxtəlif nəqliyyat vasitələri və s. hazırlayırıq. Son nəticədə onlar istifadə etmək üçün yararsız hala düşür, tullantı şəklində yenidən təbiətə qaytarılır. Bu proseslərin heç birində dəmirin atomları yox olmur, onların yer qabığındakı sayı sabit qalır. Müəyyən qədər enerji sərf etməklə dəmir qırıntılarından yenidən dəmir istehsal etmək olur. Bu proseslərdə biz atomları yox etmirik, yalnız onlardan əmələ gələn maddələri özümüz üçün əlverişli hala salırıq.

1700-cü ildə alman kimyaçısı Ştal yanma proseslərini izah etmək üçün flagiston nəzəriyyəsini irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyəyə görə yana bilən maddələrdə od başlanğıcı – flagiston var. Maddə yandıqda ondan filagiston ayrılır: metal=oksid+flagiston. Göründüyü kimi, bu nəzəriyyə elmi cəhətdən səhvdir.

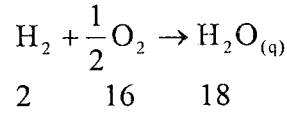
Maddə kütləsinin saxlanması qanunu ilə Lavuazye flagiston nəzəriyyəsinin səhv olduğunu sübut etmişdir. Bununla o, yanmanın oksigen nəzəriyyəsini irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyəyə görə yanmanın mahiyyətini maddələrin oksigenlə birləşməsi təşkil edir.

1899-1910-cu illərdə alman fiziki-kimyaçısı Landolt tərəfindən reaksiyaya daxil olan və alınan maddələrin kütləsi $\pm 0,00003$ q dəqiqliyinə qədər yoxlanmışdır. O, belə nəticəyə gəlmişdir ki, kimyəvi reaksiyalarda maddə kütləsinin saxlanması qanunu göstərilən dəqiqliklə doğrudur.

XX əsr fizika elminin nailiyyətlərinə əsasən maddə kütləsinin saxlanması qanunu materiyanın saxlanması qanunu ilə əvəz olunmalıdır. Bütün proseslərdə yalnız materiya sabit qalır, dəyişmir. Kütlə isə materiyanın təzahür formalarından biri kimi enerjiyə çevrilə bilər. Kütlə ilə enerji arasındakı əlaqə Eynşteyn tənliyi ilə ifadə edilir:

$$E = mc^2$$

burada, E-enerji, m-kütlə, c-ışıq sürətidir. Beynəlxalq sistemə əsasən enerji vahidi couldur və m^2kq/san^2 ilə ifadə olunur. Kütlə kq-la ölçülür. Işıq sürəti m/san ($3 \cdot 10^8$ m/san) ilə ölçülür. Eynşteyn tənliyinə əsasən kimyəvi reaksiyada enerji ayrıldıqda kütlə azalmalı, əksinə enerji udulduqda kütlə artmalıdır. Deməli, maddə kütləsinin saxlanması qanunu təqribi olmalıdır. Bunu hidrogen və oksigendən suyun əmələ gəlməsi reaksiyasının misalında nəzərdən keçirək:



Bu reaksiyada 241,8 kC/mol yaxud $241,8 \cdot 10^3$ Coul/mol enerji ayrılır. Eynşteyn tənliyinə əsasən bu qədər enerjinin nə qədər kütləyə uyğun gəldiyini tapaq:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{241,8 \cdot 10^3}{(3 \cdot 10^8)^2} = 2,68 \cdot 10^{-12} \text{ kq.}$$

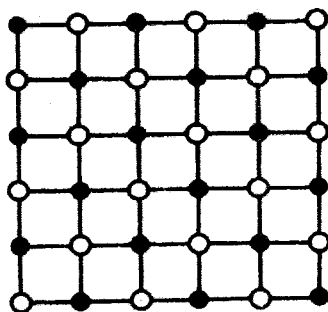
Bu onu göstərir ki, alınan suyun kütləsi mütləq mənada 18 q deyil, $18 - 2,68 \cdot 10^{-12}$ kq-a bərabərdir. Bu qədər kütlə azalmasını eksperimental (təcrübi) olaraq ölçmək mümkün deyil. Bu az kütlədir. Ona görə də kimyəvi reaksiyalarda nəzərə alınmır. Nüvə reaksiyalarında külli miqdarda enerji ayrıldığına görə kütlədəki fərq nəzərə çarpır. Məsələn, atom bombasında $1000 \text{ q } ^{235}\text{U}$ izotopu parçalandıqda $8,23 \cdot 10^{13}$ Coul enerji ayrılır. Bu qədər enerji $\Delta m = E/c^2$ tənliyinə əsasən $\Delta m = 0,915 \text{ q}$ kütlə fərqi edir. Deməli, uranın kütləsinin təqribən 0,1 %-i enerjiyə çevrilmişdir. Bunlardan belə nəticə çıxarmaq olar ki, maddə kütləsinin saxlanması qanunu təqribi olaraq doğru olduğu halda kütlə və enerjinin saxlanması qanunu mütləq mənada doğrudur. Bu materiyanın saxlanması qanunu ilə ziddiyyət təşkil etmir. Materiyanın ümumi miqdarı sabit qalır, o yalnız bir formadan digərinə çevrilir. Bunları nəzərə almaqla maddə kütləsinin saxlanması qanununa aşağıdakı tərif vermək olar: *izolə olunmuş sistemdə reaksiyadan əvvəlki kütlə və enerjilərin cəmi, reaksiyadan sonrakı kütlə və enerjiləri cəminə bərabərdir.*

§ 12. Maddə tərkibinin sabitliyi

XIX əsrin başlanğıcında fransız kimyaçısı L.Prustla K.Bertolle arasında gedən uzun (1801-ci ildən 1809-cu ilə qədər) elmi mübahisə həmin dövrdə Prustun təklifinin qəbul edilməsi ilə nəticələnmişdir. Prust belə hesab edirdi ki, alınma üsulundan və tapıldığı yerdən asılı olmayaraq hər bir birləşmə sabit tərkibə malikdir. Maddənin tərkibi haqqındakı məlumatlara əsasən formulu çıxarılmışdır. Həmin dövrdə bütün maddələrin sabit tərkibə malik olması fikri qəbul edilmişdir.

K.Bertolle isə bəzi maddələrin dəyişkən tərkibə malik olması fikrini irəli sürmüşdür. Elmin sonrakı inkişafı göstərmişdir ki, sabit tərkibli maddələrlə yanaşı dəyişkən tərkibli maddələr də var.

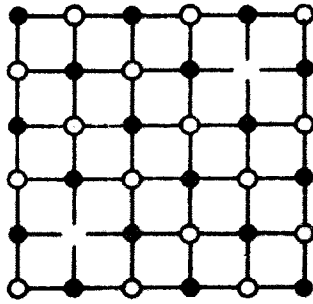
XX əsrin əvvəllərində rus alimi N.S.Kurnakov sabit tərkibli maddələrin atom təliminin banisi C.Daltonun şərəfinə *daltonoidlər*, dəyişkən tərkibli maddələri isə K.Bertollenin şərəfinə *bertollidlər* adlandırmağı təklif etmişdir. Sabit tərkibli maddələr molekulyar maddələrdir. Lakin, molekulyar tərkibli maddələr arasında da dəyişkən tərkibli maddələr var. Bunlara misal olaraq polimerləri göstərmək olar. Onların molekulları o, qədər böyükdür ki, polimerdə bir, iki və hətta yüz zəncirdə atomların sayı bir-birindən fərqli olsa da, bu fərqi eksperimental olaraq təyin etmək olmur və bu maddənin xassələrinə demək olar ki, təsir etmir. Əgər kristallik maddə ion və atom quruluşludursa onun tərkibi az və ya çox dərəcədə dəyişkən olur. Bunun səbəbi onların kristallarında defektlərin olmasıdır. İkivalentli AB kristalının quruluşunu nəzərdən keçirək. İdeal halda kristal qəfəsin bütün düyünləri atomlar (ionlar) tərəfindən tutulmuşdur (şəkil I-1):



● - A ○ - B

Şəkil I-1. AB tərkibli birləşmənin kristal qəfəsi (ideal qəfəs)

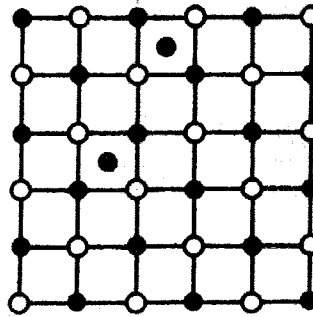
Real kristalda isə kristal qəfəsdə A atomu (ionu) yaxud B atomuna (ionuna) uyğun gələn düyünlərdən bəziləri boş qalır (şəkil I-2):



● - A ○ - B

Şəkil I-2. AB tərkibli birləşmənin kristal qəfəsində defekt (B atomlarının azlıq təşkil etdiyi qəfəs).

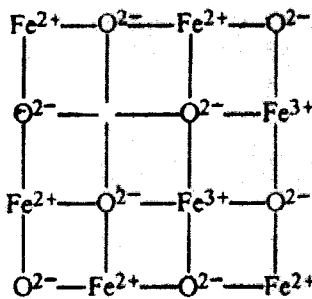
Bunlardan başqa kristal qəfəsdə artıq atomlar (ionlar) ola bilər (şəkil I-3):



● - A ○ - B

Şəkil I-3. AB tərkibli birləşmənin kristal qəfəsində defekt (A atomlarının artığı olan qəfəs).

İdeal halda dəmir 2-oksidin formulu FeO-dur. Lakin əslində onun tərkibi $Fe_{0,89}O$ -dan $Fe_{0,95}O$ -ya qədər dəyişir. Dəqiq FeO tərkibli maddə isə davamsızdır və o xüsusi şəraitdə alınabilir. $Fe_{0,89}O$ yaxud $Fe_{0,95}O$ formullarına əsasən dəmir 2-oksid elektroneytral olmamalıdır. Ona görə ki, oksid ionunun (O^{2-}) yükü -2 -dir, dəmir ionunun yükü $+2$ olsa $0,89 \times 2 = +1,78$ edir. Deməli, mənfi yükdən $-0,22$ artıq qalır. Lakin istər $Fe_{0,89}O$ istərsə də $Fe_{0,95}O$ elektroneytral maddədir. Bunun kristal qəfəsində hər üç Fe^{2+} ionu əvəzinə iki Fe^{3+} ionu olur. Oksid ionları isə yerində olurlar. Nəticədə Fe^{2+} və Fe^{3+} ionlarının birlikdə sayı oksid ionlarının sayından az olur (şəkil I-4):



Şəkil I-4. FeO kristalında kation defekti.

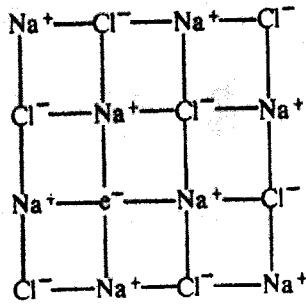
Dəmir 2-sulfidin tərkibi FeS deyil FeS_{1-x} -dir. Burada x -çatışmayan dəmir atomlarının sayıdır. Burada da birləşmənin elektroneytrallığını təmin etmək üçün FeS_{1-x} -in kristalında hər Fe^{2+} -in boş yerinə Fe^{3+} ionu olmalıdır.

Anion defekti olan, yəni anionu çatışmayan kristalda çatışmayan anionun yerini elektron tutur. Bununla da kationun artıq yükü neytrallaşdırılır. Aşağıdakı maraqlı təcrübəyə diqqət yetirək. NaCl kristalını natriumun buxarlarında qızdırdıqda sarı rəng alır. Natrium atomları NaCl kristalında həll olduqda ionlaşır:



Əmələ gələn Na^+ ionu kristalda kationlara məxsus yeri tutur. Elektron isə anionlara

məxsus yerlərdən birini tutur. Elektronların oyanması hesabına bu sistem spektrin görünən hissəsini udur, kristal sarı rəngə boyanır (şəkil I-5).



Şəkil I-5. Natriumla lehimlənmiş NaCl kristalında anion defekti.

Dəyişkən tərkibli maddələrə çox vaxt qeyri-stexiometrik maddələr deyirlər. Stexiometriya yunan sözüdür, mənası «tərkib hissəsi» və «ölçürəm» deməkdir. Qeyri-stexiometrik maddələr qeyri-üzvi birləşmələrin təxminən 95 %-ni təşkil edir.

Titan 2-oksidi tərkibi $Ti_{0,7}O$ -dan $TiO_{1,3}$ -ə qədər dəyişir. PbS-in tərkibi isə $Pb_{0,9995}S$ -dən $PbS_{0,9995}$ -ə qədər dəyişir. Stexiometrik tərkibdən kənarçıxmalar çox vaxt böyük olmur. Ona görə də onları kimyəvi analizdə aşkara çıxarmaq olmur. Bu səbəbdən maddə tərkibinin sabitliyi bütün maddələr üçün uzun müddət doğru hesab edilmişdir. Lakin maddələrin elektrik keçiriciliyinin, rənginin, maqnit və s. xassələrinin çox dəqiq üsullarla öyrənilməsi, onların tərkibinin dəyişkən olmasını göstərir. Dəyişkən tərkibli maddələrin çox vaxt rəngləri tünd olur, metal və yarımkəçirici xassəsi göstərir.

Sabit tərkibli maddələrə nisbətən dəyişkən tərkibli maddələrin reaksiya qabiliyyəti və katalitik aktivliyi yüksək olur. Mütləq mənada saf maddə almaq mümkün deyil, onu kənar atom yaxud ionlardan təmizləmək üçün sonsuz miqdarda enerji tələb olunur. Bu isə təbii olaraq mümkün deyil. Sənaye miqyasında alınan ən saf maddələrdən olan silisiumun təmizlik dərəcəsi 99,999999–99,999999999 %-dir. Buna baxmayaraq onun 1 sm^3 -də 10 milyarddan 10 trilyona qədər kənar atomlar olur.

Maddə tərkibinin sabitliyi qanunu atom-molekul təliminin təsdiqi və hamı tərəfindən qəbul edilməsi baxımından faydalı olmuşdur. Hazırda həmin təlim sübut edilib və ibtidai siniflərdən başlayaraq ayrı-ayrı fənlərin tədrisi prosesində şagirdlərə çatdırılır.

Bu qanun izotop tərkibi dəyişməyən, az miqdarda atomlardan təşkil olunmuş molekullar üçün doğrudur və hazırda kimyanın əsas qanunlarından hesab edilmir. Ona görə də biz onu başlıqda maddə tərkibinin sabitliyi qanunu kimi deyil, sadəcə olaraq tərkibin sabitliyi adlandırmışıq.

Metanın tərkibi CH_4 -dən ibarətdir, onda hidrogenin kütlə payı 25 %-dir. Hidrogenin izotop tərkibini dəyişsək, yəni adi hidrogen əvəzinə onun ağır izotopu olan metan CD_4 alsaq, onda hidrogenin faizlə miqdarı:

$$Mr(CD_4) = 12 + 2 \cdot 4 = 20 \quad \omega = \frac{100 \cdot 8}{20} = 40 \% \text{ olur.}$$

Bunları nəzərə alaraq kimyaya dair tərtib edilən son dərsliklərdə tərkibin sabitliyi qanunu nəzərdən keçirilmir.

§ 13. Ekvivalent

XVIII əsrin sonunda təcrübələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, elementlər bir-birilə müəyyən kütlə nisbətində birləşirlər. Məsələn, 1,008 qram hidrogenlə 8 qram oksigen yaxud 16 qram kükürd yaxud 35,5 qram xlor birləşir. Elementlərin bu kütlə nisbətləri bir-birinə ekvivalentdir yəni bərabər qiymətlidir. Elementlərin ekvivalenti anlayışını ilk dəfə C. Dalton kimyaya daxil etmişdir. Elementin kütlə ilə 1 hissə hidrogenlə yaxud 8 hissə oksigenlə birləşən yaxud birləşmələrdən həmin miqdarda hidrogen yaxud oksigeni (bilavasitə yaxud dolayısı ilə) əvəz edən miqdarı onun ekvivalentidir.

Ekvivalentlər qanunu 1793-cü ildə alman kimyaçıları Rixter və Ventsen tərəfindən müəyyən edilmişdir. Həmin qanun belə ifadə olunur: *maddələr bir-birilə ekvivalentlərinə uyğun miqdarda qarşılıqlı təsirdə olurlar.*

Onun riyazi ifadəsi belədir:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{E_A}{E_B}$$

burada m_A və m_B reaksiyaya girən A və B maddələrinin kütləsi, E_A və E_B isə uyğun olaraq həmin maddələrin ekvivalentidir.

Elementin ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi atom kütləsini (Ar) valentliyinə (V) bölmək lazımdır:

$$E = \frac{Ar}{V}$$

Dəyişkən valentli elementlərin ekvivalentlərinin qiyməti müxtəlif olur. Məsələn, birvalentli misin ekvivalenti:

$$Ar(Cu) = 64; \quad V(Cu) = 1; \quad E = \frac{64}{1} = 64.$$

İkivalentli misin ekvivalenti:

$$Ar(Cu) = 64; \quad V(Cu) = 2; \quad E = \frac{64}{2} = 32\text{-yə bərabərdir.}$$

Oksidin ekvivalenti onu əmələ gətirən elementin həmin oksiddəki ekvivalenti ilə oksigenin ekvivalentinin (8) cəminə bərabərdir. Məsələn, 1. H_2O -un ekvivalenti hidrogenlə oksigenin ekvivalentlərinin cəminə bərabərdir:

$$\begin{aligned} Ar(H) &= 1; & Ar(O) &= 16 \\ V(H) &= 1; & V(O) &= 2 \\ E(H) &= 1; & E(O) &= \frac{16}{2} = 8 \\ E(H_2O) &= 1 + 8 = 9. \end{aligned}$$

2. Fe_2O_3 -ün ekvivalentini hesablayaq:

$$\begin{aligned} Ar(Fe) &= 56; & Ar(O) &= 16 \\ V(Fe) &= 3; & V(O) &= 2 \\ E(Fe^{III}) &= \frac{56}{3} = 18,66; & E(O) &= \frac{16}{2} = 8 \\ E(Fe_2O_3) &= 18,66 + 8 = 26,66. \end{aligned}$$

Hesablamalarda çox vaxt oksidin ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi molekulyar kütləsini, oksidi əmələ gətirən elementin valentliklərinin cəminə bölürlər. Deməli, $Mr(Fe_2O_3) = 160$, burada dəmirin valentliklərinin cəmi $2 \times 3 = 6$ olduğundan

$$E(Fe_2O_3) = \frac{160}{6} = 26,66 \text{ alırıq.}$$

Əsasın ekvivalenti onu əmələ gətirən metalın ekvivalenti ilə hidroksid qrupunun ekvivalentininin cəminə bərabərdir. $Ca(OH)_2$ -in ekvivalentini hesablayaq:

$$Ar(Ca) = 40; \quad V(Ca) = 2; \quad E(Ca) = \frac{40}{2} = 20$$

$$E(OH) = 17 \text{ və } E(Ca(OH)_2) = 20 + 17 = 37 \text{ tapırıq.}$$

Yaxud $Ca(OH)_2$ -in nisbi molekulyar kütləsini ondakı hidroksid qruplarının sayına bölməklə ekvivalentini tapırıq: $Mr(Ca(OH)_2) = 74$; $E(Ca(OH)_2) = \frac{74}{2} = 37$.

Turşuların ekvivalenti hidrogenin ekvivalenti ilə turşu qalığının ekvivalentininin cəminə bərabərdir. Məsələn, H_2SO_4 ekvivalenti:

$$E(\text{H}) = 1; \quad E(\text{SO}_4) = \frac{96}{2} = 48; \quad E(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 + 48 = 49.$$

Turşuların ekvivalentini tapmaq üçün nisbi molekul kütləsini onun tərkibindəki metal ilə əvəz oluna bilən hidrogen atomlarının sayına bölmək lazımdır:

$$\text{Mr}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98; \quad E(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{98}{2} = 49.$$

H_3PO_3 ikiasanlı H_3PO_2 isə birəsaslı turşular olduğundan ekvivalentlərini tapmaq üçün nisbi molekul kütləsini H_3PO_3 -də 2-yə bölmək lazımdır:

$$\text{Mr}(\text{H}_3\text{PO}_3) = 82; \quad E(\text{H}_3\text{PO}_3) = \frac{82}{2} = 41.$$

H_3PO_2 -nin ekvivalenti nisbi molekul kütləsinə bərabərdir.

Duzun ekvivalenti onu əmələ gətirən metalın ekvivalenti ilə turşu qalığının ekvivalentinin cəminə bərabərdir. Məsələn, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -nin ekvivalenti kalsiumla fosfat ionunun ekvivalentinin cəminə bərabərdir:

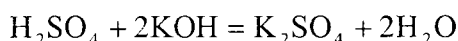
$$E(\text{Ca}) = \frac{40}{2} = 20; \quad E(\text{PO}_4) = \frac{95}{3} = 31,66 \text{ vƏ}$$

$$E(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 20 + 31,66 = 51,66.$$

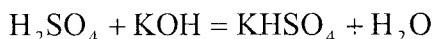
Duzun ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi molekul kütləsini tərkibindəki metal atomlarının valentlərinin cəminə bölmək lazımdır:

$$\text{Mr}(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310; \quad E(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{310}{6} = 51,66.$$

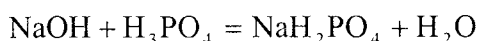
Eyni bir kimyəvi birləşmənin ekvivalenti onun daxil olduğu reaksiyadan asılı olaraq dəyişə bilər. Məsələn, H_2SO_4 -ün ekvivalenti KOH -la reaksiyada nisbi molekul kütləsinin $\frac{1}{2}$ -nə bərabərdir:



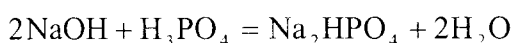
Turş duz əmələ gəldikdə isə nisbi molekul kütləsinə bərabərdir:



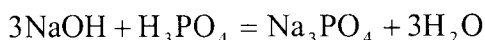
Tərkibindəki hidrogen atomlarının metalla əvəz olunmasından asılı olaraq H_3PO_4 -ün ekvivalenti dəyişir:



$$E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{\text{Mr}}{1} = \frac{98}{1} = 98$$

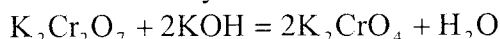


$$E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{\text{Mr}}{2} = \frac{98}{2} = 49$$

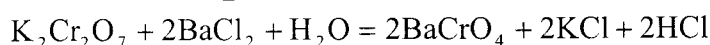


$$E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{\text{Mr}}{3} = \frac{98}{3} = 32,7.$$

Kalium-dixromatın ekvivalenti müxtəlif reaksiyada müxtəlif olur:



$$E(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{\text{Mr}}{2} = \frac{294}{2} = 147$$

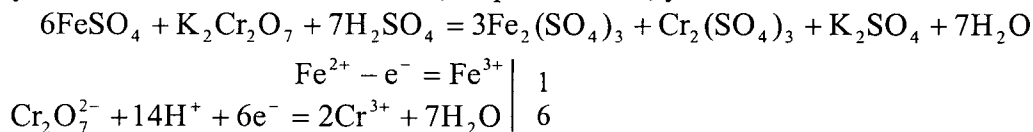


$$E(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{\text{Mr}}{4} = \frac{294}{4} = 73,5.$$

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici və reduksiyaedici ekvivalenti

qəbul edilən, yaxud verilən bir elektrona uyğun gələn miqdarıdır. Oksidləşdirici, yaxud reduksiyaediciyin həmin miqdarını, yəni ekvivalentini tapmaq üçün, onların nisbi molekullar kütləsini qəbul edilən, yaxud verilən elektronların sayına bölmək lazımdır: $E = \frac{Mr}{n}$ burada

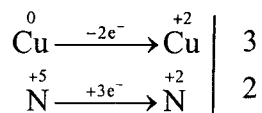
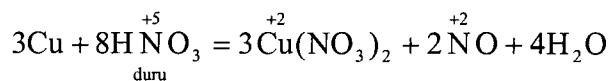
E-oksidləşdirici yaxud reduksiyaediciyin ekvivalentidir, Mr-oksidləşdirici, yaxud reduksiyaediciyin nisbi molekullar kütləsi, n-qəbul edilən, yaxud verilən elektronların sayıdır.



Bu reaksiyada oksidləşdiricinin $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ekvivalenti $E(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{Mr}{6} = \frac{294}{6} = 49$.

Reduksiyaediciyin ekvivalenti $E(\text{FeSO}_4) = \frac{Mr}{1} = \frac{152}{1} = 152$. Bir sıra oksidləşmə-reduksiya

reaksiyalarında qeyri-metalların oksidləri və bəzi hallarda hidrogenli birləşmələri alınır. Onların ekvivalenti oksidi, yaxud halogenli birləşməni əmələ gətirən elementin reduksiya prosesində qəbul etdiyi elektronların sayından asılı olur. Məsələn, misin duru nitrat turşusu ilə reaksiyasından alınan azot 2-oksiddin ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi molekullar kütləsini üçə bölmək lazımdır. Ona görə ki, nitrat turşusunda azotun oksidləşmə dərəcəsi +5, azot 2-oksiddə +2-yə bərabərdir. Reduksiya prosesində azot 3 elektron qəbul edir:



$$Mr(\text{NO}) = 30; \quad E(\text{NO}) = \frac{30}{3} = 10.$$

Yuxarıdakı reaksiya tənliyindən istifadə edərək NO-nun ekvivalentinə əsasən misin ekvivalentini təyin edək:

$$\begin{array}{l} 2 \cdot 30 (\text{NO}) \text{ ----- } 3 \cdot 64 (\text{Cu}) \text{ ekvivalentdir} \\ 10 (\text{NO}) \text{ ----- } E (\text{Cu}) \text{ ekvivalentdir} \end{array}$$

$$E(\text{Cu}) = \frac{10 \cdot 3 \cdot 64}{2 \cdot 30} = 32.$$

Məsələlər

Məsələ 1. Mis kuporusu $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ və soda kristalhidratı $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ qarışığında 38 % birləşmiş su var. Qarışıqda maddələrin faizlə miqdarını hesablayın.

Məsələ 2. Müxtəlif tərkibli maddələrdə eyni elementin faizlə miqdarı eyni ola bilərmi? Cavabınızı hesablamalarla əsaslandırın.

Məsələ 3. Mis 2-oksidi, civə 2-oksidi, kalium-xlorid və ağac kömüründən ibarət toz halında qarışıq tərkib hissələrinə necə ayırmaq olar?

Məsələ 4. Dəmir üç oksid əmələ gətirir. Onlarda oksigenin faizlə miqdarı uyğun olaraq 77,8 %, 70,0 % və 72,4 %-dir. Həmin oksidlərin formulunu təyin edin.

Məsələ 5. Metalın xloridində 74,7 % xlor var. Xloridin formulunu təyin edin.

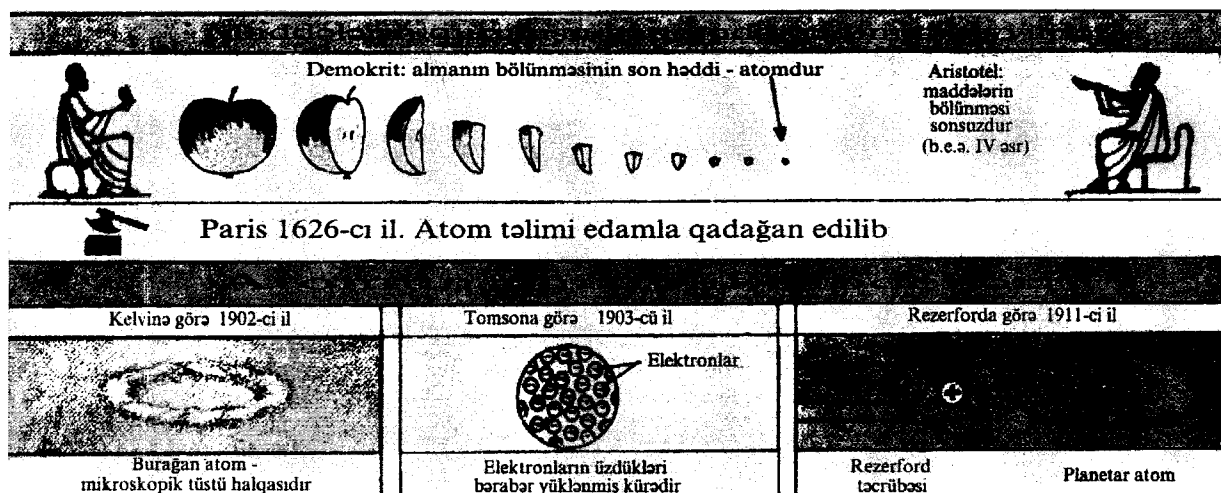
Məsələ 6. XIX əsrin ortalarında uranın nisbi atom kütləsini 240 (Mendeleev), 180 (Armstrong), 120 (Bertselius) hesab edirdilər. Bu nəticələr uran qətranının (uran oksidlərinin birinin) analizi nəticəsində alınmışdır. Həmin oksiddə 84,8 % uran və 15,2 % oksigen var. Mendeleev, Armstrong və Bertseliusa görə həmin oksidin formulu necə olmalıdır?

- Məsələ 7.** Naməlum zəyin ($AB(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ tərkibli kristalhidrat) tərkibində 51,76 % oksigen və 4,53 % hidrogen var. Zəyin formulunu təyin edin.
- Məsələ 8.** a) H_2 və Cl_2 ; b) H_2 və O_2 ilə dolu olan qablara elektrik qığılcımı buraxdıqda təzyiq necə dəyişər?
- Məsələ 9.** Ümumi formulu $A_xB_yC_z$ olan və a) $x=y$; b) $y=3x$ maddələrinə misallar göstərin.
- Məsələ 10.** $18 \cdot 10^{23}$ hidrogen molekulu (n. ş.-də) nə qədər həcm tutur?
- Məsələ 11.** 4 q hidrogenlə 160 q bromun reaksiyasından neçə qram hidrogen-bromid alınır? Hidrogen-bromidin çıxımı 50 %-dir.
- Məsələ 12.** Mis 1-oksidi və mis 2-oksidi qarışığının bir molunu 546 K temperaturda reduksiya etmək üçün hansı həcmdə dəm qazı (CO) lazımdır?
- Məsələ 13.** Bir mol metanda neçə atom var?
- Məsələ 14.** Qazın heliuma görə sıxlığı 11-ə bərabərdir. Onun neona görə sıxlığını hesablayın.
- Məsələ 15.** Sabit təzyiqdə temperaturu 30 °C-dən 90 °C-yə qədər artırıqda qazın molyar həcmi necə dəyişir?
- Məsələ 16.** A qazının B qazına görə nisbi sıxlığı x-a bərabərdir. B qazının A-ya görə nisbi sıxlığı necədir?
- Məsələ 17.** 4 q civə ilə götürülən metal nümunəsi (amalgama) duru nitrat turşusunda həll edilmişdir. Bu zaman qaz ayrılması müşahidə edilməmişdir. Alınan məhlula qaynar natrium-hidroksidlə təsir etdikdə 0,930,93 l (n.ş.-də) qaz ayrılmışdır. Nitrat turşusunda hansı metal həll edilmişdir?

II FƏSİL

ATOMLAR VƏ MOLEKULLAR

Maddələrin çoxu molekulardan təşkil olunmuşdur. Eyni maddənin molekuları eynidir. Bunlar haqqında Siz fizika kursundan ilkin məlumatlar almısınız. Molekullar çox kiçikdirlər. Onları nə bilavasitə, nə də optik mikroskopla görmək olmur. Lakin, onları daha kiçik hissəciklərə bölmək olur. Həmin hissəciklər atom adlanır. Molekullar atomlardan təşkil olunmuşlar.



Qədim filosoflar maddələrin ayrı-ayrı hissəciklərdən ibarət olması fikrini irəli sürmüşlər. Onlar yalnız müşahidələrə və zehni düşüncəyə əsaslanmışlar. Eksperimentə əhəmiyyət verməmişlər. Molekulların və atomların reallığı XIX əsrin əvvəllərində sübut edilmişdir. Molekullarda atomlar bir-birilə müəyyən qayda və ardıcılıqla birləşmişlər. Molekullarda atomların sayı çox geniş şəkildə dəyişir.

Atomun quruluşunun dərk edilməsində ilk çətinlik onun ölçüsünün kiçik olmasıdır. Atom o qədər kiçikdir ki, onu elektron mikroskopu vasitəsilə də görmək olmur. Hər hansı cismi görmək üçün onun üzərinə düşən işıq əks olunmalıdır. Atom və digər elementar hissəciklərin üzərinə düşən işıq əks olunmur. Ona görə ki, onların ölçüsü həddən artıq kiçikdir. Bunu su hövzəsinə atılan daş parçasının (kütləsi kifayət qədər böyükdür) dalğalar əmələ gətirməsi və kiçik saman çöpünün belə dalğalar əmələ gətirə bilməməsi ilə müqayisə etmək olar. Atomun ölçüsü haqqında müəyyən təsəvvür əldə etmək üçün aşağıdakı müqayisəni edək.

Dəmirin sıxlığı $\rho = 7,9 \text{ q/sm}^3$ -dir.

Molyar kütləsi isə $M=56 \text{ q/mol}$ -dur.

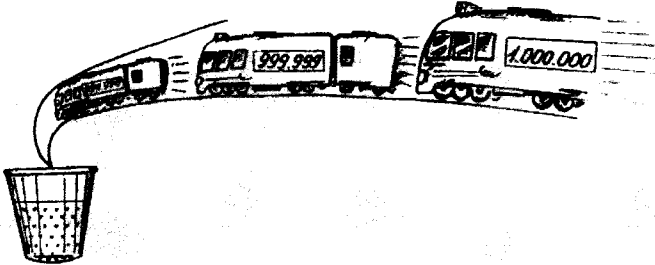
1 sm^3 -də $\frac{7,9}{56} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 8,5 \cdot 10^{22}$ atom var. Həmin atomların hər birinin diametrini

1 nm -ə qədər böyütsək onların bütövlükdə həcmi 44000 km^3 olardı. Bir dəmir atomu $\frac{1}{8,5 \cdot 10^{22}} \text{ sm}^3 = 0,0118 \text{ nm}^3$ həcm tutur. Bir nanometr metrin milyardda biridir

($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Biz atomu çox vaxt küre formasında təsəvvür edirik. Bərk cisimlərdə həmin atomlar bir-birinə toxunmuş vəziyyətdədir. Əslində biz onu nə görə bilirik, nə də formasını bilirik. Atomun həcmi onun elektron buludunun həcmi ilə müəyyən edilir. Elektron buludunun həcmi dəqiq müəyyən etmək olmur. Ona görə də atom həcmi anlayışı şərtidir. Atomun həcmi molekularda yaxud bəsit maddələrin kristallarında iki atom nüvələri arasındakı məsafə ilə müəyyən edilir. Həmin məsafənin yarısı atomun radiusu hesab edilir. Atomun diametri 10^{-10} metrə bərabərdir. Atom nüvəsinin diametri isə 10^{-14} metrdir. Deməli, nüvənin ölçüsü atomun ölçüsündən 10000 dəfə kiçikdir.

§ 1. Atomun nüvəsi

Atomun kütləsi praktik olaraq (99,95 %) onun nüvəsində toplanmışdır. Atomu kürə şəklində təsəvvür etsək, nüvənin diametri atomun diametrinin təqribən yüz mində birinə bərabərdir. Əgər dəmir atomunun nüvəsini xaşxaş toxumunun dənəsi böyüklükdə böyütsək, həmin atomun diametri 30 metrdən böyük olardı. Ona görə də atom nüvəsinin sıxlığı çox böyükdür, təqribən 150 milyon ton/sm³-ə bərabərdir. Bunu bir üskükdə milyon teplovozun toplanması kimi təsəvvür etmək olar.

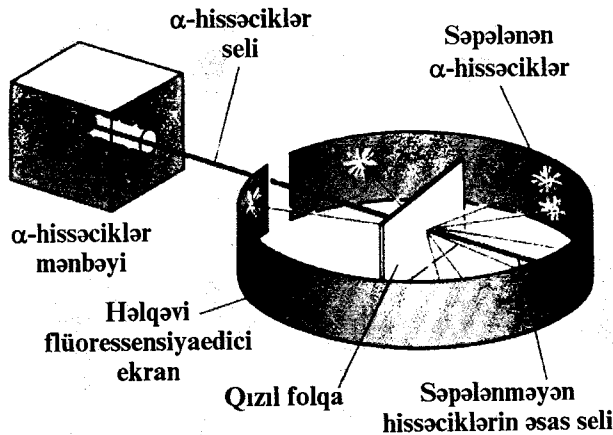


Şəkil II-1. Siz üskükü görməyibsiz?

§ 2. E.Rezerford təcrübələri

1911-ci ildə ingilis fiziki E.Rezerford eksperimental olaraq sübut etmişdir ki, atomun kütləsinin əsas hissəsi atomun özü ilə müqayisədə çox az yer tutan nüvədə toplanmışdır. Bu nəticəyə E.Rezerford aşağıdakı təcrübəyə əsasən gəlmişdir.

Kiçik deşiyi olan qurğuşun kameraya özündən α -hissəciklər (${}^4_2\text{He}$) buraxan radium yerləşdirilir. Radiumdan α -hissəciklər bütün istiqamətlərə eyni dərəcədə yayılır. Qurğuşundan istifadə etdikdə həmin hissəciklər yalnız kameranın deşiyindən çıxır. Ona görə ki, qurğuşun α -hissəciklərini udur. α -hissəciklərin yolunda qalınlığı 0,00005 sm olan qızıldan hazırlanmış nazik folqa qoyulur. Qızıl metalların ən plastikidir, digər metallardan belə nazik folqa hazırlamaq olmur. Üzəri sink-sulfidlə örtülən ekrandan istifadə etməklə α -hissəciklərin hərəkətini izləmək olur. E.Rezerford və onun əməkdaşları müşahidə etmişlər ki, α -hissəciklərin çoxu istiqamətini dəyişmədən qızıl lövhədən keçir və ekranda işıltıya səbəb olur. Çox nazik olmasına baxmayaraq qızıl lövhədə üst-üstə min atom layı var. α -hissəciklərin yükü +2-yə, kütləsi 4 atom kütlə vahidinə bərabərdir. Deməli, həmin hissəciklər öz yolunda digər müsbət yüklü hissəciklərlə qarşılaşmamışlar. Təqribən hər 100000 α -hissəcikdən biri öz istiqamətini dəyişir. İstiqamətini dəyişən α -hissəciklərin bəziləri hətta 180° bucaq altında geri qayıtmışlar və bunların hamısı yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi ekranda işıltıya səbəb olur.



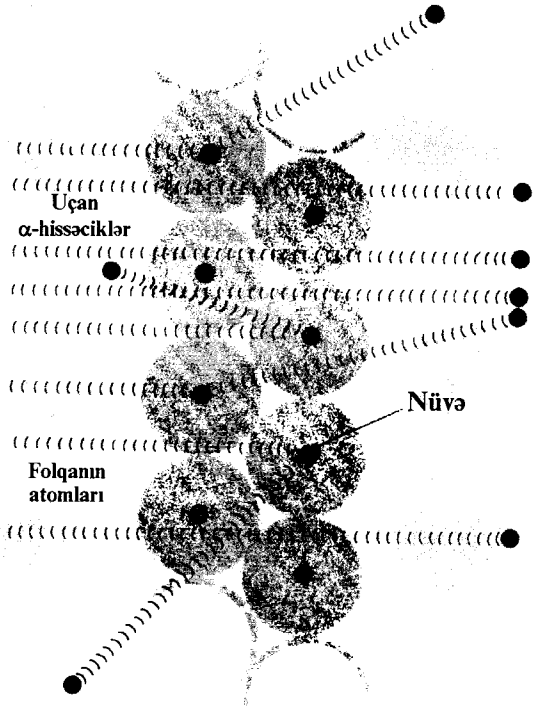
Şəkil II-2. Rezerfordun α -hissəciklərin səpələnmə təcrübəsi.

Əgər 100000 α -hissəcikdən biri 1000 atom təbəqəsindən keçdikdə istiqamətini dəyişirsə, bir atom təbəqəsindən 100000000 hissəcik keçdikdə biri istiqamətini dəyişəcək. Buna əsasən E.Rezerford belə nəticəyə gəlmişdir ki, nüvə atomun sahəsinin 0,00000001 hissəsini tutur.

Deməli, nüvənin diametri atomun diametrinin $\frac{1}{10000}$ -ni təşkil edir (0,00000001-in kvadrat

kökü $\frac{1}{10000}$ -ə bərabərdir). Nə üçün müsbət yüklü α -hissəciklər qızıl atomlarının nüvələri

tərəfindən geri qaytarılır? Bu sualın cavabı ondan ibarətdir ki, eyni adlı yüklər bir-birini dəf edir. Əslində α -hissəcikləri nüvəsinin yükü +79 olan qızıl atomunun nüvəsi ilə toqquşduqda yaxud ona yaxınlaşdıqda ona görə dəf edilir ki, qızıl atomunun yükü və həm də kütləsi α -hissəciyin yükündən və kütləsindən böyükdür (${}^4_2\alpha$, ${}^{197}_{79}\text{Au}$).



Şəkil II-3. α -hissəciklərin səpələnməsinə aid təcrübənin nəticələrini izah edən Rezerford modeli.

Qızıl folqa bir neçə min atom təbəqəsindən ibarət qalınlığa malikdir. α -hissəciklər əks istiqamətdə o halda qayıdırlar ki, onlar böyük kütləli müsbət yüklənmiş qızıl nüvəsi ilə bilavasitə toqquşsun və ya onun çox yaxınlığından keçsin. Kulon qanununa görə eyni adlı yüklər bir-birini dəf edir. +2 yükə malik olan α -hissəciklər yükü +79 olan qızıl atomu nüvəsinə yaxınlaşdıqda onlar arasında güclü dəfətmə müşahidə olunur. Az kütləli α -hissəciklər bu dəfətmənin təsirindən öz ilkin trayektoriyasını dəyişir.

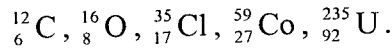
α -hissəciklərin az bir hissəsi ciddi kənarçıxmalara məruz qalır belə ki, qızıl nüvəsi az həcm tutur.

α -hissəciklərin bir hissəsinin geri qayıtması və istiqamətini dəyişməsi E.Rezerford və onun əməkdaşlarını təəccübləndirmişdir. E.Rezerford demişdir: «Bu 15 düyməlik (38,1 sm) top mərmisinin papiros kağızı tərəfindən geri qaytarılması kimi inandırıcı deyil». Həmin təcrübə ilə əlaqədar E.Rezerfordun laboratoriya jurnalında belə yazılmışdır: «Təcrübəni aparmaq üçün iki adam lazımdır, onlardan biri şüalanmanın mənbəyini idarə edir, digəri ekranın sentilyasiyasını sayır. Saymağa başlamazdan əvvəl müşahidəçi yarım saat gözünü qaranlığa alışdırmalıdır. Səhv etməmək üçün bir dəqiqə işıltıları (sentilyasiyanı) saydıqdan sonra gözə bir dəqiqə istirahət verilməlidir. Təcrübəni bir saatdan artıq davam etdirməməli. Əks halda səhvə yol verilə bilər». Təcrübənin çoxlu sayda onlarla və hətta yüzlərlə təkrar edilməsi və alınan nəticənin dəqiq analizi E.Rezerforda atomun nüvə modelini irəli sürməyə imkan vermişdir. Hər hansı hadisəni izah etmək üçün yalnız müşahidə kifayət etmir, əsas məqsəd onun səbəbini nəzəri cəhətdən izah etməkdir. Unutmayaq ki, həyat yalnız onu öyrənənləri öyrədir.

§ 3. Atom nüvəsinin tərkibi

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, atomun nüvəsi mürəkkəb quruluşa malikdir. Nüvənin əsasını proton və neytronlar təşkil edir. Onların kütlələri demək olar ki, eynidir. Protonların sayı elementin dövrü sistem cədvəlindəki sıra nömrəsinə bərabərdir. Proton və neytronların cəmi atomun kütlə ədədinə uyğun gəlir. Proton və neytronların ümumi adı nuklonlardır. Müxtəlif atomların nüvələrinin ümumi adı nuklidlərdir. Konkret nuklidi işarə etmək üçün elementin kimyəvi işarəsinin sol tərəf yuxarı hissəsində kütlə ədədi, aşağıda isə nüvənin yükü

(elementin sıra nömrəsi) göstərilir:



Nüvələr aşağıdakı üç parametrlə xarakterizə olunurlar:

A-kütlə ədədi, Z-nüvənin yükü (protonların sayına bərabərdir), N-nüvədə neytronların sayı. Bunlardan ikisi məlum olduqda üçüncünü tapmaq çətin deyil:

$$Z=A-N; \quad N=A-Z; \quad A=Z+N.$$

Cədvəl II-1. Atomu təşkil edən elementar hissəciklərin xassələri

Hissəcik	Yük		Kütlə	
	Kl	Şerti vahid	Qram	Atom kütlə vahidi
Elektron ${}^0_{-1}\text{e}$	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	-1	$9,1 \cdot 10^{-28}$	0,00055
Proton ${}^1_{+1}\text{p}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$	+1	$1,67 \cdot 10^{-24}$	1,007825
Neytron ${}^1_0\text{n}$	0	0	$1,67 \cdot 10^{-24}$	1,008665

Protonların sayı Z eyni olan, lakin kütlələri və neytronların sayı müxtəlif olan nuklidlər *izotoplar* adlanır. Protonların Z və neytronların N sayı müxtəlif olan, kütlə ədədi eyni olan nuklidlər *izobarlar* adlanır. Neytronların N sayı eyni olan, kütlə ədədi A və protonların sayı Z müxtəlif olan nuklidlər *izotonlar* adlanır.

Cədvəl II-2. Təbii nuklidlərdən izotoplar, izobarlar və izotonlara misallar

İzotoplar			İzobarlar			İzotonlar					
Nuklidlər	Z	A	N	Nuklidlər	Z	A	N	Nuklidlər	Z	A	N
${}^{20}_{10}\text{Ne}$	10	20	10	${}^{40}_{18}\text{Ar}$	18	40	22	${}^{14}_6\text{C}$	6	14	8
${}^{21}_{10}\text{Ne}$	10	21	11	${}^{40}_{19}\text{K}$	19	40	21	${}^{15}_7\text{N}$	7	15	8
${}^{22}_{10}\text{Ne}$	10	22	12	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	20	40	20	${}^{16}_8\text{O}$	8	16	8
${}^{234}_{92}\text{U}$	92	234	142	${}^{234}_{90}\text{Th}$	90	234	144	${}^{228}_{88}\text{Ra}$	88	228	140
${}^{235}_{92}\text{U}$	92	235	143	${}^{234}_{91}\text{Pa}$	91	234	143	${}^{230}_{90}\text{Th}$	90	230	140
${}^{238}_{92}\text{U}$	92	238	146	${}^{234}_{92}\text{U}$	92	234	142	${}^{231}_{91}\text{Pa}$	91	231	140

İzotopların mövcud olması mol anlayışının mahiyyətini aydınlaşdırmağa imkan verir.

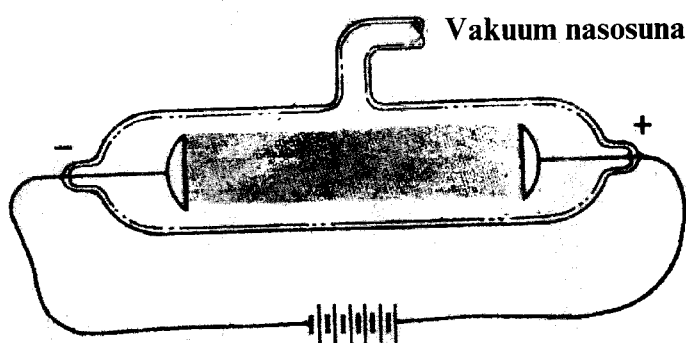
Mol – *maddənin sabit izotop tərkibini müəyyən edən sayda quruluş vahidlərindən təşkil olunmuş maddə miqdarıdır*. Nəhayət, biz belə bir sula cavab verməliyik. Nüvədə proton və neytronları bir yerdə saxlayan qüvvələrin təbiəti necədir? Əgər həmin hissəciklərin arasında elektrostatik qüvvələr təsir göstərsəydi protonların bir-birini dəf etməsi nəticəsində atomun nüvəsi parçalanardı. Proton və neytronların arasındakı cazibə qüvvələri o qədər böyükdür ki, elektrostatik dəfətmə qüvvələrinə üstün gəlirlər. Həmin qüvvələr 1,4 fm-dən (femtometr= $1 \cdot 10^{-15}$ metr) kiçik olan məsafədə təsir göstərirlər. Deməli, proton və neytronların və onların özlərinin aralarındakı məsafə 1,4 fm-dən çox olduqda cəzətmə qüvvələri sıfır bərabər olur, elektrostatik dəfətmə qüvvələri təsir göstərir, nüvə parçalanır.

Atom nüvəsinin quruluşuna aid bir neçə nəzəriyyə var. Həmin nəzəriyyələrə əsasən demək olar ki, neytron və protonlar üçün iki energetik səviyyə mövcuddur. Bunların biri digərindən asılı olmadan tamamlanır. Nuklon təbəqəsi tamamilə tamamlanmış nüvə daha davamlı olur. Bu atomun elektron quruluşunun tamamlanmasına oxşayır. Nüvədə N və Z-in cəminin qiyməti 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 və 152 olan element atomları davamlıdırlar. Həmin ədədlər *magik ədədlər* adlanırlar. Magik sözünün bir neçə mənası var. Burada qüvvətli və güclü mənasını verir. Proton və neytronların sayı magik ədədlər olan nüvələr təbiətdə daha geniş yayılmışdır. Eyni zamanda proton Z və neytronları N magik olan nüvələr ikiqat magik adlanırlar. Onlara misal olaraq ${}^4_2\text{He}$, ${}^8_6\text{O}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ göstərmək olar. Proton və neytronların sayı cüt ədəd olan nüvələr daha davamlıdırlar. Bunlardan biri tək ədəd olan nüvə davamsız olur. Hər ikisi tək ədəd olan nüvə isə daha davamsız olur. Təbiətdə rast gəlin 273 davamlı izotopun proton və neytronlarının sayının cüt və tək ədədlər olmasının onların yayılmasına təsiri aşağıdakı kimidir:

Z	N	İzotopların sayı
Cüt	Cüt	166
Cüt	Tək	47
Tək	Cüt	55
Tək	Tək	5

§ 4. Elektron nədir?

Bütün maddələr elektroneytraldır. Yəni, ondakı müsbət yükün sayı mənfi yükün sayına bərabərdir. Atom maddələrin tərkibinə daxildir. Deməli, atom da bütövlükdə elektroneytral olmalıdır. Elektronların ən az mənfi yüklü hissəcik olması XIX əsrdə müəyyən edilmişdir. Elektronun atomun tərkib hissələrindən biri olması və ondakı müsbət yükü (nüvəni) neytrallaşdırması bir neçə təcrübələrlə sübut edilmişdir. Həmin təcrübələrdən birini nəzərdən keçirək.

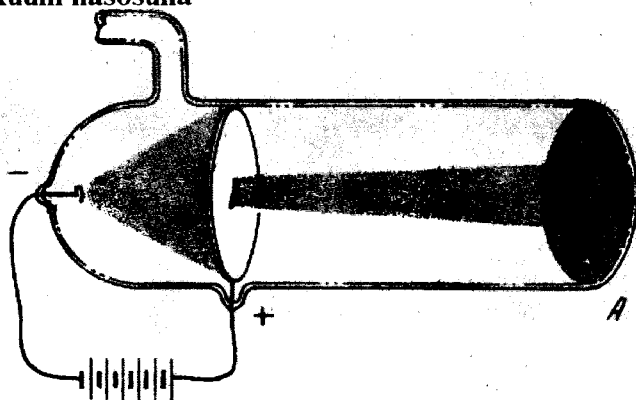


Yüksək gərginlik mənbəyi

Şəkil II-4. Qazlarda elektrik boşalması.

Şəkil II-4-də göstərilən şüşə boru elə düzəldilmişdir ki, onda təzyiqi ölçmək mümkündür və neonla doldurulmuşdur. Həmin boruda təzyiq $1,013 \text{ kPa}$ -a bərabərdir, onda elektrodlar yerləşdirilmişdir. 10000 V gərginlik cərəyan keçdikdə xarakterik «neon işığı» yaranır. Təzyiqi daha da azaltdıqda ($1,01325 \cdot 10^{-6} \text{ kPa}$) işıqlanma yox olur. Lakin, borunun divarlarında flüoressensiya işıqlanması davam edir. Şəkil II-5-də göstərilən cihaz flüoressent işıqlanmaya katoddan (mənfi yüklü elektrod) çıxan hissəciklərin səbəb olduğunu müəyyən etməyə imkan verir.

Vakuum nasosuna



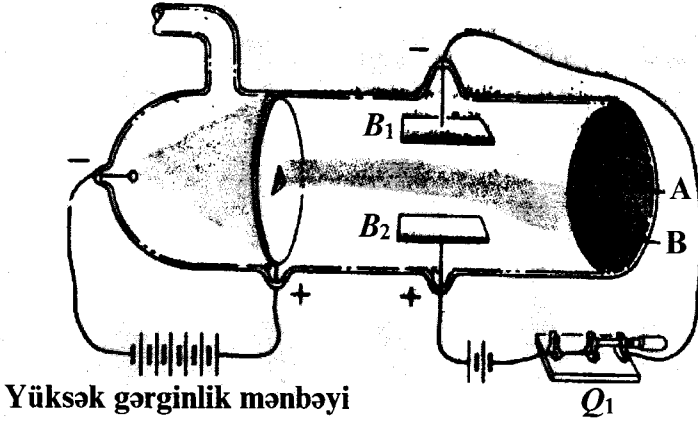
Yüksək gərginlik mənbəyi

Şəkil II-5. Çox aşağı təzyiqdə elektrik boşalma borusu. Elektron mənfi yüklü elektrodan müsbət yüklü elektroda tərəf hərəkət edir; onlardan bir hissəsi üçbucaq deşikdən keçir və fluoressensiyaedici ekrana düşür.

Cərəyan buraxılması davam etdikdə şüşə borunun divarında A vəziyyətində işıq salan ləkə alınır. Həmin ləkənin forması müsbət elektrodun deşiyin forması ilə eyni olur. Bu onu göstərir ki, katoddan ayrılan hissəciklərin axını anoda tərəf hərəkət edir, onların bir

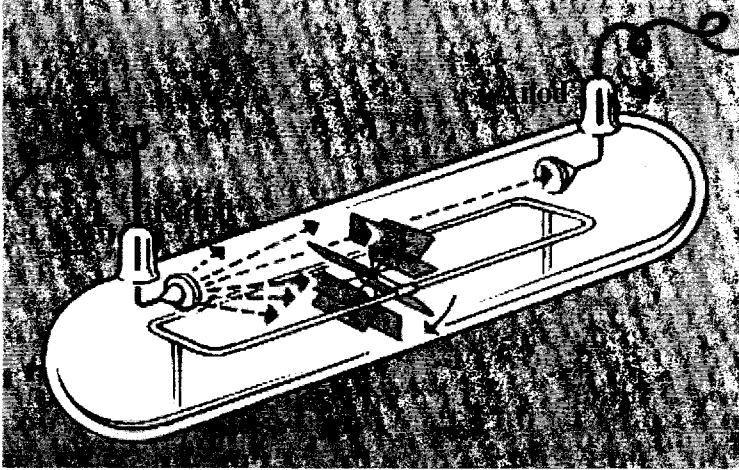
hissəsi üçbucaq deşikdən keçərək flüoressensiya ekranına düşür və işıqlı ləkə yaradır. Katoddan ayrılan hissəciklərin yükünü müəyyən etmək üçün həmin cihaza yardımçı B_1 və B_2 elektrodları yerləşdirilir. Bu dəfə işıqlı ləkə A vəziyyətində deyil, B vəziyyətində alınır. B_2 lövhəsi müsbət yüklüdür. İşıqlı ləkənin vəziyyətinə əsasən demək olar ki, katoddan ayrılan hissəciklər mənfi yüklüdür. Ona görə ki, həmin hissəciklər müsbət yüklü lövhəyə (B_2) tərəf meyl etmişdir.

Vakuüm nasosuna



Şəkil II-6. Elektron selinin kənarçıxması ilə elektrik boşalması borusu.

Katoddan ayrılan həmin hissəciklər elektronlardır. Elektronlar kinetik enerjiyə malikdirlər və mexaniki iş görə bilirlər.



Şəkil II-7. Katod şüalanmasının təsiri ilə fırlanğıcın pərlərinin hərəkəti.

Şəkil II-7-dən aydın olur ki, elektron axını fırlanğıcın pərlərinə təsir edərək, onun fırlanmasına səbəb olur. Əslində fırlanğıcı elektronlar fırlatmır. Elektronun kütləsi o qədər kiçikdir ki, onun yaratdığı impuls pərlərin hərəkət etməsinə kifayət etmir. Elektronlar fırlanğıcın elektron axınına tərəf olan hissəsini qızdırır, bunlar da öz növbəsində yaxınlıqdakı qaz molekullarını qızdırırlar. Qızdırılmış qaz molekullarının pərlərə təsirindən fırlanğic hərəkət edir. Deməli, pərləri fırladan qızdırılmış qaz molekullarının kinetik enerjisidir. Bu təcrübələr elektronları bilavasitə müşahidə etməyə imkan vermir. Biz bilavasitə gördüyümüz elektronlar deyil, flüoressensiya ekranındakı işıqdır. Işığa elektron kimi baxmaq olmaz, işığa səbəb elektronların bombardımanı nəticəsində ekranı təşkil edən molekulların deformasiyasıdır. Deməli, biz elektronun özünü deyil, onun təsirinin nəticəsini müşahidə edə bilirik.

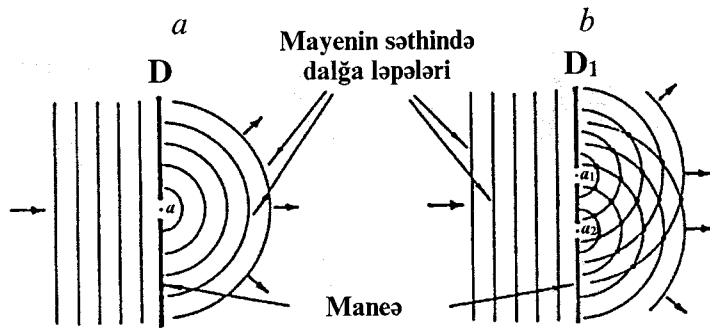
Bu təzə şumlanmış və hamarlanmış sahədə özünü görmədiyimiz adamın ayaq izlərini görməyə və bu izlərə əsasən həmin adamın böyüklüyü, ağırlığı, bədən quruluşu və s. haqqında fikir yürütməyə oxşayır.

Bəs elektron nədir? Bu suala cavab vermək olmaz. Ona görə ki, heç kim elektronu görə bilməz. Elektron o qədər kiçikdir ki, üzünə düşən işığı səpələyəcək dərəcədə deyil. Hazırda mövcud olan üsullara nisbətən daha dəqiq tədqiqat üsulları kəşf edilməyincə elektronu bilavasitə müşahidə etmək mümkün olmayacaq.

§ 5. Elektronun ikili təbiəti

Mikroaləmin hissəcikləri (elektronlar, atomlar, molekullar və s.) makroaləmin (fiziki cisimlərin) mövcudluğu və hərəkət qanunlarından əsaslı surətdə fərqlənilir. Elektronların hərəkətinin bəzi məsələlərini bizim beynimiz təsəvvür edəcək səviyyədə deyil. Onların çoxu bizə gözlənilməz və ziddiyyətli görünür. Elektronların atomda vəziyyətini öyrənərkən modellərdən istifadə edəcəyik. Hər bir model öyrənilən obyekt yaxud hadisə haqqında əyani təsəvvür əldə etmək üçün yaradılır. Əslində model özü yoxdur. Model onu yaradan alimlərin təsəvvürünün məhsuludur. Elektronun atomdakı vəziyyətini əks etdirən model atomun quruluşunu kifayət qədər izah etməyə imkan verir. Ona görə də həmin modelin əsaslarını öyrənməzdən əvvəl elektronun ikili təbiəti ilə tanış olmalıyıq. Elektron hissəcik və dalğa təbiətlidir. Bunu necə başa düşmək olar? Hissəcik kimi elektronun kütləsi ($m_e = 9,1096 \cdot 10^{-31}$ kq yaxud 0,00055 a.k.v.) və təzyiqi var.

Elektronun dalğa xassəsi ekranın yarığından keçdikdə müşahidə olunur. Elektron axını özünü elə aparır ki, sanki həmin ekrandan dalğalar keçir. Bu zaman difraksiyaya və interferensiyaya məruz qalırlar. Həmin hadisələrin mahiyyəti şəkil II-8-də əks olunmuşdur.



Üzərində a yarığı olan qeyri-şəffaf D ekranına işıq dalğası düşürsə, həmin yarıq Hüyens prinsipinə əsasən yeni dalğa mənbəyinə çevrilərək, ətrafa yarımşferik dalğalar buraxır. Bu dalğalar üzərində a_1 və a_2 yarıqları olan D1 ekranına düşür. Yenə də a_1 və a_2 yarıqları Hüyens prinsipinə əsasən dalğa mənbəyinə çevrilir və ətrafa yarımşferik dalğalar buraxır. Bu dalğalar koherent dalğalardır, çünki a_1 və a_2 yarımşferik dalğa mənbələrinin rəqs tezliyi a mənbəyinin rəqs tezliyinə bərabərdir. Ona görə də dalğalar görüşərək interferensiya verirlər.

Şəkil II-8. Difraksiya (a) və interferensiya (b).

Hissəcik, o cümlədən elektron kütləsi kiçik olduqca enerjisi kiçik olur, dalğa xassəsi isə böyük olur. Elektronun və digər elementar hissəciklərin ikili təbiəti (hissəcik və dalğa) materiyanın ümumi (maddə və sahə) xassələrindən biridir. Materiyanın bütün növlərinin, o cümlədən elektronun dalğa xassəli olması fikrini ilk dəfə 1923-cü ildə fransız fiziki Lui de Broyl söyləmişdir. O, belə nəticəyə gəlmişdir ki, əgər Eynşteyn tənliyinə $E = mc^2$ uyğun olaraq kütlə enerjiyə çevrilirsə, həmin enerji tezliklə xarakterizə olunmalıdır. Plank tənliyinə $E = hv$ əsasən enerji Plank sabiti ilə tezliyin hasilinə bərabərdir. Buradan $mc^2 = hv$ olur.

v -nün əvəzinə ona ekvivalent olan c/λ yazaraq $mc^2 = \frac{hc}{\lambda}$. Bunu $mc \cdot c = \frac{hc}{\lambda}$ kimi yazmaq olur və buradan $mc = \frac{h}{\lambda}$ alırıq. Daha ümumi halda Lui de Broyl işığın sürətini (c) material

hissəciyin sürəti (v) ilə əvəz etməyi təklif etmişdir: $mv = \frac{h}{\lambda}$. Bu tənlik göstərir ki, hissəciyin impulsu mv onun dalğa uzunluğu ilə tərs mütənəsbdir. Hərəkət edən hər hansı hissəcik dalğa xassəlidir və həmin dalğa, uzunluğu və tezliyi ilə xarakterizə olunur. Gündəlik həyatda müşahidə etdiyimiz kifayət qədər böyük obyektlərin hərəkətinin dalğa uzunluğu son dərəcə kiçikdir. Məsələn, kütləsi 25,0 q olan $9,00 \cdot 10^4$ sm/san sürətlə hərəkət edən tüfəng gülləsinin dalğa uzunluğunu hesablayaq:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \cdot 10^{-27} \text{ erq} \cdot \text{san}}{25,0 \text{ q} \cdot 9,00 \cdot 10^4 \text{ sm/san}} = 2,94 \cdot 10^{-33} \text{ sm}.$$

Bu ədəd ($2,94 \cdot 10^{-33}$ sm) ölçmək üçün kiçikdir. Mikroaləmi təşkil edən hissəciklərin sürəti çox böyük olduğundan dalğa uzunluğu kifayət qədər böyük olur və onu ölçmək olur. Elektron $3,00 \cdot 10^8$ sm/san sürətlə hərəkət edir. Onun dalğa uzunluğunu hesablayaq:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,62 \cdot 10^{-27} \text{ erq} \cdot \text{san}}{9,1 \cdot 10^{-28} \text{ q} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ sm/san}} = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ sm}.$$

Makroaləmin hərəkətinin dalğa uzunluğuna daha bir misal. Kütləsi 50 q olan top fırlana-fırlana 25 sm/san sürətlə hərəkət edərkən onun hərəkətinin dalğa uzunluğu $\lambda = 10^{-32}$ sm-ə bərabərdir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, bu ədədlər o qədər kiçikdir ki, onları eksperimental olaraq aşkar etmək olmaz.

§ 6. Elektron atomda

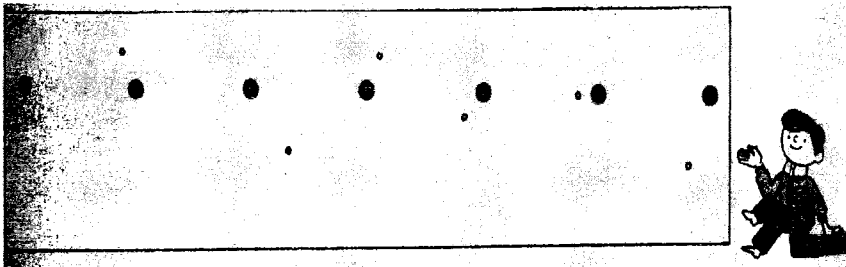
Atomların kimyəvi xassəsi bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olduqda meydana çıxır. Həmin qarşılıqlı təsir elektronlar vasitəsilə həyata keçirilir. Ona görə də atomun elektron quruluşuna kimyada daha çox diqqət yetirilir. Elektron atomda hərəkətsiz vəziyyətdə deyil. Əgər belə olsa idi elektron ani müddətdə nüvəyə düşərdi. Ona görə ki, nüvə və elektron əks yüklüdürlər. Yer günəş tərəfindən cəzb olunur, bunun səbəbi isə ümumdünya cazibə qanunudur. Planetlərin hərəkəti sayəsində günəş sistemi sabitdir. Lakin, planetar modeli atoma tətbiq etmək olmur. Elektron nüvənin ətrafında fırlanmır. Elektronun atomda hərəkəti ilə planetlərin hərəkəti arasında fərq çox böyükdür. Bunların kütlələri bir-birindən müqayisə edilməyəcək dərəcədə fərqlidirlər. Elektronun atomda hərəkəti kvant mexanikasının qanunlarına əsaslanmışdır. Bu elmin banilərindən N.Bor, M.Plank, E.Şredinger, V.Pauli və başqalarını göstərmək olar. Siz kvant mexanikası elmi ilə ali məktəb fizika kursunda daha ətraflı tanış olacaqsınız. Biz Sizinlə burada yalnız bu elmə əsaslanan nəticələrin çox qismini sadələşdirilmiş formada nəzərdən keçirəcəyik.

Elektronun nüvə tərəfindən cəzb olunması $F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$ düsturuna əsasən müəyyən edilir, burada q_1 -elektronun, q_2 -nüvənin yüküdür, r -nüvə ilə elektron arasındakı məsafədir, F nüvə ilə elektron arasındakı cazibə qüvvəsidir. Elektronun nüvə tərəfindən cəzb olunma qüvvəsi, onun hərəkəti nəticəsində yaranan mərkəzdənqaçma qüvvəsi ilə tarazlaşmalıdır:

$$\frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

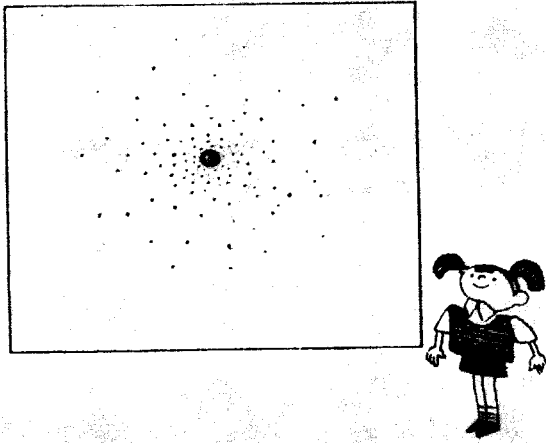
elektrostatik
mərkəzdən-
cazibə qüvvəsi
qaçma qüvvəsi

Elektronun atomdakı hərəkət qanunlarına əsasən müəyyən edilmişdir ki, elektronun atomda, molekulda yalnız müəyyən sahədə olmasını ehtimal etmək olar. Bu o deməkdir ki, elektron atomda yaxud molekulda bir sahədə daha çox ola bilər, digər sahədə az ola bilər, üçüncü sahədə ümumiyyətlə ola bilməz. Nüvədən və bir elektrondan ibarət olan hidrogen atomunu nəzərdən keçirək. Fikrən belə bir təcrübə apardığımızı təsəvvür edək (ona görə fikrən deyirik ki, biz bildiyimiz kimi, nə atomu, nə də elektronu bilavasitə müşahidə etmək, onun şəklini çəkmək mümkün deyil). Bir neçə dəfə bərabər fasilələrlə elektronun nüvənin ətrafında şəklini çəkək. Beləliklə, aşağıdakı şəkillər seriyasını alırıq:



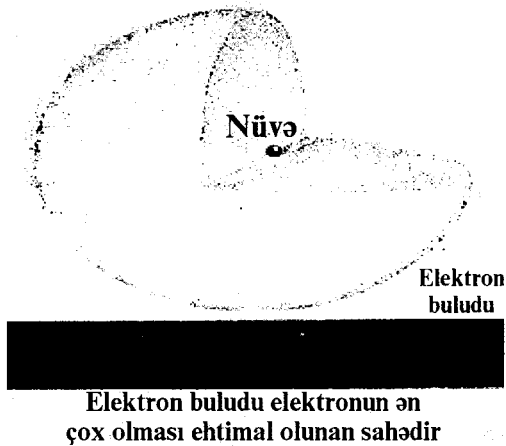
Şəkil II-9. Siz necə düşünürsüz, burada miqyas gözlənilir?

Sonra onlarca belə şəkli nüvələrin hamısı bir nöqtədə olması şərti ilə üst-üstə qoyaq. Nəticədə nüvənin ətrafında çoxlu elektronlar olan şəkil alınır:



Şəkil II-10. Elektron sıxlığı nədir? Biz düşünürük ki, sözləri kəsmək çətinidir, ancaq sınayaq.

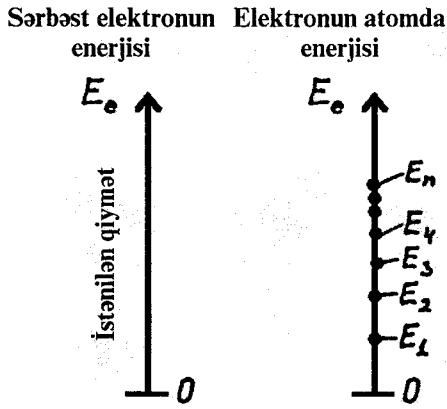
Diqqəti daha çox cəlb etsin deyə nüvə elektrona nisbətən böyük göstərilib. Bildiyimiz kimi, əslində belə deyil. Buradan görünür ki, elektron nüvədən müəyyən məsafədə daha çox olur. Həmin sahədə elektron buludu daha sıx olur. Deməli, şəkildə çoxlu elektronlar göstərilməsinə baxmayaraq, əslində hidrogen atomunun nüvəsinin ətrafında yalnız bir elektron var. Çoxlu sayda elektronlar onların nüvədən hansı məsafədə daha çox olması ehtimalını göstərir. Hidrogen atomunun nüvəsindən 0,14 nm məsafədə elektron buludu daha sıxdır. Elektron buludunun nüvənin ətrafında kiçik, çox yüngül xovlu yumşaq kürəciklər toplusu kimi təsəvvür etmək olar. Nüvənin ətrafında elektronun daha çox olması (təqribən 95 %) ehtimal olunan sahə *atom orbitali* adlanır. Belə modeldə yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, elektron orbit üzrə fırlanmır. Orbitalın belə şərh edilməsi onu bir neçə dəfə sadələşdirmişdir. Əslində orbital riyazi anlayışdır, onun mənası elektronun dalğa tənliyindən çıxır. Elektronun atomdakı dalğa funksiyalarının toplusu orbital adlanır. Yaxud, elektron orbitali elektronun fəzanın hər bir sahəsində olması ehtimalını təsvir edən funksiyadır.



Şəkil II-11. Hidrogen atomunun modeli.

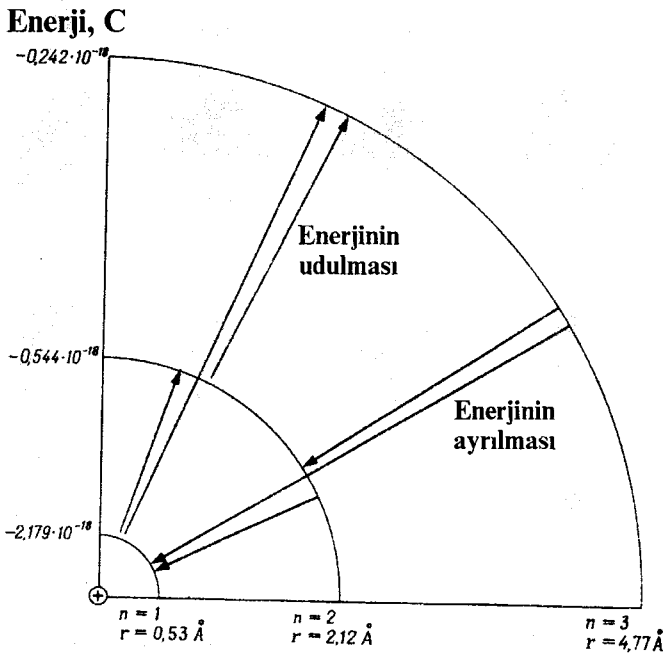
§ 7. Kvant ədədləri

Atomda elektronun enerjisi yalnız müəyyən qiymətlər E_1 , E_2 , E_3 və s. ala bilər. Sərbəst elektronun enerjisi istənilən qiymət ala bilər.



Şəkil II-12. Elektronun mümkün enerji qiymətləri.

Deməli, elektron atomda yalnız müəyyən vəziyyətdə ola bilər. O, bir vəziyyətdən digərinə keçdikdə enerji müəyyən paylarla – kvantlarla (kvant latınca «pay» deməkdir) udulur, yaxud ayrılır.



Şəkil II-13. Hidrogen atomunun Bor modelində aşağı enerjili üç orbitin radiusu və enerjisi. Oxlar bir icazə verilən energetik səviyyədən digərinə elektron keçidini göstərir. Elektron aşağı energetik səviyyədən yuxarı energetik səviyyəyə keçdikdə enerjinin udulması baş verir. Elektron yuxarı energetik səviyyədən aşağı energetik səviyyəyə keçdikdə enerjinin ayrılması baş verir.

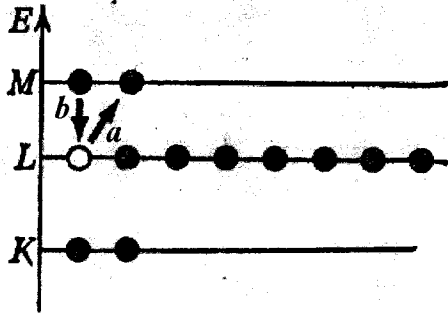
Elektronun atomda enerjisi onun nüvə tərəfindən cəzb olunması və digər elektronlar tərəfindən dəf olunmasından asılıdır. Nüvə tərəfindən cəzb olunması elektronu atoma birləşdirir və enerjisi azalır. Cəzb olunma enerjisinin qiyməti həmişə mənfi olur. Elektronun digər elektronlar tərəfindən dəf olunması onun enerjisini artırır. Dəf olunma enerjisinin qiyməti müsbət olur. Elektron nüvəyə yaxın olduqca nüvə tərəfindən möhkəm cəzb olunur və enerjisi az olur. Əksinə, nüvədən uzaqlaşdıqca zəif cəzb olunur və enerjisi artır. Elektronun atomdakı vəziyyətini müəyyən etmək üçün kvant ədədlərindən istifadə edilir. Dörd kvant ədədi var.

1. Baş kvant ədədi (n). Baş kvant ədədi energetik səviyyənin, həmin səviyyədəki elektronların ümumi enerji ehtiyatını və elektron buludunun ölçüsünü müəyyən edir, nəzəri olaraq 1-dən başlayaraq sonsuzluğa (∞) qədər qiymətlər qəbul edə bilər. Praktiki olaraq kvant ədədinin qiyməti elementin yerləşdiyi dövrə uyğun olaraq 1-dən 7-yə qədər dəyişir. Energetik səviyyələr baş kvant ədədinə uyğun hərflərlə işarə edilir:

Baş kvant ədədi (n) 1 2 3 4 5 6 7
Səviyyənin işarə edilməsi K L M N O P Q

Bu o, deməkdir ki, $n=1$ K səviyyəsinə, $n=2$ L səviyyəsinə, $n=3$ M səviyyəsinə və s. uyğun gəlir. Bu hərflərin seçilməsi nə üçün A-dan deyil, K-dan başlaması sırf tarixi və təsadüfdür.

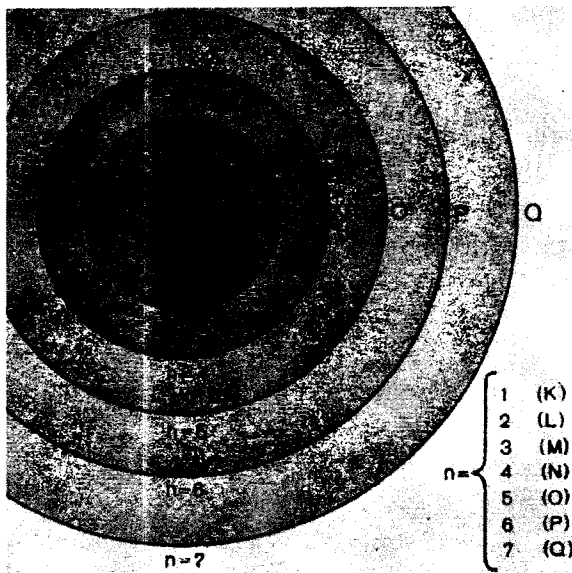
Elektron $n=1$ (K) səviyyəsində olduqda ən az enerjiyə malik olur. n -in qiyməti artdıqca, yəni energetik səviyyə nüvədən uzaqlaşdıqca elektronun enerjisi artır və elektron buludunun ölçüsü böyüyür. Atoma xaricdən təsir edildikdə, yəni ona enerji verildikdə, məsələn qızdırıldıqda elektron daha yüksək energetik səviyyəyə keçir. Elektronun belə halı oyanmış (həyəcanlanmış) vəziyyət adlanır. Yüksək energetik səviyyədən əlverişli səviyyəyə (enerjisi az olan səviyyəyə) qayıdan elektrondan müəyyən qədər enerji ayrılır. Elektronun belə yerdəyişməsi nəticəsində xarakterik şüalanma baş verir. Natrium metalı parçasını qaz lampası alovuna yaxınlaşdırdıqda, alov sarı rəngə boyanır. Bunun səbəbi qızdırdıqda natrium atomunun elektronlarının bir hissəsinin daha yüksək energetik səviyyəyə (şəkil II-14-də proses a) və elektronların digər qisminin aşağı səviyyəyə keçməsidir (proses b).



Şəkil II-14. Natrium atomunda energetik səviyyələr arasında elektron keçidləri:
 a -bir elektronun M səviyyəsinə keçidi; b -digər elektronun L səviyyəsinə qayıtması.

Energetik səviyyələrdə elektronların maksimum sayı $2n^2$ formulu ilə müəyyən edilir. Burada n energetik səviyyənin nömrəsidir:

	K	L	M	N	O	P	Q
n	1	2	3	4	5	6	7
$2n^2$	2	8	18	32	50	72	98



Şəkil II-15. Atomda elektron buludlarının ardıcıl paylanması sxemi. Elektron buludunun nömrəsi baş kvant ədədinə bərabərdir; elektronun enerjisi n -lə mütənasibdir.

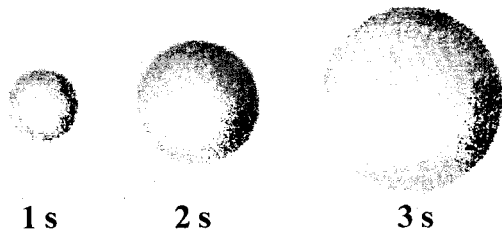
2. Orbital yaxud azimutal kvant ədədi ℓ . Orbital kvant ədədi yarımsəviyyədə elektronun energetik vəziyyətini və elektron buludunun formasını xarakterizə edir. n kimi ℓ -də qiymətlərini tam ədədlərlə dəyişir. ℓ -in qiyməti n -dən bir vahid az olur. Belə ki, $n=1$ olduqda $\ell=0$, $n=2$ olduqda ℓ -in qiyməti 0 və 1 olur. Deməli, ℓ -in qiyməti sıfırdan başlayaraq $(n-1)$ -ə qədər olur. ℓ -in hər qiymətinə, n -ə müvafiq yarımsəviyyə uyğun gəlir. Yarımsəviyyələr hərflərlə işarə olunur. $\ell=0$ olduqda hərfi işarəsi s olur. s ingiliscə «kəskin» (sharp) sözünün baş hərfidir. $\ell=1$ -in hərfi işarəsi p-dir, p ingiliscə «əsas» (principal) sözünün baş hərfidir. $\ell=2$ -nin hərfi işarəsi d-dir. d «diffuzion» (diffuse)-nin baş hərfidir. $\ell=3$ -ün hərfi işarəsi f-dir. f «fundamental» sözünün baş hərfidir:

$$\ell = \begin{matrix} 0, 1, 2, 3 \\ s, p, d, f \dots (n-1) \end{matrix}$$

Deməli, birinci energetik səviyyədən başqa bütün energetik səviyyələr əlavə energetik səviyyələrə bölünür. $n=1$ olduqda, $\ell=0$ olur. Yəni, birinci energetik səviyyədə yalnız s elektronları olur. $n=2$ olduqda, $\ell=0$ və $\ell=1$ olur. Bu o, deməkdir ki, ikinci energetik səviyyə iki yarım səviyyəyə, s və p yarım səviyyələrinə bölünür. Bunlara əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

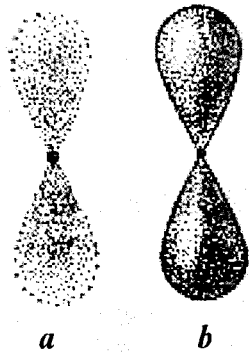
Baş kvant ədədi, n	Orbital kvant ədədi, ℓ	Yarım səviyyələrin sayı	Yarım səviyyələrin işarə edilməsi
1	0	1	1s
2	0, 1	2	2s, 2p
3	0, 1, 2	3	3s, 3p, 3d
4	0, 1, 2, 3	4	4s, 4p, 4d, 4f

s elektronların əmələ gətirdiyi elektron buludunun forması kürə şəklindədir.

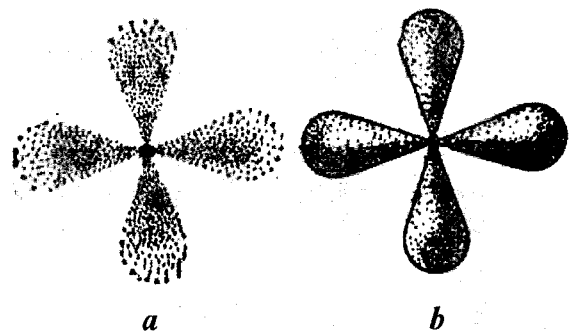


Şəkil II-16. 1s-, 2s- və 3s-orbitallarının kontur təsviri.

p elektron buludunun forması nüvədən iki tərəfdə saplaqları yerində birləşdirilən armudlara oxşayır.



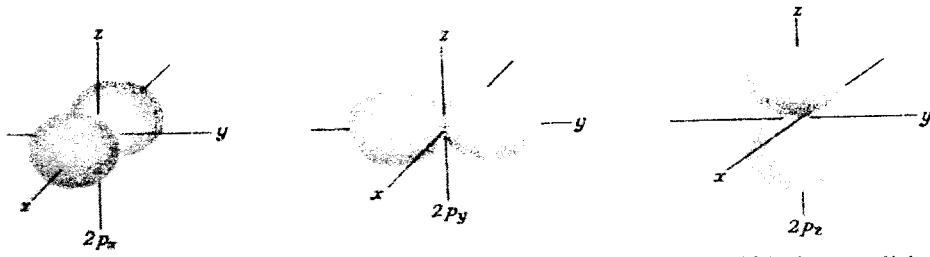
Şəkil II-17. p-atom orbitalarının sadələşmiş təsviri: a-kəsiyi; b-ümumi görünüşü.



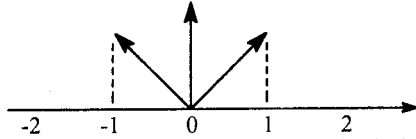
Şəkil II-18. d-atom orbitalarından birinin sadələşmiş təsviri: a-kəsiyi; b-ümumi görünüşü.

d elektron buludunun forması p elektron buluduna nisbətən mürəkkəbdir. Onu uzunsov armudların dördünü saplaqları yerindən nüvədə (xəyalən) birləşdirilməsi kimi təsəvvür etmək olar. f elektron buludunun forması daha mürəkkəbdir. Onu üçölçülü konturlu diaqramla təsəvvür etmək çətindir.

3. Maqnit kvant ədədi (m_ℓ). Hər bir yarım səviyyədə atomun maqnit oxuna nisbətən eyni formalı elektron buludunun müxtəlif istiqamətlərdə yerləşməsi maqnit kvant ədədinə əsasən müəyyən edilir. Maqnit kvant ədədinin qiyməti $-\ell$; 0 və $+\ell$ arasında olur. $\ell=0$ olduqda $m_\ell=0$ olur və elektron buludu kürə formasında (dairəvi orbital) olur. Elektronun atomun oxuna nisbətən yalnız bir oriyentasiyası olur. Bu s elektronları üçün xarakterikdir. $\ell=1$ olduqda, m_ℓ -in qiyməti -1 ; 0; $+1$ olur. Yəni eyni formalı p elektron buludu üç elliptik formada olur.



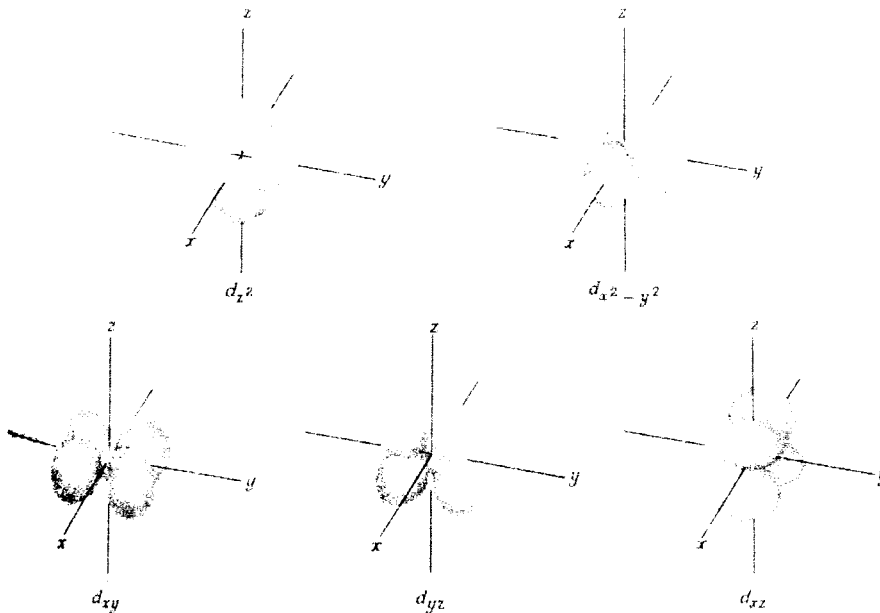
Şəkil II-19. Üç 2p-orbitalinin kontur təsviri. Fəzada müxtəlif istiqamətli bu üç orbital maqnit (orientasiya) kvant ədədinin m_l müxtəlif qiymətlərinə uyğun gəlir. Kvant ədədinin m_l müəyyən qiyməti və orbitalın konkret istiqaməti arasında birbaşa əlaqə yoxdur. Vacib yadda saxlamaq lazımdır ki, m_l -in üç mümkün qiyməti olduğuna görə, onda müxtəlif istiqamətli üç orbital var.



Şəkil II-20. Maqnit kvant ədədinin mümkün olan qiymətləri.

Maqnit kvant ədədlərinin sayı $m_l = 2\ell + 1$ formulu ilə müəyyən edilir. $\ell = 0$ olduqda, $m_l = 2 \cdot 0 + 1 = 1$ olur. $\ell = 1$ olduqda, $m_l = 2 \cdot 1 + 1 = 3$; $+1, 0, -1$ olur. $\ell = 2$ olduqda, $m_l = 2 \cdot 2 + 1 = 5$; $+2, +1, 0, -1, -2$ olur. $n=4$ -ə qədər kvant ədədlərinin qiymətləri aşağıdakı kimidir.

n	ℓ	Orbitalların işarə edilməsi	Maqnit kvant ədədi	Orbitalların miqdarı
1	0	1s	0	1
2	0	2s	0	1
	1	2p	-1, 0, 1	3
3	0	3s	0	1
	1	3p	-1, 0, 1	3
	2	3d	-2, -1, 0, 1, 2	5
4	0	4s	0	1
	1	4p	-1, 0, 1	3
	2	4d	-2, -1, 0, 1, 2	5
	3	4f	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	7

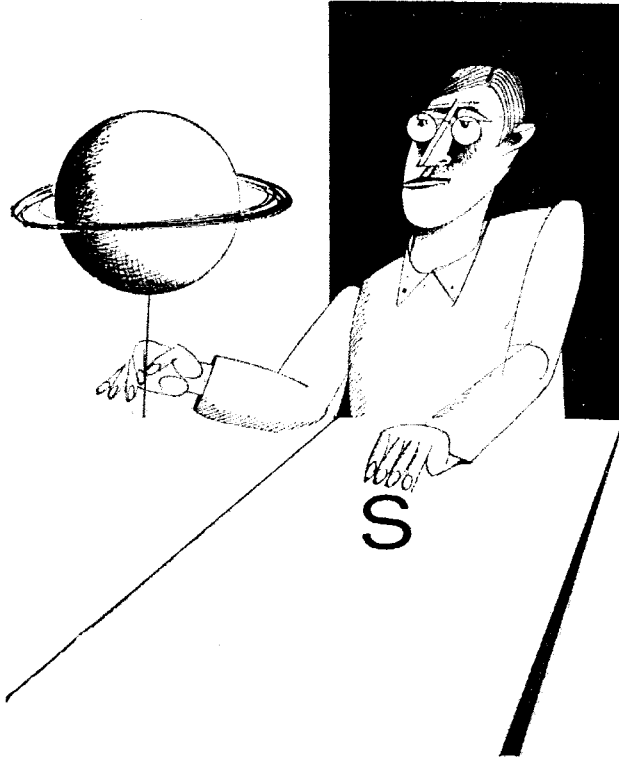


Şəkil II-21. Beş 3d-orbitalinin kontur təsviri.

4. Spin kvant ədədi m_s . Spin elektronun kvant-mexaniki xassəsidir, başqa sözlə, onun məxsusi mexaniki momentidir. Onu makrohissəciklərin mexanikasına əsaslanan təsəvvürlərlə izah etmək olmaz. Dalğa xassəsini nəzərə almamaqla, elektronu müəyyən ox

ətrafında fırlanan şara oxşatmaqla spini təsəvvür etmək olar. Elektron öz oxu ətrafında saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində və onun əksinə fırlanır. Saat əqrəbi istiqamətində fırlandıqda, spin kvant ədədinin qiyməti $m_s = +\frac{1}{2}$, onun əksinə olduqda isə $m_s = -\frac{1}{2}$ olur.

Lakin, bunların heç birini hələlik eksperimental olaraq sübut etmək mümkün olmamışdır. Eyni atom orbitalında olan iki elektronun spinləri antiparalel olur.



Şəkil II-22. Elektronun öz oxu ətrafında saat əqrəbi istiqamətində və əksinə hərəkəti spini xarakterizə edir.

Atom orbitalını kiçik kvadrat şəklində təsvir etmək qəbul olunmuşdur:

- boş orbital
- ↑ tamamlanmamış orbital
- ↑↓ tamamlanmış orbital

Göründüyü kimi, eyni orbitalda maksimum iki elektron yerləşə bilər və burada ilkin şərt həmin elektronların spinlərinin antiparalel olmasıdır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, s elektronun bir orbitalı var və bir orbitalda maksimum iki elektron ola bilər. Ona görə də s^2 yazmaq olar. Uyğun olaraq p elektronun üç orbitalı olduğuna görə p^6 , d elektronun beş orbitalı olduğuna görə d^{10} və f^{14} yazmaq olar.

§ 8. Pauli prinsipi

Çoxelektronlu atomlarda elektronun vəziyyəti 1924-cü ildə alman fiziki V.Pauli tərəfindən əsaslandırılmış və Pauli prinsipi adı ilə məşhurdur. Pauli prinsipinə görə *atomda kvant ədədlərinin dördü də eyni olan iki elektron ola bilməz*. Pauli prinsipinin fiziki mənası ondan ibarətdir ki, atomda eyni nöqtədə, eyni zamanda iki elektron ola bilməz. Ona görə də eyni orbitalda yalnız spinləri müxtəlif olan iki elektron ola bilər. Hidrogendən başqa bütün element atomlarının K energetik səviyyəsində iki elektron var. Bu elektronların kvant ədədlərini nəzərdən keçirək.

$$\left. \begin{array}{l} n=1; \quad \ell=0; \quad m_\ell=0; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\ n=1; \quad \ell=0; \quad m_\ell=0; \quad m_s = -\frac{1}{2} \end{array} \right\} 1s^2$$

Göründüyü kimi, bu elektronların baş kvant ədədi n , orbital kvant ədədi ℓ və maqnit kvant ədədi m_ℓ eynidir, spin kvant ədədi m_s isə müxtəlifdir. Deməli, birinci energetik səviyyədə $n=1$ (K) maksimum 2 elektron ola bilər: $N_1=2=2 \cdot 1^2$. Üçüncü elektron heç olmazsa bir kvant ədədi ilə fərqlənməyəcək ona görə də onun həmin energetik səviyyədə olması qeyri-mümkündür. Nüvədən ikinci $n=2$ (L) energetik səviyyədə elektronların sayını nəzərdən keçirək:

$$\begin{array}{l}
 n=2; \quad \ell = 0; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 0; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} n=2; \quad \ell = 0; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 0; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = -\frac{1}{2} \end{array}} \right\} 2s^2 \\
 \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = -1; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = -1; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = +1; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\
 n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = +1; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = -1; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = -1; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = 0; \quad m_s = -\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = +1; \quad m_s = +\frac{1}{2} \\ n=2; \quad \ell = 1; \quad m_\ell = +1; \quad m_s = -\frac{1}{2} \end{array}} \right\} 2p^6
 \end{array}$$

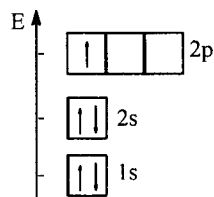
Deməli, s yarımşəviyyəsində 2, p yarımşəviyyəsində 6 elektron olmaqla ikinci energetik səviyyədə maksimum 8 elektron ola bilər: $N_2=8=2 \cdot 2^2$. Üçüncü energetik səviyyə $n=3$ (M) üçün eyni qayda ilə mühakimə yürütsək $n=3$; $\ell = 0$; $\ell = 1$; $\ell = 2$ olduğunu, m_ℓ -in, m_s -in müxtəlif qiymətlər aldığına nəzərə alsaq $N_3=18=2 \cdot 3^2$ olur. Dördüncü energetik səviyyədə $n=4$ maksimum $N_4=32=2 \cdot 4^2$ elektron olur. Ümumi şəkildə $N_n=2n^2$ yazmaq olar. Biz yuxarıda s, p, d, f yarımşəviyyələrində elektronların maksimum sayının uyğun olaraq 2, 6, 10, 14 olduğunu qeyd etmişik. Həmin nəticəni Pauli prinsipinə əsasən almaq olur. Burada nəzərə almaq lazımdır ki, bir orbitalda əks spinli maksimum iki elektron ola bilər:

s yarımşəviyyəsində $2(2 \cdot 0 + 1) = 2$ elektron
p yarımşəviyyəsində $2(2 \cdot 1 + 1) = 6$ elektron
d yarımşəviyyəsində $2(2 \cdot 2 + 1) = 10$ elektron
f yarımşəviyyəsində $2(2 \cdot 3 + 1) = 14$ elektron.

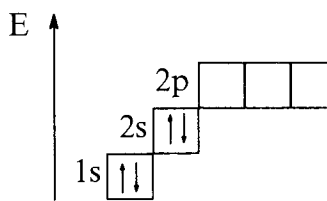
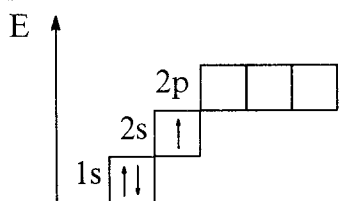
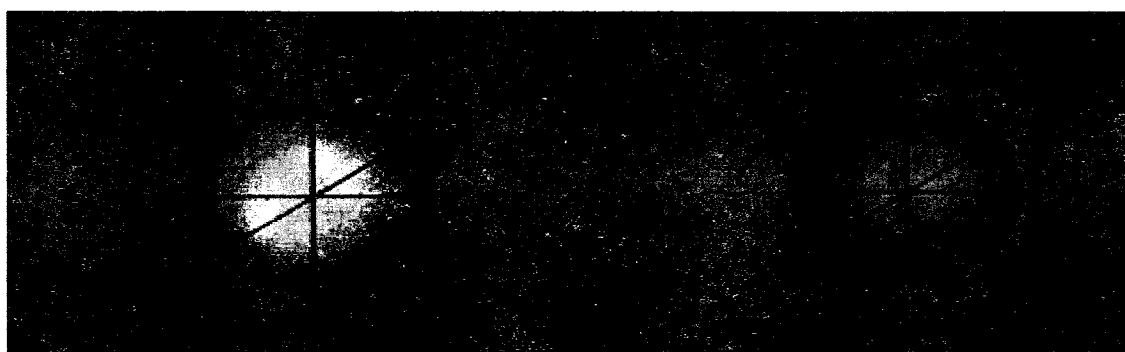
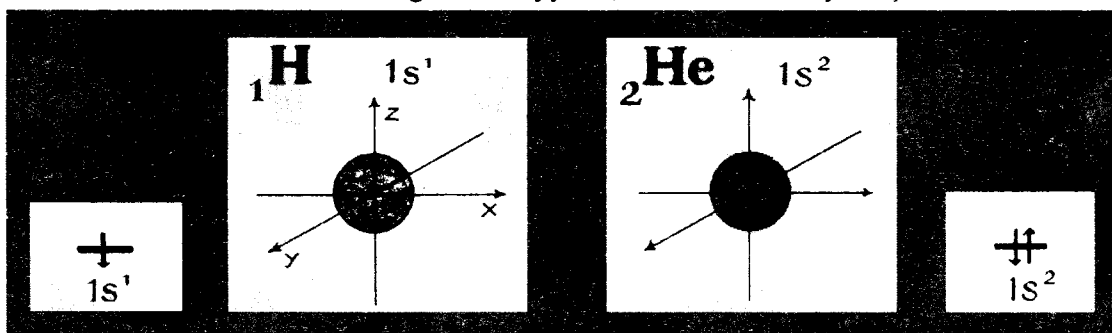
Yarımşəviyyələrdə elektronların sayı $N_i = 2(2\ell + 1)$ formulu ilə təyin edilir.

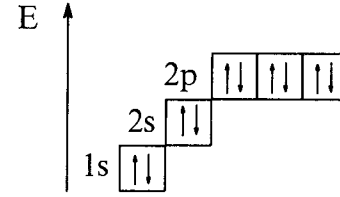
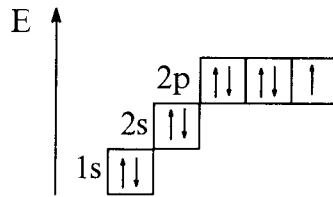
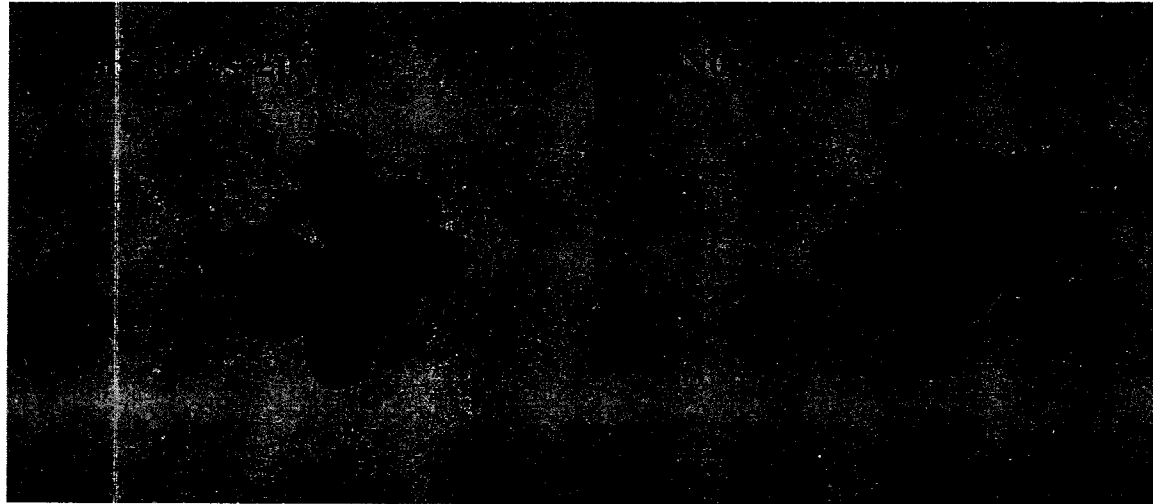
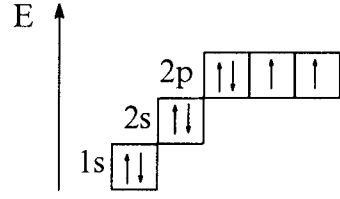
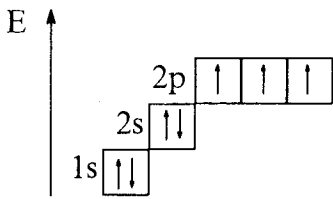
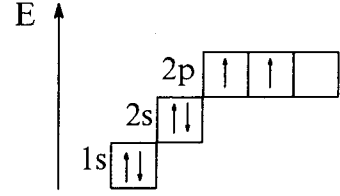
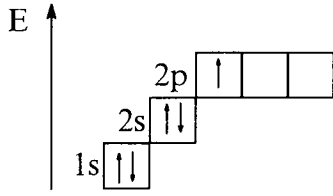
§ 9. Elektronların atomda paylanması. Kleçkovski qaydası

Kimyəvi reaksiyalarda atomun nüvəsi dəyişməz qalır. Elementin yalnız elektron quruluşu müəyyən dəyişikliyə uğrayır. Ona görə də atomun elektron quruluşuna daha çox diqqət yetirilir. Elektronlar nüvənin ətrafında minimum enerji prinsipi üzrə yerləşirlər. Birinci energetik səviyyədə ($n=1$) ən az enerjiyə malik olurlar. Sonrakı yəni ikinci energetik səviyyədəki elektronların enerjisi artır. Bildiyimiz kimi, $n=2$ ikinci energetik səviyyə iki yarımşəviyyəyə s və p yarımşəviyyələrinə bölünür. Bu yarımşəviyyələr də bir-birindən yalnız elektron buludlarının formasına görə deyil, enerjilərinə görə də fərqlənirlər. s elektronlarının enerjisi p elektronlarının enerjisinə nisbətən azdır. Bunun səbəbi s elektronlarının bucaq momentinin kiçik olması, düzxətlə daha çox hərəkət etməsi və buna görə də p elektronlarına nisbətən daxili elektron buluduna daha çox nüfuz edə bilməsidir. Eyni energetik səviyyədəki s elektronlarının p elektronlarına nisbətən nüvə tərəfindən daha çox cəzb edilməsi eksperimental olaraq sübut edilmişdir:



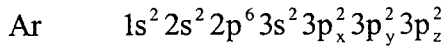
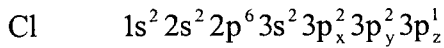
Bor atomunun xarici energetik səviyyəsindəki p elektronunu qoparmaq üçün 8,3 eV (elektron-volt) enerji sərf edildiyi halda, həmin energetik səviyyədəki s elektronun birini qoparmaq üçün 25,1 eV enerji sərf edilir. Bu təqribən üç dəfə artıqdır. Litium atomunun nüvəsinin yükü +3-ə bərabərdir. Buna müvafiq nüvənin ətrafında üç elektron var. Bunlardan ikisi birinci energetik səviyyəni tamamlayır. Üçüncü elektron $n=2$ (L) energetik səviyyədə yerləşir. Həmin energetik səviyyə s və p yarımşəviyyələrinə bölünür. Xarici energetik səviyyədə (2s) yerləşən üçüncü elektron, ondan əvvəl yerləşən iki elektron (1s yarımşəviyyəsində olanlar) tərəfindən qismən ekranlaşdırılır (dəf edilir). Deməli, həmin elektron +3 yüklü nüvə tərəfindən deyil, yekunlaşdırıcı yükü +1 olan nüvə tərəfindən cəzb olunur. Ona görə ki, nüvənin yükünün ikisini K energetik səviyyəsindəki iki elektron neytrallaşdırmışdır. Dövrələr üzrə energetik səviyyələrdə elektronların paylanması qanunauyğunluğunu nəzərdən keçirək. Hidrogen atomunda bir elektron var. Həmin elektron nüvədən birinci K energetik səviyyədə, 1s orbitalında yerləşib.



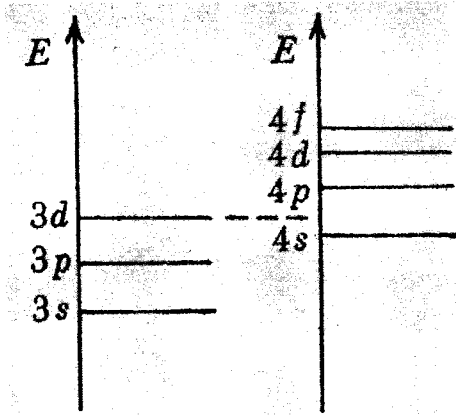


Üçüncü dövr elementlərinin energetik səviyyələrdə elektronların yerləşməsi aşağıdakı kimidir:

- Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
- Mg $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- Al $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1$
- Si $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1$
- P $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^1 3p_z^1$
- S $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$

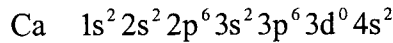
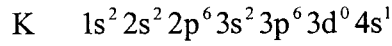


Üçüncü dövrün ilk elementi olan natriumdan başlayaraq üçüncü energetik səviyyə (M) tamamlanmağa başlayır. Maqneziumda 3s yarım səviyyəsi tamamlanır. Alüminiumdan başlayaraq 3p yarım səviyyəsinə elektronlar əlavə olunur və bu proses arqonda tamamlanır ($3p^6$). Üçüncü dövr tamamlanmasına baxmayaraq həmin dövrün element atomlarında 3d yarım səviyyəsinə elektron əlavə olunmur, beş orbital boş qalır, həmin orbitallarda daha 10 elektron yerləşə bilər. Arqondan sonra yerləşən kaliumda ondoqquzuncu elektron N səviyyəsində 4s orbitalına əlavə olunur. Kaliumla dördüncü dövr başlayır. 3d yarım səviyyəsinə elektron əlavə edilmədən 4s yarım səviyyəsinə elektron əlavə edilməsinin səbəbini necə izah etməli?

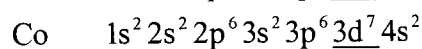
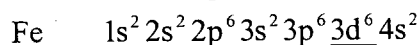
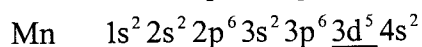
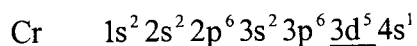
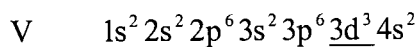
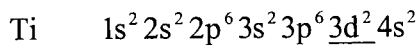
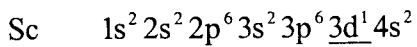
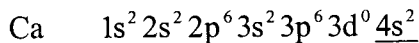
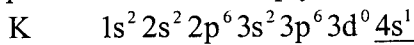


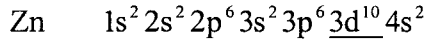
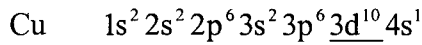
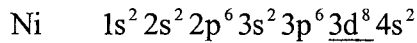
Şəkil II-23. 3d- və 4s-orbitallarının enerjilərinin qiyməti

Şəkil II-23-dən görüldüyü kimi, 4s yarım səviyyəsinin enerjisi 3d yarım səviyyəsinin enerjisindən nisbətən azdır. Ona görə də kalium və kalsium atomlarında 4s yarım səviyyəsi tamamlanır:

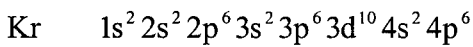
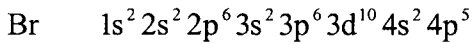
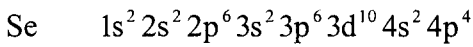
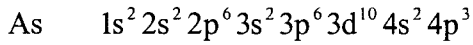
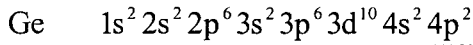
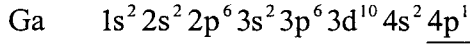


V.M.Kleçkovski qaydasına əsasən atomların nüvələrinin yükü artdıqca, energetik səviyyələr baş n və əlavə kvant ℓ ədədlərinin cəminin $(n + \ell)$ artmasına görə tamamlanır. $(n + \ell)$ eyni olduqda, əvvəlcə n -in qiyməti kiçik olan yarım səviyyə tamamlanır. 4s üçün $n=4$; $\ell = 0$ -dir, buradan $(n + \ell) = 4 + 0 = 4$ olur. 3d üçün $n=3$; $\ell = 2$ -dir, $(n + \ell) = 3 + 2 = 5$. Ona görə də birinci növbədə 4s yarım səviyyəsi (kalium və kalsiumda) tamamlanır: sonra skandiumdan başlayaraq elektron 3d yarım səviyyəsinə əlavə olunur. 3d və 4p yarım səviyyələri üçün n və ℓ -in cəmini hesablayaq. Yuxarıda 3d üçün $(n + \ell) = 5$ olduğunu hesabladıq. 4p üçün $n=4$; $\ell = 1$ -dir, $(n + \ell) = 4 + 1 = 5$. Deməli, 3d və 4p yarım səviyyələrinin hər ikisində baş və əlavə kvant ədədlərinin cəmi eynidir. Kleçkovski qaydasına əsasən bu halda birinci növbədə n -in qiyməti kiçik olan yarım səviyyə tamamlanır, ona görə də skandiumdan başlayaraq nüvənin yükü artdıqca, elektron 3d yarım səviyyəsinə əlavə olunur. Bu hal qalliuma qədər davam edir. Sonra qalliumda elektron 4p yarım səviyyəsinə əlavə olunur.

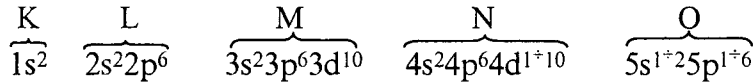




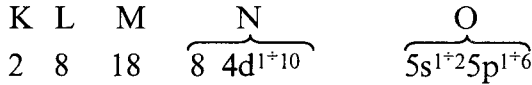
Sinkdən sonra nüvənin yükü artdıqca, elektron 4p yarım səviyyəsinə əlavə olunur. Qalliumdan başlayaraq kripton qədər 4p yarım səviyyəsində elektronların sayı artır və kriptonunda tamamlanır:



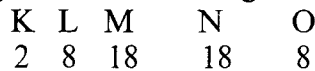
Beşinci dövr elementlərinin elektron quruluşunu həmin qayda ilə nəzərdən keçirək. Bu dövrdə 18 element var. Bunlar atom nömrəsi 37÷54 olan elementlərdir. Bu dövrün elementlərinin elektron quruluşunu ümumi formada belə göstərmək olar:



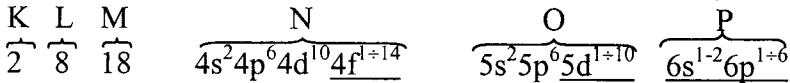
Bunu qısa şəkildə yazmaq olar:



Bu dövrdə də energetik yarım səviyyələrin tamamlanması analogi olaraq dördüncü dövrdə olduğu kimidir. Rubidiumda elektron 5s yarım səviyyəsinə $5s^1$ əlavə olunur və bu yarım səviyyə stronsiumda $5s^2$ tamamlanır. Sonra 10 keçid elementi gəlir. Bunlar atom nömrəsi 39÷48 olan elementlərdir. 39-cu element olan itriumdan başlayaraq elektron 4d yarım səviyyəsinə əlavə olunur. Ardıcıl olaraq elektronlar $4d^1$ -dən $4d^{10}$ -a kimi işarə edilir. Onu $4d^{1+10}$ kimi işarə edirlər. 4d yarım səviyyəsi palladiumda tamamlanır. Sonra elektron gümüşdə 5s yarım səviyyəsinə əlavə olunur $5s^1$, bundan sonra kadmiumda $5s^2$ olur. 49-cu element indiumdur. Elektron bu elementdə 5p yarım səviyyəsinə əlavə olunur. Bu proses dövr tamamlanana qədər, yəni ksenona qədər $5s^2 5p^6$ davam edir. Ksenonda digər təsirsiz qazlarda (heliumdan başqa) olduğu kimi xarici energetik səviyyədə oktet təbəqə yaranır:

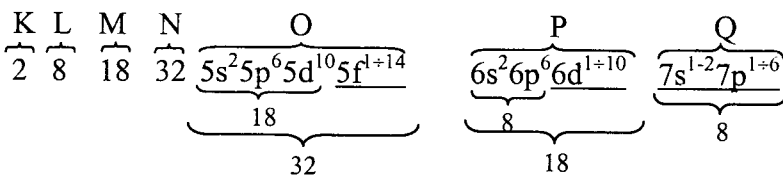


Altıncı dövrdə 32 element var. Bunlar atom nömrəsi 55÷86 olan elementlərdir. Bu dövrə daxil olan elementlərin elektron quruluşunu ümumi şəkildə belə yazmaq olar:



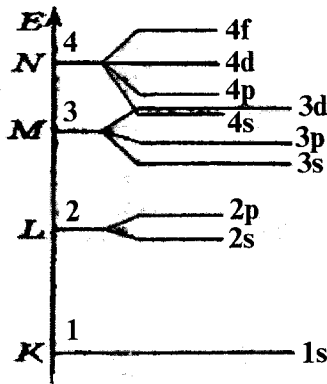
Bu dövrdə elementlərin atom nömrəsi artdıqca, altdan xətt çəkilən energetik səviyyələr tamamlanır.

Yeddinci dövr elementlərin elektron quruluşunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Altıncı dövr elementlərində olduğu kimi, yeddinci dövr elementlərində də altdan xətt çəkilən energetik səviyyələr tamamlanır. Göründüyü kimi, altıncı və yeddinci dövr elementlərinin elektron quruluşu əvvəlki dövrlərə nisbətən mürəkkəbdir. Siz bunlarla ali məktəbdə daha ətraflı tanış olacaqsınız.

İndi energetik yarım səviyyələrin baş n və əlavə kvant ℓ ədədlərindən asılı olaraq tamamlanma ardıcılığına aid mühakiməmizi davam etdirək.



Şəkil II-24. Çoxelektronlu atomda ikinci, üçüncü və dördüncü energetik səviyyələrin energetik yarım səviyyələrə parçalanması.

Şəkil II-24-də K, L, M, N energetik səviyyələrdə yarım səviyyələrin tamamlanma ardıcılığı göstərilmişdir. Həmin yarım səviyyələr aşağıdakı ardıcılıqla tamamlanır: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 4d, 4f.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, bu yarım səviyyələrin enerjisi birindən digərinə keçdikcə artır və əvvəlcə enerjisi az olan yarım səviyyə tamamlanır. Çoxelektronlu atomlar üçün energetik yarım səviyyələrin tamamlanma ardıcılığı və enerjinin artması belədir:

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 5d \text{ və s.}$$

Bunlardan istənilən iki yarım səviyyənin enerjilərini hesablamaq və bu sıranın doğruluğuna bir daha inanmaq olar. Məsələn, 6s və 5d-ni müqayisə edək:

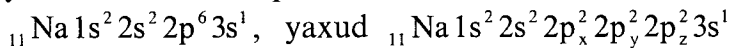
$$6s \text{ üçün } n=6; \ell=0. (n+\ell)=6+0=6.$$

$$5d \text{ üçün } n=5; \ell=2. (n+\ell)=5+2=7.$$

Deməli, 5d yarım səviyyəsinin enerjisi 6s-ə nisbətən çoxdur. Ona görə də əvvəlcə 6s tamamlanmalıdır.

§ 10. Elektron formulları. Hund qaydası

Elektronların energetik səviyyələr və yarım səviyyələr (orbitallar) üzrə paylanması elektron formulu ilə ifadə olunur. Siz elektron formulları ilə tanışsınız, onların mahiyyəti və yazılması qaydasını bilirsiniz. Elektron formulu atomda elektronların yerləşməsinə qısa şəkildə ifadə etməyə imkan verir və energetik səviyyələrin tamamlanmasının hansı ardıcılıqla baş verdiyini göstərir. Həmin formullarda qarşıda energetik səviyyənin nömrəsi, hərflə yarım səviyyə (orbital), həmin hərfin sağ tərəf yuxarı hissəsində elektronların sayı yazılır. Bunları artıq Siz bilirsiniz. Natriumun misalında təkrarən yazaq:

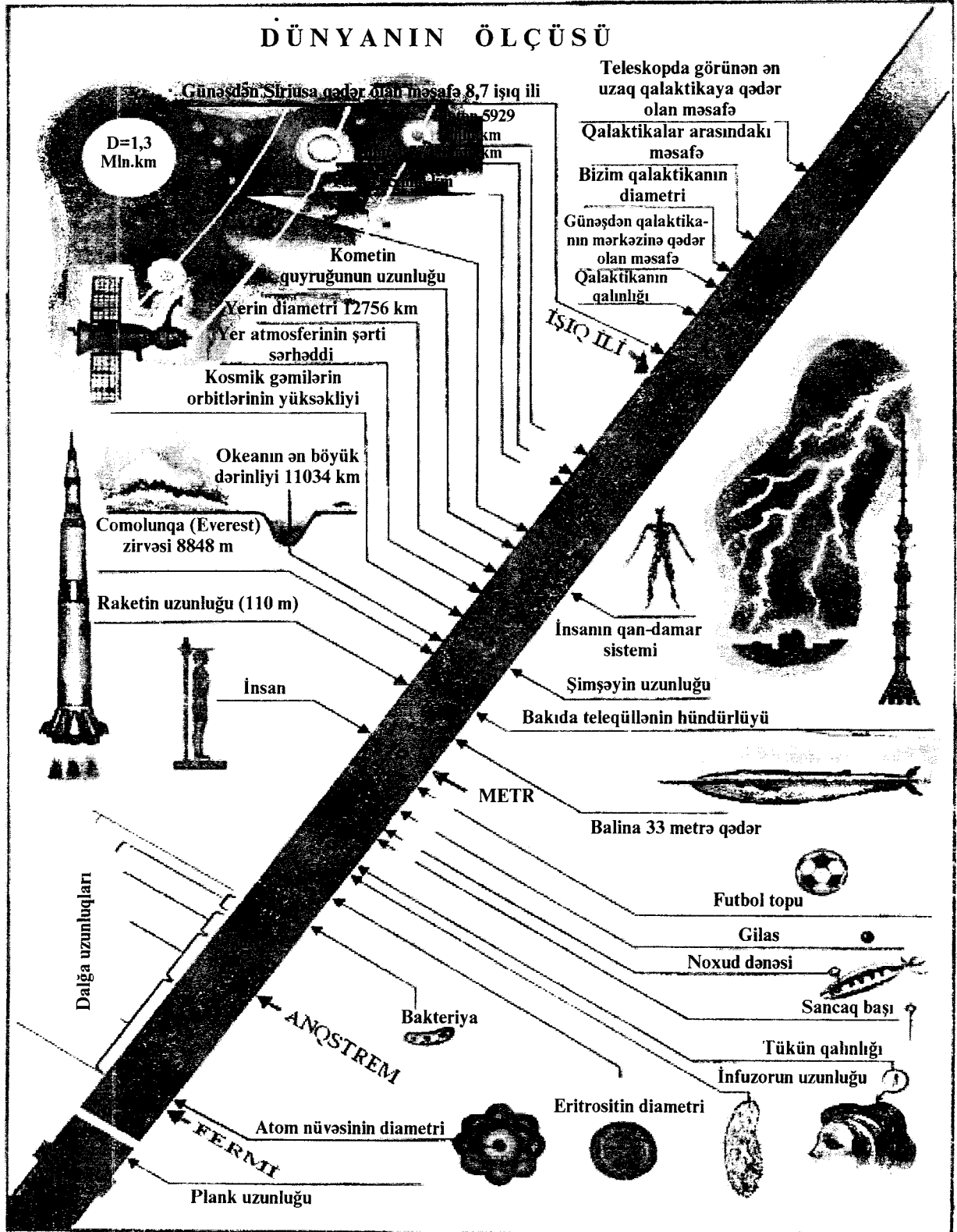


Çox vaxt yalnız energetik səviyyələrdə elektronların paylanması, yəni elektronların sayını göstərməklə kifayətlənirlər: ${}_{11}\text{Na } 2;8;1$. Bəzi hallarda isə elektron formulu daha kompakt formada yazmaq üçün tamamlanmış energetik səviyyə əvəzinə müvafiq təsirsiz qazın kimyəvi işarəsi yazılır. Məsələn, litiumda ${}_3\text{Li } 2;1$ əvəzinə ${}_3\text{Li}[\text{He}]2s^1$. Yaxud natriumda ${}_{11}\text{Na } 2;8;1$ əvəzinə ${}_{11}\text{Na}[\text{Ne}]3s^1$ yazılır. Burada [He] helium atomunun elektron quruluşunu 2, [Ne] neon atomunun elektron quruluşunu 2; 8 göstərir. ${}_{36}\text{Kr}[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^6$; ${}_{44}\text{Ru}[\text{Kr}]4d^7 5s^1$ yazılışının mahiyyətini başa düşmək çətin deyil. Atom orbitallarını kiçik kvadratlar şəklində, orada yerləşən elektronları müxtəlif istiqamətli (spinli) oxlar şəklində təsvir edildiyini yuxarıda nəzərdən keçirmişik. Elektronların orbitallarda paylanması Hund qaydasına əsasən müəyyən edilir: *ℓ -in müəyyən qiymətində atomda elektronlar elə yerləşirlər ki, onların spinlərinin cəmi maksimum olsun.*

Bu qaydanı belə də ifadə etmək olar: yarım səviyyələrdə elektronlar əvvəlcə tək-tək yerləşirlər, sonra hər orbitalda əks spinli daha bir elektron yerləşir. Bunu azot atomunun

misalında aydınlaşdıraq: ${}_7N1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$
2p

göründüyü kimi, azot atomunun 2p yarımşəviyyəsində üç qoşalaşmamış elektron var. Bu elektronların spinlərinin maksimum sayı $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1+1+1}{2} = \frac{3}{2}$ -ə bərabər olur. Fərz edək ki, başqa hal da ola bilər, həmin elektronlardan ikisi bir kvadratda, biri isə digər kvadratda yerləşib $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \\ \hline \end{array}$ Onda spinlərin cəmi $\frac{1}{2} + \left(-\frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ olur. Bu isə Hund qaydası ilə ziddiyyət təşkil edir. Ona görə də birinci halı qəbul etməliyik.



Məsələlər

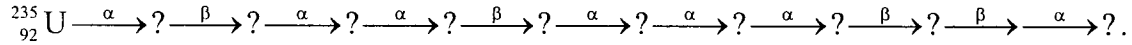
Məsələ 18. Atomun nüvəsi proton Z və neytronlardan N ibarətdir. Nüvənin kütləsi ilə protonlar və neytronların kütlələrinin cəmi arasında hansı işarə ($>$, $=$, $<$) yazılmalıdır:
 $m(\text{nüvə}) ? Zm(p) + Nm(n)$.

Məsələ 19. Müasir analitik tərzilərdə 10^{-8} q çəkmək olur. Bu qədər uranda olan atomların sayını hesablayın.

Məsələ 20. Kimyəvi element iki izotopdan ibarətdir. Birincinin nüvəsində 10 proton və 10 neytron var. İkinci izotopun nüvəsində 2 neytron çoxdur. Yüngül izotopun 9 atomuna bir atom ağır izotop düşür. Elementin orta atom kütləsini hesablayın.

Məsələ 21. Uran ${}_{92}^{238}\text{U}$ atomu α -hissəcik buraxır. Bu zaman alınan digər element atomu β -hissəcik buraxır, yeni element alınır. Alınan yeni element də β -hissəcik buraxır. Belə üç ardıcıl çevrilmədən sonra əmələ gələn elementi təyin edin.

Məsələ 22. Aşağıdakı sxemdə baş verən şüalanmalarda hansı elementlər alınır:



Məsələ 23. Atomun nüvəsinin radiusu $1 \cdot 10^{-12}$ sm, atomun radiusu isə $1 \cdot 10^{-8}$ sm-dir. Atomun həcmi nüvənin həcmindən neçə dəfə böyükdür?

Məsələ 24. Cl^- , S^{2-} , K^+ , Ca^{2+} ionlarından hansının radiusu ən kiçikdir?

Məsələ 25. Aşağıdakılardan hansılar kükürd atomunun *a)* əsas, *b)* həyəcanlanmış, *c)* tamamlanmış vəziyyətini əks etdirir:

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	
(5)	
(6)	
	1s 2s 2p 3s 3p 3d 4s 4p

Məsələ 26. Müəyyən edilmişdir ki, elektrik yükləri aralarındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsb olaraq bir-birini cəzb edir yaxud dəf edir. Elektrometrin kürələri mənfi yüklənibsə aralarındakı məsafəni 4 dəfə artırıqda dəfətmə qüvvələri necə dəyişir?

Məsələ 27. Kütləsi olan elektroneytral cisimlər bir-birini nə üçün cəzb edir?

Məsələ 28. Atom, ion və nüvələrin ümumi adı nədir?

Məsələ 29. ${}_{Z}^{127}\text{E}$ nuklidində neytronların kütlə payı 0,582-yə bərabərdir. Z -i təyin edin.

III FƏSİL

DÖVRİ QANUN VƏ KİMYƏVİ ELEMENTLƏRİN DÖVRİ SİSTEMİ

§ 1. Tarixi məlumat

İnsanların kəşf etdikləri təbiət qanunları əhatə dairəsi və əhəmiyyətinə görə bir-birindən fərqlənirlər. Onların içərisində elələri var ki, məlum faktları izah etməkdən əlavə, məlum olmayanları da qabaqcadan xəbər verir. Bu mənada dövrü qanunla müqayisə edilə biləcək ikinci bir təbiət qanunu tapmaq çətindir. Dövrü qanunu dahi rus alimi D.İ.Mendeleyev 1869-cu ildə kəşf etmişdir.

Elementlərin təsnifatı ilə D.İ.Mendeleyevdən əvvəl bir sıra alimlər məşğul olmuşlar. Ümumiyyətlə, kimya elminin inkişafı bəşər mədəniyyətinin inkişafı ilə eyni dövrdə başlamışdır. Onun birinci mərhələsi qədim dövrlərdən XVIII əsrin ortalarına qədər olan dövrü əhatə edir. Həmin dövr *əlkimya* dövrü adlanır. Bu dövrdə kimyanın düzgün elmi nəzəriyyəsi olmamışdır. Lakin, buna baxmayaraq əlkimya dövrü eksperimental faktların toplanması baxımından faydalı olmuşdur. Bundan əlavə XVII əsrdə R.Boyl element anlayışını elmə daxil etmişdir. R.Boylun element haqqındakı təsəvvürləri müasir təsəvvürlərə yaxın olmuşdur. O, belə hesab etmişdir ki, elementlər bütün təbiəti təşkil edən maddələrin maddi başlanğıcıdır. Kimyəvi elementlərin biri digərinə çevrilmir, onlar yox olmur və yaradıla bilmir. Qeyd etmək lazımdır ki, kimyəvi elementlərin birinin digərinə çevrilməməsi mütləq deyil. Müasir atom fizikası yalnız elementlərin bir-birinə çevrilmələrini deyil, həmçinin yer qabığında olmayan elementlərin alınmasını da həyata keçirmişdir. Elementlərin birinin digərinə çevrilməməsi ilə baş verən proseslər kimyanı atom fizikasından ayırır.

Elementlərin təsnifatı ilə ilk dəfə böyük fransız alimi A.Lavuazye məşğul olmuşdur. O, 1789-cu ildə elementləri (onların əmələ gətirdikləri bəsit maddələri) metallara və qeyri-metallara bölmüşdür. Həmin dövrdə 30 element məlum idi. Bundan əlavə A.Lavuazye sübut etmişdir ki, oksigen bəsit maddədir və yanmanın mahiyyətini maddələrin oksigenlə birləşməsi təşkil edir. Bununla da A.Lavuazye müasir kimyanın əsasını qoymuşdur. 1817-ci ildə alman kimyaçısı İ.Debereyner müəyyən etmişdir ki, stronsiumun nisbi atom kütləsi təqribən kalsiumla bariumun nisbi atom kütlələrinin orta cəbri qiymətinə bərabərdir:

$$Ar(Ca) = 40; Ar(Ba) = 137; Ar(Sr) = \frac{40 + 137}{2} = 88,5$$

1829-cu ildə Dobereyner fiziki və kimyəvi xassələrinə görə bir-birinə oxşar olan elementlərin üçlüklərini müəyyən etmişdir. Həmin üçlükləri o, *triadalar* adlandırmışdır:

	Triadalar			Nisbi atom kütləsi		
Li	Na	K	7	23	39	
S	Se	Te	32	79	128	
Cl	Br	I	35,5	80	127	
Ca	Sr	Ba	40	88	137	

Sonrakı 50 il müddətində elementləri spirala oxşar şəkildə slindrin səthində nisbi atom kütlələrinin artmasına görə düzmüşlər. Bu sahədə De Şankurtuanın işləri diqqəti daha çox cəlb edir. Lakin, De Şankurtuanın işləri geniş yayılmamışdır.

1864-cü ildə ingilis kimyaçısı C.Nyulends müəyyən etmişdir ki, elementləri nisbi atom kütlələrinin artması sırası ilə düzdükdə, alınan sıranın istənilən yerindən seçilən birinci elementin fiziki və kimyəvi xassələri ondan sonrakı səkkizinci elementlə oxşar olur. Yaxud əksinə, səkkizinci birinci ilə oxşar olur. C.Nyulends bu oxşarlığı musiqi oktavasındakı birinci notun səkkizinci nota oxşarlığına uyğun olduğu kimi, oktavalar qanunu adlandırmışdır. C.Nyulendsin «oktavalarından» (səkkizliklərindən) aşağıdakıları göstərmək olar:

H, Li, Be, B, C, N, O
1 2 3 4 5 6 7

F, Na, Mg, Al, Si, P, S
8 9 10 11 12 13 14

Cl, K, Ca, Cr, Ti, Mn, Fe
15 16 17 18 19 20 21

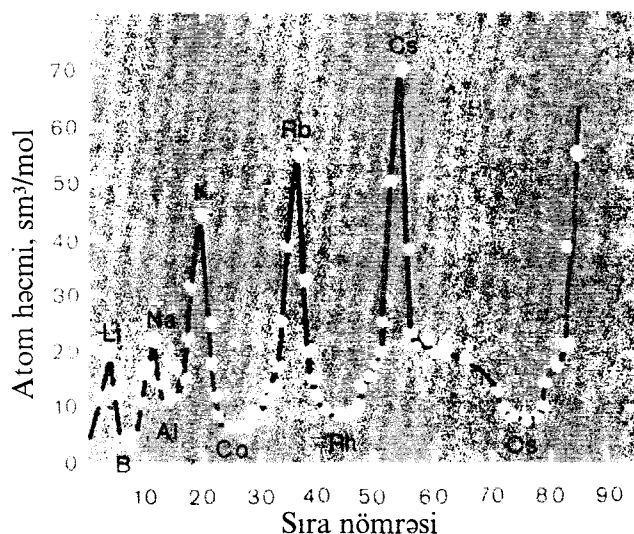
İlk baxışda əyani və aydın görünən C.Nyulends cədvəlini ilk 17 elementə tətbiq etmək olar. Bundan sonra onun tətbiqində çətinlik yaranır. Məsələn, fosfor manqanla az oxşardır, eyni zamanda dəmirlə kükürd demək olar ki, bir-birinə oxşarırlar. Ona görə də C.Nyulendsin „oktavalı qanunu” alimlər tərəfindən qəbul edilməmişdir. C.Nyulends ona aid məqaləsini London kimya cəmiyyətinə təqdim etdikdə ondan istehza ilə soruşmuşlar ki, elementləri adlarının baş hərflərinin əlifba sırası ilə düzməyi də sınaqdan keçirməmişinizmi?

1870-ci ildə alman kimyaçısı Lotar Meyer atom həcmnin onların nisbi atom kütləsindən asılı olması qrafikini qurmuşdur:

$$\text{Atom həcmi} = \frac{\text{Nisbi atom kütləsi}}{\text{Sıxlıq}}$$

$$Ar(\text{Au}) = 197,2 \quad d(\text{Au}) = 19,3 \text{ q/sm}^3$$

$$V_{\text{atom}} = \frac{197,2 \text{ q/mol}}{19,3 \text{ q/sm}^3} = 10,22 \text{ sm}^3 / \text{mol}$$



Şəkil III-1. Elementlərin atom həcmli.

Bir elementdən digərinə keçdikdə atom həcmi dövrü olaraq təkrar olunan ilk xassə olmuşdur. Lakin bu xassə düzgün nəticəyə gətirib çıxarmamışdır. Ona görə ki, elementlər bərk halda müxtəlif formalarda mövcud olurlar. Məsələn, N_2 , O_2 , P_4 yaxud S_8 bərk halda müxtəlif formalı kristallik qəfəs əmələ gətirirlər və onlardakı boşluqlar eyni olmur. Elementlərin bir çoxu müxtəlif allotropik şəkildəyişmələr əmələ gətirirlər. Onların sıxlıqları müxtəlif olduğuna görə molyar (atom) həcmli də müxtəlif olur. Bunu karbon və qalayın allotropik şəkildəyişmələri misalında görmək olar:

Element	Kristallik modifikasiyalari	20 °C-də sıxlığı, q/sm ³	Atom həcmi, sm ³ /mol
Karbon	Almaz	3,51	3,42
	Qrafit	2,26	5,31
Qalay	Ağ	7,31	16,2
	Boz	5,75	20,6

§ 2. Mendeleeyevin dövrü qanunu

Elementlərdə ümumi olan nədir? Elementlərin xassələri ilə nisbi atom kütlələri arasında əlaqə varmı? Bu əlaqəni hansı qanun vasitəsilə ifadə etmək olar?

Göründüyü kimi, bu suallara Mendeleeyevdən əvvəlki alimlər cavab tapa bilməmişlər. Bunların cavabını dahi rus alimi D.İ. Mendeleeyev tapmışdır. O, dövrü qanunu kəşf etmiş və həmin qanun əsasında kimyəvi elementlərin dövrü sistem cədvəlini düzəltmişdir. Onun bu sahədəki fəaliyyətini üç mərhələyə bölmək olar:

1. Dövrü qanunun kəşf edilməsi;
2. Kəşf edilən dövrü qanun əsasında kimyəvi elementlərin dövrü sistem cədvəlinin

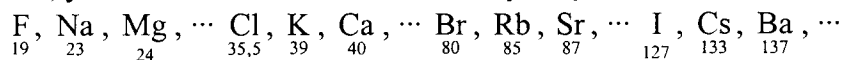
yaradılması;

3. Dövri qanundan və dövri sistem cədvəlindən çıxan məntiqi nəticələr və onların əsasında kəşf edilməmiş elementlərin varlığını qabaqcadan xəbər vermək.

Bunların hər birinin üzərində ayrıca dayanaq. Atomun əsas xarakteristikası onun nisbi atom kütləsi hesab edilirdi. Hazırda atomun əsas xarakteristikası onun nüvəsinin yükü hesab edilir. D.İ.Mendeleyev özünün «Kimyanın əsasları» kitabında yazmışdır ki, atom kütləsi elementin elə xassəsidir ki, qalan xassələri ondan asılıdır. Ona görə də elementlərin xassələri və oxşarlıqları arasındakı əlaqəni onların atom kütlələri ilə bağlı olduğunu axtarmaq lazımdır. Həmin dövrdə atomun quruluşu və nüvənin yükü haqqındakı məlumatlar yox idi. D.İ.Mendeleyevin sələfləri yalnız oxşar elementləri bir-birilə müqayisə etmişlər. Ona görə də onlar dövri qanunu kəşf edə bilməmişlər. Onlardan fərqli olaraq D.İ.Mendeleyev elementlərin oxşar olmayan, hətta əks xassəli təbii qruplarını müqayisə etməklə müəyyən etmişdir ki, elementlərin xassələrinin dəyişməsi onların atom kütlələrinin böyüklüyündən dövri surətdə asılıdır. D.İ.Mendeleyev halogenləri, qələvi və qələvi-torpaq metallarını nisbi atom kütlələrinin artması sırası ilə aşağıdakı şəkildə yazıb və müqayisə etmişdir:

F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127
Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133
Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137

Bu üç qrupda prosesin mahiyyəti aydın olur. Halogenin nisbi atom kütləsi qələvi metalın, sonuncu isə qələvi-torpaq metalın nisbi atom kütləsindən azdır. Nisbi atom kütlələrinin artmasına görə bu elementlərin fasiləsiz təbii sırasında flüordan sonra natrium və maqnezium yerləşməlidir, xlordan sonra kalium və kalsium, bromdan sonra rubidium və stronsium, yoddan sonra sezium və barium yerləşməlidir:



Elementlərin sırasının hər kəsiyində halogendən qələvi metala keçdikdə xassələri kəskin surətdə dəyişir və qələvi metaldan qələvi-torpaq metalına keçdikdə əsaslıq xassəsi azalır. Bu halların hər ikisi elementlərin təbii sırasında arada neçə element olmasından asılı olmayaraq, nisbi atom kütləsi artdıqca dövri olaraq təkrar olunur. Deməli, yuxarıdakı suala cavab verildi. Bütün elementlərdə ümumi olan xassə onların nisbi atom kütləsidir. Elementlərin xassələri onların nisbi atom kütləsindən asılıdır. Asılılığın forması isə dövridir. Yəni bu hal dövri olaraq (bir neçə dəfə) təkrar olur. Elementlərin birləşmələrinin formaları da təkrar olunur. Məsələn, yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz təbii sıranın birinci, ikinci, üçüncü və dördüncü kəsiyindəki qələvi metalların oksidlərinin formaları da eynidir və hər kəsikdə təkrar olunur. Bunlar müvafiq olaraq Na_2O , K_2O , Rb_2O və Cs_2O şəklindədir. Bütün bunlar D.İ.Mendeleyevə dövri qanunu kəşf etməyə imkan vermişdir. Həmin qanunu D.İ.Mendeleyev belə ifadə etmişdir: *bəsit maddələrin eləcə də kimyəvi elementlərin birləşmələrinin forma və xassələri onların atom çəkirlərinin böyüklüyündən dövri surətdə asılıdır*. Həmin dövrdə nisbi atom kütləsi əvəzinə atom çəkisi terminindən istifadə edilirdi.

İkinci mərhələ kəşf edilən dövri qanun əsasında dövri sistem cədvəlinin yaradılması olmuşdur. Bu proses ən çətin mərhələ olmuşdur. Sistem, yunancadan tərcümə etdikdə «hissələrdən tərtib olunmuş bütöv» deməkdir. Sistem, onu təşkil edən hissələrin sadəcə toplusundan, həmin hissələr arasındakı əlaqə və asılılıqla fərqlənir. Dövri sistem cədvəli dövri qanunu obyektiv olaraq əks etdirməli idi. Həmin dövrdə cəmi 63 element məlum idi. Onlardan yalnız 48-nin nisbi atom kütləsi dəqiq təyin edilmişdir. Qalanlarının nisbi atom kütləsi dəqiq təyin edilməmiş, yaxud həmin məlumatı D.İ.Mendeleyev doğru hesab etməmişdir. O, bir neçə elementin nisbi atom kütləsini dəyişdirmişdir və elmin sonrakı inkişafı onun düzgün hərəkət etdiyini göstərmişdir. Bunlara misal olaraq berillium, titan və uranı göstərmək olar: berilliumun nisbi atom kütləsini 9-dan 11-ə, titan və uranın nisbi atom kütləsini uyğun olaraq 52-dən 48-ə və 120-dən 240-a dəyişdirmişdir. Göründüyü kimi, o, bu çətinliklərin öhdəsindən müvəffəqiyyətlə gəlmişdir. Elementləri nisbi atom kütləsinin artmasına görə düzməklə onları dövrlərə bölmüşdür. Hər dövrün daxilində elementlərin xassələri (qələvi metaldan halogenə doğru) qanunauyğun şəkildə dəyişir. D.İ.Mendeleyev dövrləri elə yerləşdirmişdir ki, şaquli vəziyyətdə oxşar elementlər eyni sütunda olsun.

Beləliklə o, kimyəvi elementlərin dövrü sistem cədvəlini yaratmışdır. Bu zaman həmin dövrdə hələ kəşf edilməmiş 29 elementin yerini boş qoymuşdur. Elementlərin dövrü sistem cədvəli dövrü qanunun qrafik ifadəsidir. Dövrü qanunun kəşfi və dövrü sistem cədvəlinin ilk variantının yaradılması tarixi 1 mart 1869-cu ildir. Dövrü sistem cədvəlində birinci dövrdən başqa, hər dövr qələvi metallarla başlayır, təsirsiz qazlarla qurtarır. Birinci dövrdə 2 element var. Bunlar hidrogen və heliumdur. İkinci dövrdə 8 element var. Bu dövr qələvi metal olan litiumla başlayır, neonla qurtarır. Neon təsirsiz qazdır.

Z	3	4	5	6	7	8	9	10
Element	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne

Litium-oksidi Li_2O əsasi oksiddir, ona uyğun gələn hidrokسيد LiOH qələvidir, əsaslıq xassəsi güclüdür. Sonrakı element berilliumdur. O da metaldir. Lakin, onun metallıq xassəsi litiumda olduğu qədər tipik deyil. Oksidi BeO və hidrokسيد Be(OH)_2 amfoter xassəlidir. Onların qələvilərlə reaksiyasından alınan duzda metal duzun anionunun tərkibində olur, həmin duzlar berillatlar adlanır K_2BeO_2 , Na_2BeO_2 və s. Maye BeCl_2 -in elektrikkeçirmə qabiliyyəti NaCl -ə nisbətən 1000 dəfə azdır. Artıq bor qeyri-metaldir. Onun oksidi B_2O_3 və hidrokسيد H_3BO_3 turşu xassəlidir. Bundan sonra gələn karbon və azot tipik qeyri-metaldir. Onların oksidləri CO_2 və N_2O_5 uyğun olaraq H_2CO_3 və HNO_3 turşularının anhidridləridir. Dövrün sonunda yerləşən oksigen və flüor fəal qeyri-metaldir. Dövr təsirsiz qaz olan neonla başa çatır. Neon demək olar ki, kimyəvi reaksiyalara girmir.

Üçüncü dövrdə də həmin mənzərə təkrar olunur. Bu dövrü təşkil edən elementləri müvafiq olaraq ikinci dövr elementlərinin altından yazmaq:

2-ci dövr	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3-cü dövr	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar

Üçüncü dövr elementlərinin bir çox xassələri ikinci dövr elementlərinin təkrarıdır. Məsələn, litium kimi natrium da qələvi metaldir. Kükürdün metallarla əmələ gətirdiyi birləşmələr – sulfidlər bir çox xassələrinə görə oksidlərə oxşayır. Xlor da flüor kimi halogenlərə aid olan xassələri göstərir. Üçüncü dövr elementlərində də nüvənin yükü (Z) artdıqca metallıq xassələri azalır, qeyri-metallıq xassələri isə artır. Birləşmələrinin xassələri əsaslıqdan amfoterliyə və turşuluğa doğru dəyişir:

Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7	Ar
NaOH	Mg(OH)_2	Al(OH)_3	H_4SiO_4	H_3PO_4	H_2SO_4	HClO_4	-
Qələvi	Əsas	Amfoter hidrokسيد	Zəif turşu	Orta qüvvətli turşu	Qüvvətli turşu	Ən qüvvətli turşu	-

Dördüncü dövrdə elementlərin sayının artması ilə əlaqədar olaraq mənzərə dəyişir. Bu dövrdə də səkkiz elementin xassələri ikinci və üçüncü dövrdəki kimi dəyişir. Bu elementlər dövrün əvvəlində yerləşən kalium, kalsium ($Z=19$ və 20) və dövrün sonunda olan qallium, germanium, arsen, selen, brom və kriptonundur. Bunların da xassələri aktiv qələvi metaldan, kaliumdan tipik qeyri-metala bromla və nəhayət təsirsiz qaza, kriptona doğru 2-ci 3-cü dövr elementlərində olduğu kimi dəyişir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz səkkiz elementin arasında on element yerləşir. Bunlar skandiumdan sinkə qədər olan elementlər – skandium, titan, vanadium, xrom, manqan, dəmir, kobalt, nikel, mis və sinkdir. Bu metallar dördüncü dövrün keçid metalları adlanırlar. Bunlarda sanki metallıq xassələrinin zəifləməsi dayanır. Onların oksidləri və hidrokسيدlərinin xassələri zəif əsasi xassəlidir və bir-birinə oxşayırlar. Beşinci dövrdə də demək olar ki, dördüncü dövrdəki xassələr təkrar olunur. Bu dövrdə keçid metalları stronsiumla indium arasında yerləşən elementlərdir. Bunlar ittrium, sirkonium, niobium, molibden, texnesium, rutenium, rodium, palladium, gümüş və kadmiumdur. Altıncı dövrdə metallıq xassəsinin dayanması 24 elementdə baş verir. Beşinci dövrdən fərqli olaraq bu dövrə daha 14 element daxil olur. Bunlar lantanoidlərdir (Z 58-dən 71-ə qədər). Lantanoidlər kimyəvi xassələri bir-birinə oxşar olan metallardır. Onlar su ilə reaksiyada hidrogen ayırmaqla hidrokسيدlər əmələ gətirirlər. Lantanoidlərdə üfüqi vəziyyətdə oxşarlıq da çoxdur. Lantanoidlərdən sonra yerləşən daha 10 element keçid elementləridir. Bunlar hafnium, tantal, volfram, renium, osmium, iridium, platin, qızıl və civədir.

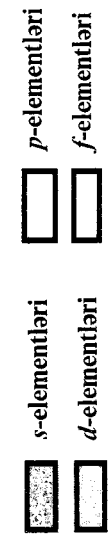
Cədvəl III-1. D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövrü sistem cədvəli

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VIIa	VIIIa
H 1,0079 1s ¹ Hidrogen	He 4,00260 1s ² Helium	Li 6,941 2s ² 2p ¹ Litium	Be 9,01218 2s ² Berillium	B 10,81 2s ² 2p ¹ Bor	C 12,011 2s ² 2p ² Karbon	N 14,0067 2s ² 2p ³ Azot	O 15,9994 2s ² 2p ⁴ Oksigen	F 18,99840 2s ² 2p ⁵ Fluor	Ne 20,179 2s ² 2p ⁶ Neon		
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Na 22,98976 3s ² 3p ¹ Natrium	Mg 24,305 3s ² 3p ² Magneziyum	Al 26,98154 3s ² 3p ¹ Alüminium	Si 28,086 3s ² 3p ² Silisium	P 30,97376 3s ² 3p ³ Fosfor	S 32,06 3s ² 3p ⁴ Kükürd	Cl 35,453 3s ² 3p ⁵ Xlor	Ar 39,948 3s ² 3p ⁶ Arqon	K 39,098 4s ¹ Kalium	Ca 40,08 4s ² Kalsium	Sc 44,9559 3d ¹ 4s ² Skandium	Ti 47,90 3d ² 4s ² Titan
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Rb 85,4678 5s ² Rubidium	Sr 87,62 5s ² Stronsium	Y 88,9059 4d ¹ 5s ² İtrium	Zr 91,22 4d ² 5s ² Sirkonium	Nb 92,9064 4d ⁴ 5s ¹ Niobium	Mo 95,94 4d ⁵ 5s ¹ Molibden	Tc 98,9062 4d ⁵ 5s ² Texnesium	Ru 101,07 4d ⁷ 5s ¹ Rutenium	Rh 102,9055 4d ⁸ 5s ¹ Rodium	Pd 106,4 4d ¹⁰ 5s ¹ Palladium	Ag 107,868 4d ¹⁰ 5s ¹ Gümüş	Cd 112,40 4d ¹⁰ 5s ² Kadmium
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Cs 132,9054 6s ¹ Seziyum	Ba 137,34 6s ² Barium	La* 138,9055 5d ¹ 6s ² Lantan	Hf 178,49 5d ⁴ 6s ² Hafnium	Ta 180,9479 5d ³ 6s ² Tantal	W 183,85 5d ⁴ 6s ² Volfram	Re 186,207 5d ⁵ 6s ² Renium	Os 190,2 5d ⁶ 6s ² Osmium	Ir 192,22 5d ⁷ 6s ² İridium	Pt 195,09 5d ⁹ 6s ¹ Platin	Au 196,9665 5d ¹⁰ 6s ¹ Qızıl	Hg 200,59 5d ¹⁰ 6s ² Cive
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Fr [223] 7s ¹ Fransium	Ra 226,0254 7s ² Radium	Ac** [227] 6d ¹ 7s ² Aktinium	Db [261] 6d ³ 7s ² Dubnium	Rf [263] 6d ⁴ 7s ² Rezerfordium	Bh [262] 6d ⁵ 7s ² Borium	Hn [265] 6d ⁶ 7s ² Hanium	Mt [266] 6d ⁷ 7s ² Meitnerium	110	111	112	

67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Dy 162,50 4f ¹⁰ 6s ² Disproziyum	Ho 164,9304 4f ¹¹ 6s ² Holmiyum	Er 167,26 4f ¹² 6s ² Erbium	Tm 168,9342 4f ¹³ 6s ² Tulium	Yb 173,04 4f ¹⁴ 6s ² İtterbiyum	Lu 174,97 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² Lütetsium														
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Cf [251] 5f ¹⁰ 7s ² Kalifornium	Fm [257] 5f ⁷ 7s ² Fermium	Md [258] 5f ⁹ 7s ² Mendeleyevium	No [255] 5f ¹⁴ 7s ² Nobelium	Lr [256] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Lawrensium															



Atom kütlələri 1973-cü ildə qəbul olunan Beynəlxalq cədvələ uyğun olaraq karbon şkalasına görə verilmişdir. Kvadrat mötərizədə daha davamlı izotopun kütlə ədədi verilmişdir.



* lantanoidlər

** aktinoidlər

Altıncı dövrün sonuna yaxın olan tallium, qurğuşun vismut və poloniumda atom nüvəsinin yükü artdıqca metallıq xassəsinin zəifləməsi daha çox nəzərə çarpır.

VII dövrdə atom nömrəsi 87-110 olan 24 element var. Bunlardan 14-ü (atom nömrəsi 90-103 olan) aktinoidlərə aiddir. Onlar da lantanoidlər kimi ayrıca yazılır. Lantanoidlərdən fərqli olaraq aktinoidlərdə üfüqi vəziyyətdə oxşarlıq bir qədər zəifdir. Göründüyü kimi, bütün dövrlərdə atom nüvəsinin yükü artdıqca metallıq xassələri azalır. Atomun elektron quruluşuna əsasən demək olar ki, metallıq xassəsi xarici energetik səviyyədəki elektronların nüvə ilə əlaqəsindən asılıdır. Bu əlaqə zəif olduqda metallıq xassəsi artır. Dövri qanun elementləri sıralarda yerləşdirməyə və həmin sıralarda hər bir elementin yerini dəqiq təyin etməyə imkan verir. Xassələrin dövri olaraq dəyişməsinə əsasən, elementin özünün yerləşdiyi dövrdəki və qonşu dövrlərdəki elementlərin xassələrinə əsasən onun xassələrini qabaqcadan söyləmək olur. Bütün bunlar onu göstərir ki, dövri qanun əsasında elementlərə bir-birilə əlaqəli şəkildə baxmaq olar və onun əsasında vahid toplu formasında təqdim etmək olar. Bu toplu bizim nəzərdən keçirdiyimiz dövri sistem cədvəlidir. Dövri sistem cədvəli dövri qanunun əyani ifadəsidir. İndiyə qədər dövri sistem cədvəlinin 400-dən çox variantı düzəldilmişdir. Ayrı-ayrılıqda onların hər birinin müəyyən üstünlükləri olmasına baxmayaraq geniş yayıla bilməmişlər. Dövri sistem cədvəlinin iki variantından daha çox istifadə edilir. Bunlar uzundövrü və qısadövrü formalardır. Biz yuxarıda uzundövrü formanı nəzərdən keçirdik (cədvəl III-1).

Dövrələri üfüqi sıralarda yerləşdirdikdə şaquli sütunlar alınır. Həmin sütunlar yarımqruplar adlanırlar. I və II dövrlərin elementləri ilə başlanan yarımqrup, əsas yarımqrup adlanır. IV dövrün elementi ilə başlanan yarımqrup əlavə yarımqrup adlanır. Bunlara əsasən dövri sistem cədvəli üfüqi vəziyyətdə yeddi dövrə, şaquli vəziyyətdə isə on altı yarımqrupa bölünür. I a, II a, III a, IV a, V a, VI a, VII a və VIII a yarımqrupları əsas yarımqruplardır, I b, II b, III b, IV b, V b, VI b, VII b və VIII b yarımqrupları isə əlavə yarımqruplardır. Yarımqrupların bəzilərinin xüsusi adları var:

I a yarımqrupu (Li-Fr)-qələvi metallar

II a yarımqrupu (Ca-Ra)-qələvi-torpaq metalları

VI a yarımqrupu (O-Po)-xalkogenlər

VII a yarımqrupu (F-At)-halogenlər

VIII a yarımqrupu (He-Rn)-təsirsiz qazlar

III b yarımqrupundan (La-Lu)-lantanoidlər

III b yarımqrupundan (Ac-Lr)-aktinoidlər adlanırlar.

VIII b yarımqrupunda üç triada var: (Fe-Co-Ni, Ru-Rh-Pd, Os-Ir-Pt), bunlardan Fe-Co-Ni dəmir ailəsi, qalan iki triada isə platin ailəsi adlanır. Əsas yarımqrup elementlərinin əksəriyyəti üçün R_2O_N yaxud $RO_{N/2}$ tərkibli duz əmələ gətirən oksid əmələ gətirmək xarakterikdir. Burada R-element, N-elementin yerləşdiyi yarımqrupun nömrəsidir. Birinci formul N-in tək qiymətinə, ikinci formul isə cüt qiymətinə uyğun gəlir. Məsələn, litium birinci qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir, deməli N tək ədəddir, oksidin formulu Li_2O_1 olmalıdır, 1 indeksi yazılmadığına görə Li_2O yazılır. Alüminium-oksidin formulu R_2O_N formuluna əsasən Al_2O_3 olmalıdır. Ona görə ki, alüminium III qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir, N-in qiyməti tək ədəddir. Azot və xlorun da oksidləşmə dərəcəsi maksimum olan oksidlərinin formulunu bu yolla düzəldirik: N_2O_5 , Cl_2O_7 . Kalsium II qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir. $RO_{N/2}$ formuluna əsasən oksidinin formulu $CaO_{2/2}$ yaxud CaO olmalıdır. Ona görə ki, $\frac{2}{2}=1$. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, indekslərdə 1 yazılmır. Kükürdün oksidləşmə dərəcəsi maksimum olan oksidin (baş oksidin) formulunu düzəldək. Kükürd VI qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir. Burada $RO_{N/2}$ formuluna əsasən $SO_{6/2}$ olur. Buradan SO_3 alırıq.

Qeyri-metallıq xassəsi göstərən elementlər yerləşən yarımqruplar üçün RH_{8-N} formulunu yazmaq olar. Bu hidridlərin ümumi formuludur. Oksidlərdə olduğu kimi N

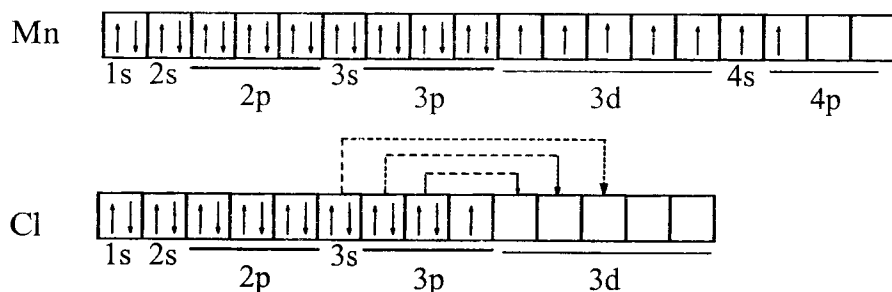
yarımqrupun nömrəsidir. Bunlara misal olaraq CH_4 , NH_3 , H_2O , HF və s. göstərmək olar. Burada N-8 elementin oksidləşmə dərəcəsidir. Məsələn, karbon IV qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir. N-8 formuluna əsasən $4-8 = -4$ alırıq və $\overset{-4}{\text{C}}\text{H}_4$ yazı bilərik.

Yarımqruplarda elementlərin atom nömrələri artdıqca (yuxarıdan aşağıya doğru) metallıq xassəsi artır. Metallıq xassəsi ən yüksək olan element I a yarımqrupun (I qrupun əsas yarımqrupunda) axırında yerləşən fransiumdur. Buna baxmayaraq metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında birinci yerdə litium durur. Bunun səbəbini «Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırası» mövzusunda aydınlaşdıracağıq. Qeyri-metallıq xassəsi ən yüksək olan element VII a yarımqrupunda yerləşən flüordur. Əlavə yarımqrup elementləri özlərini başqa cür aparırlar. Həmin yarımqruplarda elementlərin atom nüvəsinin yükü (Z) artdıqca (yuxarıdan aşağıya doğru) metallıq xassəsinin artması kəskin nəzərə çarpmır. Hətta bəzilərinə azalır. Məsələn, I b yarımqrupunda yerləşən metallardan (Cu, Ag, Au) ən fəalı misdir. Əlavə yarımqruplarda yerləşən elementlərin hamısı metaldır. Onların maksimum oksidləşmə dərəcəsi qrupun nömrəsinə bərabərdir. Bunlara misal olaraq ZnO , Sc_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , CrO_3 , Mn_2O_7 göstərmək olar. VIII b yarımqrupunda yerləşən elementlərdən yalnız osmium və ruteniumun oksidləşmə dərəcəsi +8 olan birləşmələri OsO_4 , RuO_4 , OsF_8 alınmışdır. I b yarımqrupunda yerləşmələrinə baxmayaraq misin, gümüşün və qızılın oksidləşmə dərəcəsi +3 olan birləşmələri $\text{K}[\text{Cu}(\text{OH})_4]$, $\text{K}_7[\text{Cu}(\text{IO}_6)_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KAgF_4 , KAuCl_4 və s. alınmışdır. VIII b və III b yarımqrupları digər yarımqruplardan fərqlənirlər. VIII b yarımqrupunda üç deyil, doqquz element var. Bunlar hər birində üç element olmaqla üç sütun əmələ gətirmişlər. Kimyəvi xassələrinin oxşarlığı bunları bir yarımqrupda birləşdirməyə imkan vermişdir. Əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi, üfüqi vəziyyətdə bunlar triadalar (üçlüklər) əmələ gətirirlər: birinci triadanı Fe, Co, Ni, ikinci triadanı Ru, Rh, Pd üçüncü triadanı Os, Ir, Pt təşkil edir. Bunlardan Fe, Co, Ni dəmir ailəsini, qalan iki triada isə platin ailəsini əmələ gətirir.

III b yarımqrupunda 32 element var. Lantanoidlər və aktinoidlər də bu yarımqrupa daxildir. Lantanoidlərin və aktinoidlərin elementlərin təbii ardıcılığında ayrı-ayrı sıralarla yazılması süni xarakter daşıyır və belə formada tərtib edilən dövri sistem cədvəlinin çatışmayan cəhəti hesab edilir. Lakin dövri sistem cədvəlinin «uzun» formaları da var. Belə cədvəllərdə bütün elementlər dövrlər üzrə atom nüvələrinin yükünün artması sırası ilə yerləşdirilir (cədvəl III-2).

Elə qruplar var ki, onların əsas və əlavə yarımqruplarında yerləşən elementlər bir-birindən kəskin surətdə fərqlənirlər. Lakin buna baxmayaraq onların birləşmələrinin xassələrində oxşar cəhətlər var. Bunu eyni qrupda yerləşən manqan və xlorun misalında nəzərdən keçirək. Bu elementlərin hər ikisi VII qrupda yerləşir. Xlor əsas yarımqrupda manqan isə əlavə yarımqrupda yerləşir. Formal olaraq onların maksimal oksidləşmə dərəcəsi +7 olmalıdır və bundan aşağı oksidləşmə dərəcəsi olan birləşmələr əmələ gətirməlidirlər. Normal vəziyyətdə manqan atomunun elektron quruluşu belədir:

Mn



Cədvəl III-2. D.İ. Mendeleevin elementlərin dövri sistem cədvəlinin uzun variantı

Dövrələr	Aillələr										Qruplar																						
	Ia	IIa	IIIb											IVb	Vb	Vİb	VIIb	IIb	IIIa	IVa	Va	Vİa	VIIa	VIIIa									
1	(H)																																
2	3	4																															
	Li	Be																															
	6,939	9,012																															
3	11	12																															
	Na	Mg																															
	22,99	24,305																															
4	19	20	21																														
	K	Ca	Sc																														
	39,10	40,08	44,96																														
5	37	38	39																														
	Rb	Sr	Y																														
	85,47	87,62	88,90																														
6	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
	132,9	137,34	138,91	140,12	140,91	144,24	147	150,35	151,96	157,25	158,92	162,50	164,93	167,26	168,934	173,04	174,97	178,49	180,948	183,85	186,2	190,2	192,2	195,09	196,967	200,59	204,37	207,19	208,980	210	222		
7	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109										
	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Db	Jl	Rf	Bh	Hs	Mt										
	[223]	[226]	[227]	[232,04]	[231]	[238,03]	[237]	[244]	[243]	[247]	[251]	[254]	[257]	[258]	[258]	[255]	[256]	[261]	[262]	[263]	[262]	[265]	[266]										
	s^1	s^2	d^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	f^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1	d^1		

(s)

(f)

(d)

(p)

Xlor atomunda oxlarla elektronların qoşalaşmış vəziyyətdən qoşalaşmamış vəziyyətə keçməsi göstərilmişdir. Elektronlar qoşalaşmamış vəziyyətə keçdikdə, xlorun valentliyi müvafiq olaraq 1, 3, 5 və 7 olur.

Manqan oksigenlə bir neçə oksid əmələ gətirir. Bunlarda onun oksidləşmə dərəcəsi +2-dən +7-yə qədər artır. Manqan-monooksid MnO əsasi oksiddir, ona uyğun gələn hidrokسيد $Mn(OH)_2$ əsasdır. Manqan-dioksid MnO_2 adi şəraitdə davamlıdır, formal olaraq ona $Mn(OH)_4$ hidrokسيدı uyğun gəlir və həmin hidrokسيدin duzlarından $(CH_3COO)_4Mn$ və $CaMnO_3$ göstərmək olar. Göründüyü kimi, birinci duzda manqan duzun kationunun, ikinci duzda isə anionunun tərkibindədir. Deməli, $Mn(OH)_4$ amfoter hidrokسيدdir. Manqan-trioksid MnO_3 manqanat anhidrididir. Ona uyğun gələn turşu H_2MnO_4 manqanat turşusudur. Dimanqan-heptaoksid Mn_2O_7 permanqanat anhidrididir. Ona uyğun gələn turşu $HMnO_4$ permanqanat turşusudur. Xlor da bir sıra oksidlər əmələ gətirir, həmin oksidlərdə xlorun oksidləşmə dərəcəsi artdıqca turşuluq xassəsi artır. Cl_2O -ya $HClO$ uyğun gəlir və o, zəif turşudur. Cl_2O_3 -ə $HClO_2$ uyğun gəlir, bu da zəif turşudur. ClO_2 -yə $HClO_2$ və $HClO_3$ turşuları, Cl_2O_6 -ya $HClO_3$ və $HClO_4$ uyğun gəlir. Cl_2O_7 -nin su ilə reaksiyasından ən qüvvətli turşu $HClO_4$ əmələ gəlir. Göründüyü kimi, xlor və manqan bir-birilə oxşar olan birləşmələr əmələ gətirirlər. Onların hər ikisinin oksidləşmə dərəcəsi artdıqca oksid və hidrokسيدlərinin turşuluq xassəsi artır. Oksidləşmə dərəcəsi +7 olan birləşmələrdə oxşarlıq daha çoxdur. Məsələn, Mn_2O_7 yaşılımtıl-qonur mayedir, çox davamsızdır, qızdırdıqda partlayışla parçalanır. Cl_2O_7 -yağlıtəhər mayedir, zərbənin təsirindən güclü partlayış əmələ gətirir. $HMnO_4$ və $HClO_4$ güclü turşulardır. Hər iki turşu qüvvətli oksidləşdiricidir.

Dövri sistem cədvəlinin bəzi variantlarında s elementi kimi hidrogen I qrupun əsas yarımqrupunda, bəzilərində isə VII qrupun əsas yarımqrupunda yerləşdirilir. Qələvi metallar kimi hidrogen H^+ ionu əmələ gətirir, sərbəst halda reduksiyaedicidir. Maraqlıdır ki, çox aşağı temperaturda (4,2 K) və yüksək təzyiqdə (3 mln. atm.) metallik hidrogen alınmışdır. Bunlara əsasən hidrogeni I qrupun əsas yarımqrupunda yerləşdirirlər. Lakin son vaxtlar nəşr olunan dərsliklərdə verilən dövri sistem cədvəllərində hidrogeni VII qrupun əsas yarımqrupunda yerləşdirirlər. Bunun səbəbi aşağıdakılardır: hidrogen fiziki xassələrinə görə halogenlərə daha çox oxşayır, onlar kimi sərbəst halda ikiatomlu molekullar əmələ gətirir. Halogenid ionuna uyğun olaraq hidrid ionu H^- əmələ gətirir, onunla eyni dövrdə yerləşən təsirsiz qazın, heliumun elektron quruluşunu kəsb edir. Hidrogenin halogenlərlə eyni tipli birləşmələri var: KBH_4 , $KAlH_4$ və KBF_4 , $KAlCl_4$. Üzvi birləşmələrdə hidrogen asanlıqla halogenlə əvəz olunur. Bunlara əsasən müasir cədvəllərdə hidrogen VII qrupda flüorun üstündə yerləşdirilir. Bunu dövri qanunun məntiqi tələb edir. Ona görə ki, hidrogen I qrupda yerləşdirilsəydi onun ikinci dövrdəki analoqu litium olardı və bunların nüvələrinin yükü arasındakı fərq iki vahid olardı. VII qrupda olduqda hidrogenlə onun analoqu flüorun nüvəsinin yükü arasındakı fərq səkkiz vahid olur, digər analoqlarda da belədir.

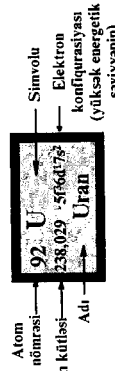
Yuxarıda nəzərdən keçirdiklərimiz dövri sistem cədvəlinin «uzun» formasına aiddir. İndi isə onun «qısa» formasını nəzərdən keçirək (cədvəl III-3). Cədvəl bu formasında a və b yarımqrupları bir qrupda birləşdirilib. Hər bir qrupda əsas və əlavə yarımqruplar aydın nəzərə çarpan sütunlarda verilib. Əsas və əlavə yarımqruplardakı elementlərin maksimal oksidləşmə dərəcəsi qrupun nömrəsinə bərabərdir. Cədvəl bu formasının çatışmayan cəhəti onun sağ tərəfində eyni qrupda xassələri bir-birindən fərqlənən elementlərin yerləşməsidir. Məsələn, xrom və oksigen, manqan və flüor yanaşı sütunlarda yerləşirlər. VIII qrupun əsas yarımqrupunda təsirsiz qazlar əlavə yarımqrupunda isə metallar yerləşir.

Dövri sistem cədvəlinin hər iki formasının üstünlükləri və çatışmayan cəhətləri var. Hər hansı konkret məsələnin həllində ola bilər ki, biri digərindən üstün olsun. Lakin bunların arasında kəskin prinsipal fərq yoxdur.

Cədvəl III-3. D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövrü sistem cədvəlinin qısa forması

Atom kütlələri 1973-cü ildə qəbul olunan Beynəlxalq cədvələ uyğun olaraq karbon şkalasına görə verilmişdir. Kvadrat mərtəzədə daha davamlı izotopun kütlə ədədi verilmişdir.

		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	H																
2	Li	3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne
	6,941	6,941	Li	9,01218	Be	10,81	B	12,011	C	14,0067	N	15,9994	O	18,99840	F	20,179	Ne
			2s ¹		2s ²		2s ² 2p ¹		2s ² 2p ²		2s ² 2p ³		2s ² 2p ⁴		2s ² 2p ⁵		2s ² 2p ⁶
3	Na	11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar
	22,9898	22,9898	Na	24,305	Mg	26,98154	Al	28,086	Si	30,97376	P	32,06	S	35,453	Cl	39,948	Ar
			3s ¹		3s ²		3s ² 3p ¹		3s ² 3p ²		3s ² 3p ³		3s ² 3p ⁴		3s ² 3p ⁵		3s ² 3p ⁶
4	K	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe
	39,098	39,098	K	40,08	Ca	44,9559	Sc	47,90	Ti	50,9414	V	51,996	Cr	54,9380	Mn	55,847	Fe
			4s ¹		4s ²		4s ² 3d ¹		4s ² 3d ²		4s ² 3d ³		4s ² 3d ⁴		4s ² 3d ⁵		4s ² 3d ⁶
4	Cu	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
	63,546	63,546	Cu	65,38	Zn	69,72	Ga	72,59	Ge	74,9216	As	78,96	Se	79,904	Br	83,80	Kr
			4s ¹ 3d ¹⁰		4s ² 3d ¹⁰		4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹		4s ² 3d ¹⁰ 4p ²		4s ² 3d ¹⁰ 4p ³		4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁴		4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵		4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶
5	Rb	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru
	85,4678	85,4678	Rb	87,62	Sr	88,9059	Y	91,22	Zr	92,9064	Nb	95,94	Mo	98,9062	Tc	101,07	Ru
			5s ¹		5s ²		5s ² 4d ¹		5s ² 4d ²		5s ² 4d ³		5s ² 4d ⁴		5s ² 4d ⁵		5s ² 4d ⁶
5	Ag	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
	107,868	107,868	Ag	112,40	Cd	114,82	In	118,69	Sn	121,75	Sb	127,60	Te	126,9045	I	131,30	Xe
			5s ¹ 4d ¹⁰		5s ² 4d ¹⁰		5s ² 4d ¹⁰ 5p ¹		5s ² 4d ¹⁰ 5p ²		5s ² 4d ¹⁰ 5p ³		5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁴		5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁵		5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶
6	Cs	55	Cs	56	Ba	57	La*	58	Ce	59	Au	60	Hg	61	Tl	62	Pb
	132,9054	132,9054	Cs	137,34	Ba	138,9055	La*	140,9077	Ce	173,054	Au	200,59	Hg	204,37	Tl	207,2	Pb
			6s ¹		6s ²		6s ² 4f ¹ 5d ⁰		6s ² 4f ¹ 5d ⁰		6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰		6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰		6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰		6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹⁰
6	U	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es
	238,029	238,029	U	237,0482	Np	244	Pu	243	Am	247	Cm	247	Bk	251	Cf	254	Es
			6d ¹ 5f ³		6d ¹ 5f ⁴		6d ¹ 5f ⁶		6d ¹ 5f ⁷		6d ¹ 5f ⁸		6d ¹ 5f ⁹		6d ¹ 5f ¹⁰		6d ¹ 5f ¹¹
7	Fr	87	Fr	88	Ra	89	Ac**	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu
	[223]	[223]	Fr	226,0254	Ra	[227]	Ac**	232,0381	Th	231,0359	Pa	238,029	U	237,0482	Np	244	Pu
			7s ¹		7s ²		7s ² 5f ¹ 6d ¹		7s ² 5f ²		7s ² 5f ³		7s ² 5f ⁴		7s ² 5f ⁵		7s ² 5f ⁶



* lantanoidlər

** aktinoidlər

§ 3. Elementlərin xassələrinin dövriliyinin fiziki mənası

Atomun quruluşu haqqında təlim dövrü qanununun fiziki mənasını açmışdır. Hazırda atomun əsas xarakteristikası onun kütləsi deyil, nüvəsinin müsbət yüküdür. Bu atomu, yəni kimyəvi elementi daha dəqiq xarakterizə edir. Nüvənin yükü onun elektron örtüyündəki energetik səviyyələrdəki elektronların sayını məyyən edir. Elementin xassələrini isə onun atomunun elektron quruluşu müəyyən edir. Bununla əlaqədar olaraq dövrü qanunun ifadəsi dəyişmişdir. Onun müasir tərifı belədir: *kimyəvi elementlərin (onlardan əmələ gələn bəsit və mürəkkəb maddələrin) xassələri atom nüvələrinin yükündən dövrü sürətdə asılıdır.*

Dövrü qanunun yeni tərifı ona D.İ.Mendeleyevin verdiyi təriflə ziddiyyət təşkil etmir. O, yeni materiala əsaslanaraq dövrü qanuna və dövrü sistemə elmi əsas verir. Dövrü sistem cədvəli dövrü qanunu və elementlərin atomunun quruluşunu əks etdirir. Atomun quruluş nəzəriyyəsi elementlərin xassələrinin dövriliyinin səbəbini aydınlaşdırır. Atomun nüvəsinin yükü artdıqca elektron örtüyünün quruluşu (xarici energetik səviyyədəki elektronların sayı) dövrü olaraq təkrar olunur. Elementlərin kimyəvi xassələri də bundan asılıdır. Ona görə də kimyəvi xassələri dövrü olaraq təkrar olunur. Dövrü qanunun fiziki mənası bundan ibarətdir. Məsələn olaraq II, III və IV dövrlərin birinci və axırncı elementlərini nəzərdən keçirək. Həmin dövrlərin birinci elementləri: $\text{Li}[\text{He}]2s^1$, $\text{Na}[\text{Ne}]3s^1$, $\text{K}[\text{Ar}]4s^1$. Sonuncu elementləri: $\text{Ne}[\text{He}]2s^2 2p^6$, $\text{Ar}[\text{Ne}]3s^2 3p^6$, $\text{Kr}[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^6$. Göründüyü kimi, bu dövrlərin əvvəlində yerləşən elementlərin xarici energetik səviyyəsində bir s elektronu var (tamamlanmamış təbəqə). Ona görə də xassələri oxşardır. Valent elektronlarını asanlıqla verirlər. Bu isə onların metallik xassəsini təmin edir. Dövrələrin sonunda yerləşən təsirsiz qazların atomlarının xarici energetik səviyyəsində 8 elektron var ($ns^2 np^6$). Bu elektronlar yerləşən yarım səviyyələr tamamlanmışdır. Ona görə də onlar kimyəvi reaksiyalara çox çətin daxil olurlar. Kiçik dövrlərdə (I, II və III dövrlər) nüvənin müsbət yükü artdıqca birinci dövrdə xarici energetik səviyyədə elektronların sayı 1-dən 2-yə qədər, ikinci və üçüncü dövrlərdə 1-dən 8-ə qədər artır. Dövrün nömrəsi onda yerləşən element atomunun energetik səviyyələrinin sayına bərabərdir. Məsələn, dəmir dördüncü dövrdə yerləşir, onun atomunun elektron quruluşu belədir: ${}_{26}\text{Fe} 2.8.14.2$. Atomun nüvəsinin yükü artdıqca hansı energetik səviyyənin tamamlanmasından asılı olaraq elementlər dörd tipə ayrılır.

1. **s-elementləri.** Xarici s-yarım səviyyəsi tamamlanır ($s^1 - s^2$). Buraya H, He I A və II A qrup elementləri, yəni hər dövrün birinci iki elementi aiddir.
2. **p-elementləri.** Atomunun nüvəsinin yükü artdıqca xarici p-yarım səviyyəsi tamamlanır ($p^1 - p^6$), yəni elektron xarici p-yarım səviyyəsinə əlavə olunur. Buraya III A, IV A, V A, VI A, VII A və VIII A yarım qrup elementləri, yəni 1-ci və 7-ci dövrlərdən başqa qalan dövrlərin axırncı 6 elementi daxildir.
3. **d-elementləri.** Buraya aid olan elementlərin atomlarının xaricdən ikinci d-yarım səviyyəsi tamamlanır ($d^1 - d^{10}$), xarici energetik səviyyədə 1 yaxud 2 elektron, palladiumda Pd sıfır elektron qalır. d-elementlərinə I B, II B, III B, IV B, V B, VI B, VII B və VIII B elementləri aiddir. Bunlar s və p elementlərinin arasında yerləşirlər. Ona görə də keçid elementləri adlanırlar.
4. **f-elementləri.** Bunlarda atomlarının xaricdən üçüncü f-yarım səviyyəsi tamamlanır ($f^1 - f^{14}$), xarici energetik səviyyədə iki elektron qalır. Lantanoidlər və aktinoidlər f elementlərinə aiddir.

Dövrü sistem cədvəlində 14 s-elementi, 30 p-elementi, 38 d-elementi, 28 f-elementi var. Energetik səviyyələrin elektronlarla tamamlanması ardıcılığına əsasən elementlərin A və B qrupu elementlərinə bölünməsinə asanlıqla izah etmək olur. A qrupu elementlərində atom nüvəsinin yükü artdıqca elektron xarici s, yaxud p yarım səviyyəsinə əlavə olunur. B qrupu elementlərində isə elektron xaricdən ikinci d yarım səviyyəsinə (d elementlərində) yaxud lantanoidlərdə və aktinoidlərdə uyğun olaraq 4f və 5f yarım səviyyəsinə (f elementlərində) əlavə olunur. Deməli, hər yarım qrupdakı elementlərin atomlarının xarici energetik səviyyəsi oxşardır. Ona görə də xassələri oxşar olmalıdır.

Yarımqruplar üzrə elementlərin sıra nömrəsi artdıqca metallıq xassəsinin artmasını və qeyri-metallıq xassəsinin azalmasını atomun elektron quruluşuna əsasən izah etmək olur. Energetik səviyyələrdə flüor və yod atomlarında elektronların paylanması belədir: ${}_{9}\text{F}[\text{He}]2s^2 2p^5$, ${}_{53}\text{I}[\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^5$. Bunların hər ikisinin atomunun xarici energetik səviyyəsində 7 elektron var. Bu onların xassələrindəki oxşarlıqlarının səbəbidir. Lakin xarici elektronlar yod atomunda flüora nisbətən nüvədən uzaqdadır. Yod atomunun radiusu böyükdür, həmin elektronlar nüvə tərəfindən zəif cəzb olunur. Başqa sözlə desək, onda qeyri-metallıq xassələri flüora nisbətən xeyli zəifləyir. Həmin nəticəni litium və sezium haqqında da demək olar. ${}_{3}\text{Li}[\text{He}]2s^1$, ${}_{55}\text{Cs}[\text{Xe}]6s^1$ xarici energetik səviyyədəki elektron sezium atomunda litiuma nisbətən nüvədən uzaqdadır. Ona görə də nüvə tərəfindən zəif cəzb olunur. Sezium təbiətdə mövcud olan metalların ən fəalındır, bütün qələvi metallara nisbətən valent elektronunu ($6s^1$) asanlıqla verir. Havada öz-özünə alovlanır.

Beləliklə, atomun quruluşuna əsasən iki qanunauyğunluq var: 1) Dövri sistem cədvəlində dövrlərdə üfüqi vəziyyətdə soldan sağa doğru elementlərin metallıq xassələri zəifləyir, qeyri-metallıq xassələri isə artır. 2) Əsas yarımqruplarda şaquli vəziyyətdə elementlərin sıra nömrələri artdıqca metallıq xassələri artır.

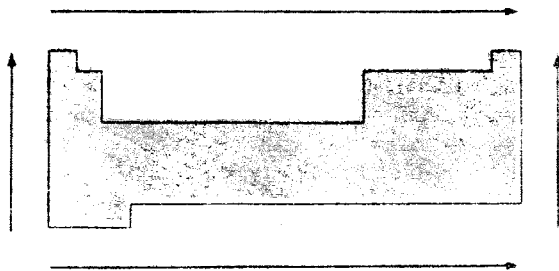
Dövri sistem cədvəli kimyəvi rəbitə haqqında da fikir yürütməyə imkan verir. Məsələn, rubidium və yodun xlorla qarşılıqlı təsirdən alınan xloridlərdə (RbCl və ICl) kimyəvi rəbitə bir-birindən əsaslı surətdə fərqlənirlər. Rubidium beşinci dövrün əvvəlində yerləşir, fəal metaldır. Xlor üçüncü dövrün sonuncudan əvvəlki elementidir, fəal qeyri-metaldir. Bunların

arasındakı ümumi elektron cütü demək olar ki, tamamilə xlorə tərəf keçmişdir: $\text{Rb}^+ \left[\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}} \right]^-$.

Deməli, bu ionların arasındakı rəbitə ion rəbitəsidir. Yod isə beşinci dövrün sonuncudan əvvəlki elementidir. Lakin onun elektromənfiliyi (2,21) xlorun elektromənfiliyindən (2,83) az olduğuna görə aralarındakı ümumi elektron cütü qismən xlorə tərəf cəzb olunur,

kovalent polyar rəbitə yaranır: $\text{ICl} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{I}}} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}$. Elementlərin xassələri bir-birindən

kəskin surətdə fərqlənmədiyinə görə aralarında ion rəbitəsi yaranmır. Dövrələr və qruplar üzrə elementlərin xassələrinin dövri olaraq dəyişməsinə izləmək və onların səbəbini izah etmək üçün atomun ən vacib xassələrindən biri onun radiusudur. Atomun radiusunu dəqiq müəyyən etmək çətindir. Müasir təsəvvürlərə görə atomu xovlu kürəciyə bənzətmək olar. Atomun radiusunu rentgenometrik məlumatlara əsasən hesablayırlar. Dövrələr üzrə atom nüvəsinin yükü artdıqca, soldan sağa doğru elementlərin atomlarının radiusu azalır.



Şəkil III-2. Dövri sistem cədvəlində atom radiusunun dəyişməsi. Oxlarla atom ölçülərinin azalması istiqaməti göstərilmişdir.

Li	Be	B	C	N	O	F
$1,52 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$1,13 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$0,88 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$0,77 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$0,74 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$0,66 \overset{\circ}{\text{Å}}$	$0,64 \overset{\circ}{\text{Å}}$

Nüvənin yükü artdıqca elektronların cəzb olunması güclənir, atomun radiusu azalır. Lakin, böyük dövrlərdə d və f elementlərində element atomlarının radiusu tədricən azalır. d-sırası elementlərində atomların radiusunun azalması d-sıxılması adlanır. d-sıxılması VIII B-grupu elementlərində daha aydın nəzərə çarpır:

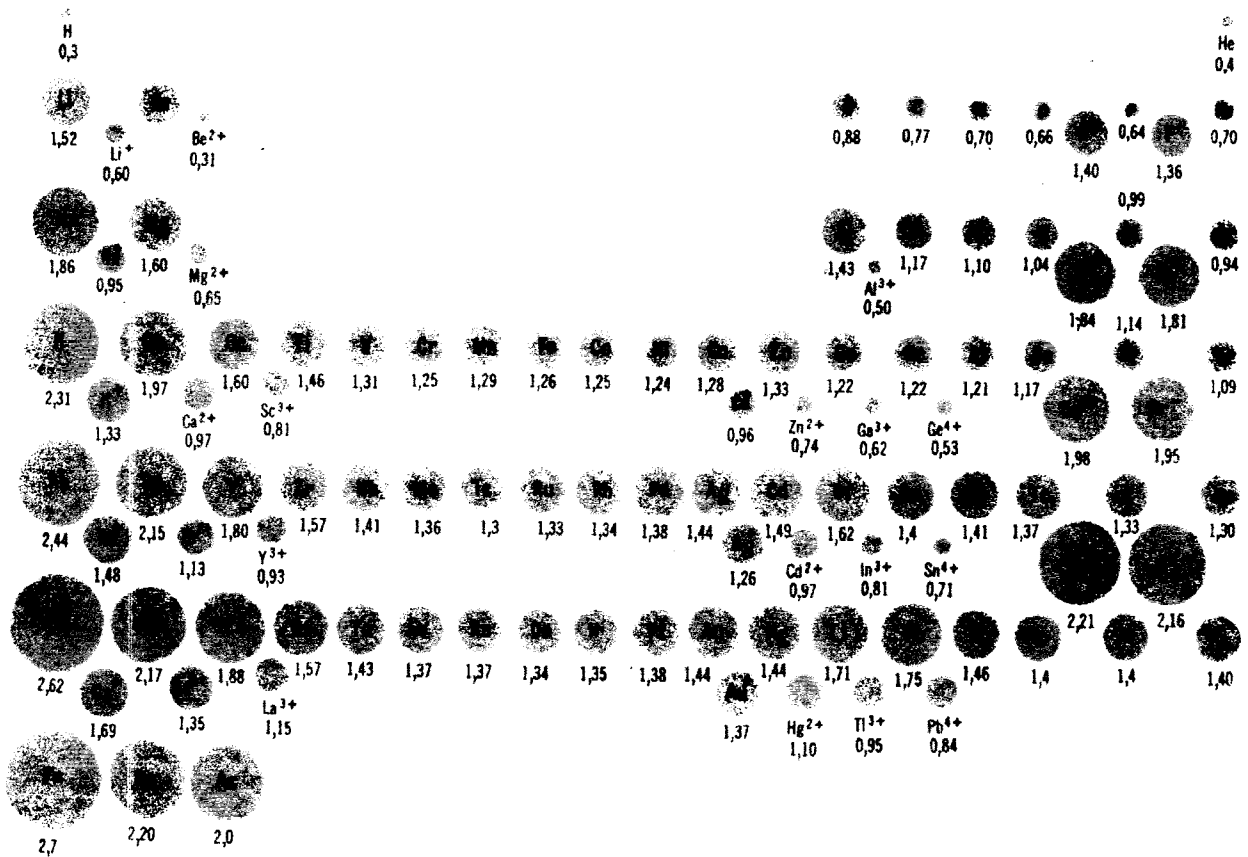
$$\text{Fe } r_{(\text{atom})} = 1,26 \overset{\circ}{\text{Å}}, \text{ Co } r_{(\text{atom})} = 1,25 \overset{\circ}{\text{Å}}, \text{ Ni } r_{(\text{atom})} = 1,24 \overset{\circ}{\text{Å}}.$$

Lantanoidlərdə atomların radiusunun azalması lantanoid sıxılması adlanır. Bunun da səbəbi nüvənin yükü artdıqca elektronların daha çox cəzb olunmasıdır. Energetik

səviyyələrin sayına görə volframın atomunun radiusu molibdenin atomunun radiusundan böyük olmalıdır. Lakin onlar təqribən eynidirlər: ${}_{42}\text{Mo}$ 2; 8; 18; 13; 1; ${}_{74}\text{W}$ 2; 8; 18; 32; 12; 2

$$\text{Mo } r_{(\text{atom})} = 1,36 \text{ \AA}; \quad \text{W } r_{(\text{atom})} = 1,37 \text{ \AA}.$$

Bunun səbəbi yeni energetik səviyyənin yaranması ilə əlaqədar olaraq, atomun radiusunun artmasının lantanoid sıxılması ilə kompensasiya olunmasıdır. Yəni atomun radiusunun artması lantanoid sıxılması ilə aradan qaldırılır. Daha bir misal, sirkonium atomunun radiusu $1,57 \text{ \AA}$ -ə bərabərdir. Ondan 32 element sonra gələn hafniumun da atom radiusu $1,57 \text{ \AA}$ -ə bərabərdir. Atomun radiusu elementin xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Ona görə də sirkonium və hafniumun xassələri bir-birinə oxşayır. Atom elektron verdikdə müsbət yüklü ion – kation əmələ gəlir və həmin ionun radiusu atomun radiusundan kiçik olur. Əksinə, atom elektron qəbul etdikdə alınan mənfə yüklü ionun – anionun radiusu ilkin atomun radiusundan həmişə böyük olur.



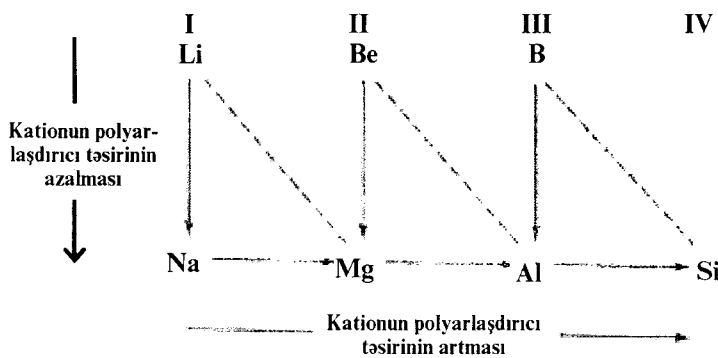
Şəkil III-3. Elementlərin atom və ion radiusları

İonun müsbət yükü artdıqca, yəni çoxlu elektron itirdikcə alınan ionun radiusu azalır. Məsələn, vanadium atomunun radiusu $1,31 \text{ \AA}$ olduğu halda V^{2+} , V^{3+} və V^{4+} ionlarının radiusu uyğun olaraq $0,88 \text{ \AA}$, $0,74 \text{ \AA}$ və $0,60 \text{ \AA}$ -ə bərabərdir. Atomla kationun energetik səviyyələri fərqli olduqda radiusları arasındakı fərq daha böyük olur. Məsələn, alüminium atomunun üç əsas energetik səviyyəsi var ${}_{13}\text{Al}$ 2; 8; 3. Onun radiusu $r_{(\text{atom})} = 1,43 \text{ \AA}$. Al^{3+} ionunun isə iki əsas energetik səviyyəsi var $[{}_{13}\text{Al } 2; 8]^{3+}$, onun radiusu $r_{(\text{ion})} = 0,50 \text{ \AA}$. Göründüyü kimi, Al^0 atomu ilə Al^{3+} ionlarının radiusları bir-birindən təqribən 3 dəfə fərqlidir.

Dövri sistem cədvəlində bir neçə yerdə elementlər nisbi atom kütlələrinin artması sırası

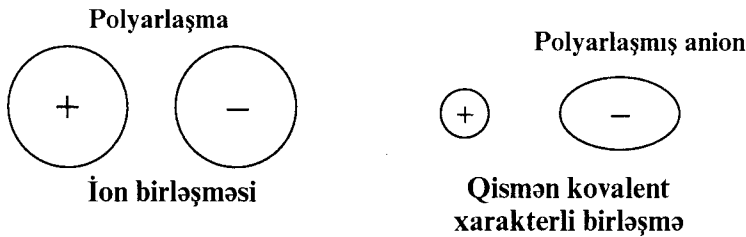
ilə yerləşməyib, yəni nisbi atom kütləsi çox olan element az olan elementdən sonra yerləşir. Bunlara misal olaraq aşağıdakıları göstərmək olar: Ar(39,948) – K(39,102), Co(58,933) – Ni(58,710), Te(127,60) – I(126,904), Th(232,038) – Pa(231). Həmin dövrdə bunları dövrü sistemin çatışmayan cəhəti adlandırmışlar. Atomun quruluş nəzəriyyəsi bunların izahını vermişdir. Mözli qanununa əsasən elementin dövrü sistem cədvəlindəki sıra nömrəsi eyni zamanda onun nüvəsinin müsbət yüküdür. Deməli, Mendeleev onları yuxarıda göstərilən qaydada yerləşdirərkən düzgün hərəkət etmişdir: $_{18}\text{Ar} - _{19}\text{K}$, $_{27}\text{Co} - _{28}\text{Ni}$, $_{52}\text{Te} - _{53}\text{I}$, $_{90}\text{Th} - _{91}\text{Pa}$.

Dövrü sistem cədvəlində elementlərin oxşarlıqları yalnız dövrlər və əsas yarımqruplarla məhdudlaşmır. Elementlərin xassələrində diaqonal üzrə də oxşarlıq var. Məsələn, litiumla maqnezium, berilliumla alüminium, borla silisium arasında fiziki və kimyəvi xassələrinə görə bir sıra oxşarlıq var. Bunun səbəbi onların kationlarının polyarlaşdırıcı qabiliyyətidir. Kationların polyarlaşdırıcı qabiliyyəti litiumdan natriuma doğru azalır və əksinə, natriumdan maqneziuma doğru artır. Deməli, bu xassə litiumla maqneziumda təqribən eyni olmalıdır.



Şəkil III-4. Dövrü sistem cədvəlində elementlərin diaqonal oxşarlığı.

Polyarlaşma – kationun təsirindən anionun elektron buludunun formasının dəyişməsidir. Kationun anionu polyarlaşdırmaq qabiliyyəti onun polyarlaşdırıcı qabiliyyəti adlanır. Polyarlaşma baş verdikcə birləşmənin kovalentliyi artır.



Şəkil III-5. İon birləşmələrinin qismən kovalent rabitə xarakterli birləşmələrə polyarlaşması.

Fayans qaydasına əsasən a) kationun radiusu kiçik olduqda; b) anionun radiusu böyük olduqda; c) bu ionların yükü böyük olduqda polyarlaşma və kovalentlik artır.

Yuxarıda biz elementlərin qruplarda, yarımqruplarda yerləşməsinə və elektron quruluşuna görə təsnifatını verdik. Bunlarla yanaşı bütün elementlər şərti olaraq metallara və qeyri-metallara bölünür. Qeyri-metallar bunlardır: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, I, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H. Qalan bütün elementlər metallara aiddir.

§ 4. Dövrü qanunun əhəmiyyəti

D.İ.Mendeleevin dövrü qanunu müasir kimyanın əsasını qoymuş, onu vahid elm halına salmışdır. Elementlərə dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyindən asılı olaraq, digər elementlərlə əlaqəli şəkildə baxılmağa başlanmışdır.

Dövrü qanun kəşf edilənə qədər kimya təsviri elm idi. Dövrü qanun kəşf edildikdən sonra

elmi uzaqgörənlik mümkün olmuşdur. Yeni elementlərin varlığını və onların xassələrini qabaqcadan xəbər vermək yalnız dövrü qanun sayəsində mümkün olmuşdur. Dövrü qanuna əsasən ilk və ən böyük elmi uzaqgörənliyi D.İ.Mendeleyev xəbər vermişdir. O, dövrü qanuna əsasən 29 elementin qabaqcadan varlığını xəbər vermiş və onların yerini dövrü sistemdə boş qoymuşdur. Dövrü qanuna əsasən elementlərin varlığını qabaqcadan xəbər vermək necə mümkün olmuşdur? Bu suala cavab vermək üçün dövrü sistem cədvəlində yeri boş qoyulan və onların ətrafındakı elementləri ayrıca nəzərdən keçirək. Dördüncü dövrün başlanğıcında kalsiumla titan arasında boş xana var. Həmin dövrün sonuna yaxın sinklə arsen arasında daha iki boş xana var.

	II	III	IV	V
2	Be 9	B 11	C 12	N 14
3	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31
4	Ca 40	?	Ti 48	V 51
	Zn 65	?	?	As 75
5	Sr 88	Y 89	Zr 91	Nb 94
	Cd 112	In 114	Sn 119	Sb 120

Birinci boş yerdəki elementi D.İ.Mendeleyev ekabor adlandırmışdır. Cədvəldə o kalsiumdan sonra gəlir. Sinklə yanaşı olan boş yerdəki elementi D.İ.Mendeleyev ekaalüminium, onunla yanaşı elementi isə ekasilisium adlandırmışdır. Ekabor kalsiumla (Ar = 40) titan (Ar = 48) arasında yerləşir. Deməli, onun nisbi atom kütləsi kalsiumla titanın atom kütləsinin orta qiymətinə yaxın olmalıdır: $\frac{40+48}{2} = 44$. Onun oksidinin

formulu bor və alüminium oksidlərinə analogi olaraq X_2O_3 olmalıdır. Ekabor yüngül metal olmalıdır, ona görə ki, o yüngül metalların kalsium və titanın arasında yerləşir. Üfüqi vəziyyətdəki qonşularının sıxlıqlarına əsasən ekaborun da nisbi sıxlığını təyin etmək olar. Kalsiumun sıxlığı $1,5 \text{ q/sm}^3$, titanın sıxlığı $4,5 \text{ q/sm}^3$ -dir. Bunlara əsasən ekaborun nisbi sıxlığı təqribən $\frac{1,5+4,5}{2} = 3,0 \text{ q/sm}^3$ olmalıdır. Ekaborun duzları rəngsiz olmalıdır. Ona

görə ki, qonşularının duzları rəngsizdir. Əsasi xassələri zəif olmalıdır. Ona görə ki, titanın oksidlərinin əsasi xassələri zəifdir. Həmin dövrdə heç kəsə məlum olmayan və heç kəsin görmədiyi elementin xassələrini bu yolla qabaqcadan xəbər vermək mümkün olmuşdur. Sinklə yanaşı olan ekaalüminiumun da xassələrinin bəzilərini bu yolla təsvir edək. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, D.İ.Mendeleyev sinklə arsen arasında iki boş xana qoymuşdur. Ona görə ki, sinkin nisbi atom kütləsi 65-dir, arsenin nisbi atom kütləsi isə 75-dir. Digər yanaşı olan elementlərdə bu qədər kəskin sıçrayış olmur. Şaquli vəziyyətdə alüminiumla eyni sütunda yerləşir, alüminium metaldır, deməli ekaalüminium da metal olmalıdır. Onun sıxlığı da məlum olan yaxın qonşularının sıxlığına əsasən təyin edilmişdir. Ekaalüminiumun sıxlığı 6-ya yaxın olmalıdır. Yüksək temperaturda alüminium-xlorid uçucudur. Ekaalüminiumun da xloridi uçucu olmalıdır. D.İ.Mendeleyev ekaalüminiumun xassələrini aşağıdakı sözlərlə qurtarmışdır: «Belə hesab etmək olar ki, o ondan sonra yerləşən indium və tallium kimi spektral analiz üsulu ilə kəşf ediləcək». Sonra dahi alimin bu uzaqgörənliyi də sübut olunmuşdur.

Dövrü qanunun kəşfindən altı il sonra 1875-ci ildə gənc fransız alimi spektroskopist P.Lekok de Buabodran Priney dağlarından gətirilmiş mineralda yeni element kəşf etdi. O, həmin elementi qallium adlandırdı. Fransanın qədim adı Qallium olmuşdur. Qallium çox nadir metaldır. Buabodran çox çətinliklə onun sancaq başı boyda nümunəsini ala bilmişdir.

O, bu kiçik nümunə vasitəsilə qalliumun bir sıra xassələrini, sıxlığını, ərimə temperaturunu, oksigenlə birləşməsinə, hətta duzlarını öyrənmişdir. Həmin vaxt Buabodran Paris akademiyası vasitəsilə rus markalı məktub almışdır və bu məktub onu çox təəccübləndirmişdir. Məktubda göstərilirdi ki, o, qalliumun bütün xassələrini doğru təyin etmişdir. Həmin elementin sıxlığı 4,7 deyil, 5,9 olmalıdır. Bu elementi Buabodrandan qabaq kim isə kəşf etmişdirmi? O, yenidən diqqətlə onun sıxlığını təyin etmişdir və məktubda göstərilən nəticəni almışdır. Əlbəttə, məktubun müəllifi D.İ.Mendeleyev idi. Kəşf edilən element isə onun qabaqcadan xəbər verdiyi ekaalüminium idi. Bundan dörd il sonra 1879-cu ildə İsveç kimyaçısı L.Nilson nadir qadolinin mineralında yeni element kəşf etdi və onu skandium adlandırdı. Bu element də D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi ekabor idi. Onun da xassələri D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi xassələrlə demək olar ki, eyni olmuşdur. 17 il sonra 1886-cı ildə alman alimi K.Vinkler germanium elementini kəşf etmişdir. Bu D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi ekasilisium idi. Onun da xassələri D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi xassələrə çox oxşar olmuşdur. Bununla əlaqədar K.Vinkler yazmışdır ki, «Bu yalnız D.İ.Mendeleyevin cəsarətli nəzəriyyəsinin sadəcə təsdiqi deyil, biz burada kimyəvi biliklərimizin genişləndiyini və dərk etmə sahəsində çox böyük irəli addım atıldığını da gördük».

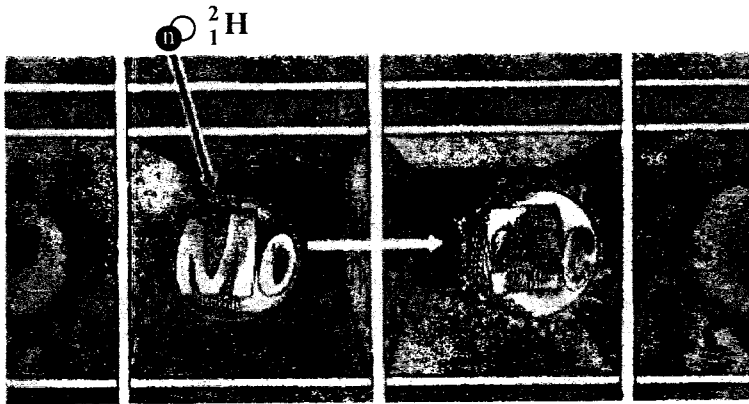
Cədvəl III-4. D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi ekabor, ekaalüminium və ekasilisiumun xassələrinin skandium, qallium və germaniumun xassələri ilə müqayisəsi

	D.İ.Mendeleyev qabaqcadan xəbər vermişdir	Eksperimental olaraq tapılmışdır
Element №21	Ekabor	Skandium, Sc
Atom kütləsi	45	44,9559
Metallın sıxlığı, q/sm ³	3,0	3,02
Xloridinin xassələri	Xloridi hiqroskopik maddədir	ScCl ₃ xloridi ScCl ₃ ·6H ₂ O kristalhidratını əmələ gətirir
Element №31	Ekaalüminium	Qallium, Ga
Atom kütləsi	68	62,73
Metallın sıxlığı, q/sm ³	6,0	5,097
Element №32	Ekasilisium	Germanium, Ge
Atom kütləsi	72	72,59
Metallın sıxlığı, q/sm ³	5,5	5,36
Oksidin xassələri	Oksidin asan reduksiya olunmasıdır	GeO ₂ -ni H ₂ və CO ilə qızdırdıqda reduksiya olunur
Oksidin sıxlığı, q/sm ³	4,7-yə yaxın olmalıdır	GeO ₂ -nin iki allotropik forması var. Onlardan birinin β-GeO ₂ -nin sıxlığı 4,48 q/sm ³ -dir
Xloridin xassələri	Tetraxloridi 90 °C-yə yaxın temperaturda qaynayan mayedir, sıxlığı 1,9 q/sm ³	GeCl ₄ -mayedir, 83 °C-də qaynayır, sıxlığı 1,87 q/sm ³ -dir

Dövri sistem cədvəlində dörd xana uzun müddət boş qalmışdır. Bunlar 43, 61, 85 və 87-ci xanalar idi. Bunlardan üçünü D.İ.Mendeleyev qabaqcadan xəbər vermişdir, 43-cü elementi o, ekamanqan, 85-ni ekayod və 87-ni ekaseziyum adlandırmışdır. Dördüncü yəni 61-ci element nadir torpaq elementi olmalıdır. Alimlərin bu elementləri təbiətdə axtarışı nəticə verməmişdir. Atom nüvələrinin xassələrini öyrənmək nəticəsində fiziklər belə nəticəyə gəlmişlər ki, 43, 61, 85 və 87-ci elementlərin sabit izotopları olmamalıdır. Onlar radioaktiv olmalıdırlar, yarımparçalanma dövrləri qısa olmalı və qısa vaxtda yox olmalıdırlar.

XX əsrin ən böyük kəşflərindən birinin elementlərin süni yolla sintezinin olduğunu desək səhv etmərik. Qısa tarixi vaxtda 40 ildə 18 element sintez edilmişdir. «Sintez» sözü sadəcə olaraq bəsit maddələrdən mürəkkəb maddələrin alınması prosesi kimi başa düşülür. Məsələn, kükürlə oksigenin qarşılıqlı təsirindən SO₂-nin alınması kimyəvi sintezdir. Elementlərin sintezini isə süni yolla nüvəsinin yükü az olan elementdən nüvəsinin yükü böyük olan elementin alınması kimi başa düşmək lazımdır. Proses isə nüvə reaksiyası adlanır. Onun da tənliyi adi kimyəvi reaksiyaların tənliyi kimi yazılır. Nüvə reaksiyasında reaksiyaya daxil olan maddələr hədəf, bombardman edən isə hissəcikdir. Hədəf sərbəst

yaxud birləşmələr halında olan istənilən element, bombardıman edən hissəcik isə α -hissəciklər, protonlar, neytronlar (hidrogenin ağır izotopu) həmçinin müxtəlif elementlər – bor, karbon, azot, oksigen, neon, arqon və digər elementlərin ionları olur. Yuxarıda qeyd etdiyimiz radioaktiv elementlər süni yolla alınmışdır. Onların alınması yolunu da dövrü qanun göstərmişdir. 43-cü element dövrü sistem cədvəlində beşinci dövrün ortasında yerləşir. Dördüncü dövrdə ona müvafiq yerdə manqan, altıncı dövrdə isə renium durur. Ona görə də 43-cü elementin xassələri manqan və reniumun xassələrinə oxşar olmalıdır. Onu sintez etmək üçün 42-ci elementin nüvəsinin yükünü bir vahid artırmaq lazımdır. 42-ci element molibdendir, onun 43-cü elementdən nüvəsinin yükü bir elementar yük azdır. Ən yüngül element olan hidrogen atomunun nüvəsinin yükü +1-ə bərabərdir. Deməli, 43-cü elementi molibden və hidrogen arasında gedən nüvə reaksiyasından almaq olar. Həmin element 1937-ci ildə bu yolla alınan ilk süni kimyəvi element olmuşdur. Onu texnesium adlandırmışlar. Molibden lövhə hidrogenin ağır izotopu ilə intensiv olaraq bombardman edilmişdir. Bunun üçün deyterium (hidrogenin ağır izotopu) çox böyük sürətlə tsiklotrona daxil edilir. Tsiklotrona çox böyük enerjili deyterium molibden atomunun nüvəsinə nüfuz edə bilər. Nəticədə nüvənin yükü bir vahid artır. Bundan sonra molibden lövhə (artıq bu molibden deyil) turşuda həll edilir. Məhlulda texnesiumun duzu olur. Manqanın təyin edilməsinə oxşar yolla texnesium təyin edilir və onun varlığı sübut edilir.



Şəkil III-6. Elementlərdən texnesiumun ($_{43}\text{Tc}$) sintez sxemi.

Digər radioaktiv elementlər də bu yolla süni sürətdə sintez edilmişdir. Atomun quruluş nəzəriyyəsinin doğruluğu həmişə dövrü qanunla yoxlanılmışdır. 1921-ci ildə Nils Bor göstərmişdir ki, D.İ.Mendeleyevin qabaqcadan xəbər verdiyi 72-ci elementin ($Z=72$) atomunun elektron quruluşu ilə ($\text{Zr} - 2. 8. 18. 10. 2$) analoji $\text{Hf} - 2. 8. 18. 32. 10. 2$ olmalıdır. Ona görə də onu sirkonium minerallarında axtarmaq lazımdır. Bu məsləhət əsasında 1922-ci ildə macarıstan kimyaçısı Xeveşi və holland fiziki Koster sirkonium mineralında $Z=72$ olan elementi kəşf etdilər. Onlar bu elementi hafnium adlandırmışlar. Hafnium həmin elementin kəşf edildiyi Kopenhagenin latınca adıdır. Bu atomun quruluş nəzəriyyəsinin təntənəsi idi. Atomun quruluş nəzəriyyəsinə əsasən elementin tapıldığı yer qabaqcadan xəbər verilmişdir. Atomun quruluş nəzəriyyəsi atom enerjisindən istifadə etməyə imkan vermişdir. XX əsrdə fizika və kimyada edilən ən böyük kəşflər başlanğıcını dövrü qanundan almışdır.

Dövrü qanun və kimyəvi elementlərin dövrü sistem cədvəli müasir kimyanın və kimya sənayesinin əsasını təşkil edir. Orta və ali məktəblərdə kimyanın tədrisinin elmi əsasını dövrü qanun və dövrü sistem təşkil edir. Dövrü sistem cədvəlinin yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz qısa və uzundövrü formalarında cəmi 7 dövr olduğunu qeyd etmişik. Akademik V.İ.Qoldanskiyin təklif etdiyi dövrü sistem cədvəlində VIII və IX dövrləri də görürük. Bu dövrlərdə s, p, d, f elementlərindən əlavə g elementləri də var. Bu dövrlərdəki elementlərin bəzilərinin sabit olacağını və hətta yer qabığında mövcud olmaları fikrini söyləyirlər.

Dmitri İvanoviç Mendeleev
(1834-1907)

D.İ.Mendeleev 1834-cü ilin fevral ayının 8-də Tobolskda gimnaziya direktorunun ailəsində anadan olmuşdur. Gimnaziyanı bitirdikdən sonra Peterburq Baş Pedaqoji İnstitutuna daxil olmuş, 1855-ci ildə qızıl medalla bitirmişdir. Həmin il Simferopol gimnaziyasına baş müəllim təyin edilmişdir. 1856-cı ildə Peterburq Universitetində magistr dissertasiyası müdafiə etmiş və orada dosent vəzifəsinə seçilmişdir. Orada kimyanın müxtəlif sahələrinə aid mühazirələr oxumuş və elmi-tədqiqatlar aparmışdır. 1859-cu ildə D.İ.Mendeleev Almaniyaya getmiş və orada mayelərin və üzvi maddələrin xassələrinə aid tədqiqatlar aparmışdır. O, 1860-cı ildə İtaliyanın Karlsruye şəhərində kimyaçıların beynəlxalq kongresində iştirak etmişdir. Həmin kongresdə atom, molekul, ekvivalent anlayışları və digər məsələlər dəqiqləşdirilmişdir.



Rusiyaya qayıtdıqdan sonra əvvəlcə Peterburq Texnologiya İnstitutunda professor seçilib və iki il sonra Peterburq Universitetində fəaliyyətə başlayıb. Orada D.İ.Mendeleev 23 il elmi və pedaqoji fəaliyyət göstərmişdir.

Elmi fəaliyyətinin ilk illərində D.İ.Mendeleevi maddələrin xassələri, tərkibi, birləşmələrinin forması maraqlandırmışdır. Bunlar onun dövrü qanunu kəşf etməsinə hazırlıq idi. O, 1869-cu ilin mart ayının 1-də dövrü qanunu kəşf etmiş və onun əsasında kimyəvi elementlərin dövrü sistem cədvəlini tərtib etmişdir. Bu onun elmi yaradıcılığının zirvəsini təşkil etmişdir. Ümumiyyətlə, bu kəşfi ilə D.İ.Mendeleev XIX əsrdə təbiət elmləri alimlərinin ən məşhurlarından biri olmuş və elmin zirvəsinə yüksəlmişdir. Bu kəşf D.İ.Mendeleev üçün «göydəndüşmə» olmamışdır. Kimyanı, fizikanı, riyaziyyatı dərinləndirmək, ümumiyyətlə, gərgin elmi əmək və böyük istedad nəticəsində belə böyük elmi kəşf mümkün olmuşdur. Özünün bu kəşfini D.İ.Mendeleev 35 yaşında etmişdir. Lakin o, ömrünün sonuna qədər bu qanunun və dövrü sistem cədvəlinin təkmilləşdirilməsi üzərində işləmişdir. Lakin yarım əsrdən sonra bu qanunun fiziki mahiyyəti açılmışdır. «Zamanı qabaqlamaq» devizi D.İ.Mendeleevin elmi yaradıcılığının leytmotivi (əsas məqsəd, əsas xətt) olmuşdur.

O, dövrü qanundan əlavə məhlullara, xəlitələrə, şüşəyə və qazların xassələrinə aid qiymətli elmi işlər aparmışdır. Rusiyada sənayenin inkişaf etdirilməsinə xidmət edən bir sıra əsərlər yazmışdır. O, ortodoksal (öz məsləhətində sabit və ardıcıl olan) baxışlarına görə, məsləhinin və vicdanının saflığı uğrunda barışmaz mübariz olduğuna görə universitetdən uzaqlaşmalı olmuşdur. 1893-cü ildən Baş çəki və ölçü palatasında işləməyə başlamışdır və həmin palatanın ilk direktoru olmuşdur. O, meteoroloji tədqiqatların yolunu göstərmişdir. Maraqlıdır ki, D.İ.Mendeleev hava şəraitində qorxmadan atmosferin yuxarı qatına qalxmış və elmi müşahidə aparmışdır.

D.İ.Mendeleev 1876-cı ildən Peterburq Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü olmuşdur. Eyni zamanda o, bir çox xarici akademiyaların və elm mərkəzlərinin üzvü olmuşdur. D.İ.Mendeleevin «Kimyanın əsasları» kitabı həmin dövrdə ən yaxşı kimya dərsliklərindən biri olmuşdur. O, bu kitabında ilk dəfə olaraq qeyri-üzvi kimyanı sistemə salaraq kimya kimi təqdim etmiş və onu dövrü qanun əsasında şərh etmişdir. Həmin kitab D.İ.Mendeleevin sağlığında 8 dəfə nəşr olunmuşdur. Dahi alim 1907-ci ildə vəfat etmişdir. Onun xatirəsi çox yüksək səviyyədə əbədiləşdirilmişdir. 101-ci element onun şərəfinə mendeleevium adlandırılmışdır. D.İ.Mendeleevin adına Moskvada metro və ən böyük ali məktəblərdən olan Kimya Texnologiya Universiteti var. Rusiyada D.İ.Mendeleev şəhəri, D.İ.Mendeleev qəsəbəsi var. Geoloqlar minerallardan birini mendeleevit adlandırmışlar. D.İ.Mendeleevin adı ABŞ-da Brijport universitetində dünyanın ən məşhur alimləri ilə yanaşı Fəxri lövhəyə yazılmışdır. Ümumiyyətlə, onun adı 130-dan çox fəxri titulda əbədiləşdirilmişdir.

Məsələlər

Məsələ 30. Litium digər qələvi metallardan bir sıra xassələrinə görə fərqlənir. Onlara misallar göstərin və səbəbini izah edin.

Məsələ 31. Fərz edək ki, nisbi atom kütlə vahidi olaraq karbon atomunun kütləsinin 1/12 hissəsi deyil, 1/6 hissəsi qəbul edilmişdir. Bu zaman maddələrin bir molunun kütləsi necə dəyişərdi?

Məsələ 32. Əsas yarımqruplar və dövrlər üzrə elementlərin fiziki və kimyəvi xassələrinin dövrü olaraq dəyişməsinə göstərən cədvəli tamamlayın:

Xassələr	Dəyişməsi	
	Əsas yarımqruplarda	Dövlərdə
Metallik xassələri		
Qeyri-metallik xassələri		
Oksigenə görə baş valentliyi		
Hidrogenə görə valentliyi		
Nüvənin yükü		
Elektromənfilik		
Sıxlıq		
Metalların ərimə və qaynama temperaturu		
Qeyri-metalların ərimə və qaynama temperaturu		

Məsələ 33. Metalın hidridində 22,22 % hidrogen var. Hidridin formulunu təyin edin.

Məsələ 34. Naməlum metalın 2,64 q-nın azotla reaksiyasında 2,92 q nitrid əmələ gəlmişdir. Nitridin formulunu təyin edin.

Məsələ 35. Atomun nüvəsinin radiusu $\sim 10^{-13}$ sm-dir. Bütövlükdə atomun radiusu isə $\sim 10^{-8}$ sm-dir. Atomu çəmənlidəki arı yeşiyi (pətəyi) və onun ətrafında işləyən arılar kimi təsəvvür etsək, arı yeşikləri (pətəyi) atomun nüvəsi, uçan arıları isə elektronlar hesab edərək, arıların uçuş radiusunu təyin edin. Arı yeşiyinin radiusunu 30 sm qəbul edin.

Məsələ 36. 150 q 4,56 %-li alüminium-sulfat məhlulu ilə maksimum hansı miqdarda barium-hidroksid reaksiyaya girir?

Məsələ 37. Alüminiumun sıxlığı 2,70 q/sm³, indiumun sıxlığı 7,30 q/sm³-dir. Bunlardan və həmin elementlərin dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyindən istifadə edərək, qalliumun sıxlığını təyin edin. Aldığımız nəticəni eksperimental faktlarla müqayisə edin.

Məsələ 38. Belə hesab etsək ki, atomun kütləsi onun nüvəsini təşkil edən protonların, neytronların və nüvənin ətrafındakı elektronların kütlələrinin cəminə bərabərdir, (lakin bu mülahizə doğru deyil) onda litiumda proton, neytron və elektronların kütlə payını təyin edin. Litiumun nisbi atom kütləsi 6,941-ə bərabərdir.

Məsələ 39. C-Si-Ge-Sn sırasında ərimə temperaturu azalır. Lakin, qalaydan qurğuşuna keçdikdə artır. Bunun səbəbini izah edin.

Məsələ 40. Baş kvant ədədinin n hansı qiymətində g yarımşəviyyəsi başlayır. Həmin yarımşəviyyədə neçə elektron ola bilər? Əsas vəziyyətdə g yarımşəviyyədə elektron olan element varmı?

Məsələ 41. Otaq temperaturunda qaz, maye və bərk halda olan qeyri-metallara misallar göstərin.

IV FƏSİL

KİMYƏVİ RABİTƏ

Bizi çoxlu sayda maddələr əhatə edir. Onlar atomlar arasında kimyəvi rabitənin olması nəticəsində mövcuddurlar. Bizim atomların elektron quruluşuna aid kifayət qədər biliyimiz var. Ona görə də kimyəvi rabitənin mahiyyətini və yaranma mexanizmini aydın dərk edə biləcəyik. Təbiətdə çox az sayda elementlər sərbəst atomlar halında olurlar. Elementlərin çoxu bir-birilə yaxud digər atomlarla birləşmiş vəziyyətdə olurlar. Atomların qarşılıqlı təsiri nəticəsində molekullar bəzi hallarda isə ionlar əmələ gəlir. Öz təbiətinə görə kimyəvi rabitə mənfi yüklü elektronlarla müsbət yüklü nüvə arasında elektrostatik cazibədir. Həmin cazibə qüvvəsinin qiyməti, əsasən kimyəvi rabitənin əmələ gəlməsində iştirak edən atomların elektron quruluşundan asılıdır. Kimyəvi rabitə yaranması üçün atomlar bir-birinə kifayət qədər yaxınlaşmalıdırlar (daha doğrusu effektiv toqquşmalıdırlar). Onlar həddindən artıq yaxınlaşdıqda aralarında dəfətmə qüvvələri yaranmır. Kimyəvi rabitə elektrostatik qarşılıqlı cazibə nəticəsində atomların molekulda yaxud kristal qəfəsdə birləşməsidir.

Kimyəvi rabitə haqqında təlimin yaranmasında alman fiziki Kosselin və Amerika fiziki-kimyəçisi Luisin işlərinin böyük əhəmiyyəti olmuşdur. Kossel və Luisin təliminə görə element atomları təsirsiz qazların energetik səviyyəsini kəsb etməyə meyillidirlər. Təsirsiz qazların xarici energetik səviyyəsində (heliumdan başqa) səkkiz elektron var ns^2np^6 . Belə elektron quruluşuna malik olan atomların kimyəvi reaksiyalara daxil olması minimum olur. Bu nəzəriyyə *oktet nəzəriyyəsi* adlanır. Okta səkkiz deməkdir. Kimyəvi rabitənin əmələ gəlməsində elektronlar iştirak edir. Kimyəvi rabitənin ayrı-ayrı tiplərini nəzərdən keçirməzdən əvvəl, atomların nə üçün kimyəvi rabitə əmələ gətirməsi səbəbini aydınlaşdırmaq. Atomlar tək halda olmalarına nisbətən birləşmiş halda olmaları energetik cəhətdən əlverişlidir. Başqa sözlə desək atomlar, birləşərkən, yəni kimyəvi rabitə yaranarkən enerji ayrılır. Əmələ gələn molekul yaxud kristal qəfəs davamlı olur. Kimyəvi rabitəni daha ətraflı kvant kimyası öyrənir. Biz Sizinlə yalnız bu elmin bəzi nəticələri ilə tanış olacağıq.

Kimyəvi rabitənin dörd tipi var (bu şərtidir). Bunlar kovalent, ion, metallik və hidrogen rabitələridir. Real maddələrdə həmin rabitələr bir-birindən izolə edilmiş vəziyyətdə deyil. Onlar kimyəvi birləşmənin müxtəlif formalarının modelləridir və onların aralıq vəziyyət kimi reallaşırlar. Cədvəl IV-1-də kimyəvi rabitənin müxtəlif tiplərinin fərqləndirici əlamətləri verilmişdir.

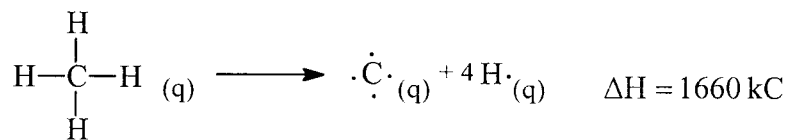
Cədvəl IV-1. Kimyəvi rabitənin tipləri və onların fərqləndirici əlamətləri

Kimyəvi rabitə	Birləşən atomlar	Elementlərin xarakteri	Elektron örtüyündə baş verən proses
İon	Metal və qeyri-metal atomları	Elektromüsbət və elektromənfi	Valent elektronlarının keçidi
Kovalent	Qeyri-metal atomları. Nadir hallarda metal atomları	Elektromənfi. Nadir hallarda elektromüsbət	Molekulyar orbitalın tamamlanması. Ümumi elektron cütünün yaranması
Metallik	Metal atomları	Elektromüsbət	Valent elektronlarının verilməsi

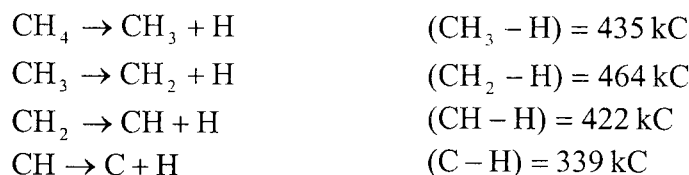
§ 1. Kimyəvi rabitənin miqdarı xarakteristikaları

1. Rabitənin enerjisi, rabitənin möhkəmliyini xarakterizə edir. Rabitəni qırmaq üçün nə qədər çox enerji sərf edilirsə, rabitə bir o qədər möhkəm olur. Uyğun olaraq H_2 , H_2^+ və HF molekullarının rabitə enerjisi 436 kC/mol, 255,7 kC/mol və 560 kC/mol-a bərabərdir. Deməli, həmin molekullar əmələ gələrkən rabitə enerjisi qədər enerji ayrılır. Çoxatomlu molekullarda bərabərqiymətli rabitənin qiyməti molekulu atomlara parçalayarkən sərf olunan enerjinin orta arifmetik qiymətinə bərabərdir. Məsələn, CH_4 molekulunda dörd C–H rabitəsi var. Həmin rabitənin enerjisi molekulu atomlara parçalamaq üçün sərf olunan

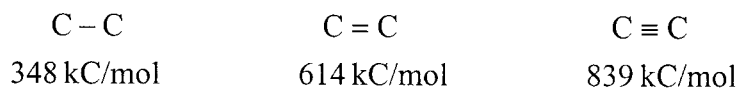
enerjinin $\frac{1}{4}$ -nə bərabərdir: $\frac{1660}{4} \text{ kC/mol} = 415 \text{ kC/mol}$.



C–H rabitəsinin orta qiyməti $\text{CH}_4 \text{ (q)} \rightarrow \text{H}\cdot \text{ (q)} + \text{CH}_3 \text{ (q)}$ prosesini həyata keçirmək üçün sərf olunan enerjiyə uyğun gəlmir:



Bu enerjilərin cəmi 1660 kC edir, bunu da dördə böldükdə 415 kC alınır. Eyni atomlar arasında rabitənin sayı artdıqca möhkəmliyi də artır:



Göründüyü kimi, ikiqat rabitə iki birqat rabitənin cəmi deyil: $614 < 348 \cdot 2$. Həmçinin, üçqat rabitə üç ədəd birqat rabitənin cəmi deyil: $839 < 348 \cdot 3$. Bunların səbəbini σ (siqma) və π (pi) rabitələrinə aid məlumatlardan aydınlaşdıracağıq. Eyni yarımqrupda E–H rabitəsinin enerjisi sıra nömrəsi artdıqca azalır:



2. Rabitənin uzunluğu. Rabitənin uzunluğu onu əmələ gətirən atom mərkəzləri arasındakı məsafəyə əsasən müəyyən edilir. İkimərkəzli rabitənin uzunluğu (d) aşağıdakı formula əsasən hesablanır:

$$d_{\text{A-B}} = \frac{1}{2}(d_{\text{A-A}} + d_{\text{B-B}})$$

burada, $d_{\text{A-B}}$ A və B atomlarının mərkəzləri arasındakı məsafə, $d_{\text{A-A}}$ və $d_{\text{B-B}}$ ikiatomlu A_2 və B_2 molekullarında atomlar arasındakı məsafədir. C–C rabitəsinin uzunluğu 0,154 nm, Cl–Cl rabitəsinin uzunluğu isə 0,198 nm-ə bərabərdir. Bunlara əsasən C–Cl rabitəsinin uzunluğunu hesablayaq:

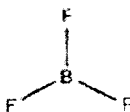

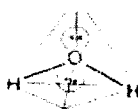

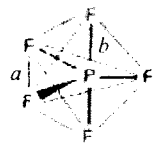

$$d_{\text{C-Cl}} = \frac{1}{2}(0,154 + 0,198) = 0,176 \text{ nm}.$$

Atomlar arasında rabitələrin sayı artdıqca rabitənin uzunluğu azalır:

$$d_{\text{C-C}} = 0,154 \text{ nm}; d_{\text{C=C}} = 0,135 \text{ nm}; d_{\text{C}\equiv\text{C}} = 0,121 \text{ nm}.$$

3. Valent bucağı. Valent bucağını sxematik olaraq molekulda atomların nüvələrini birləşdirən düz xətlərin əmələ gətirdiyi bucaq kimi təsəvvür etmək olar. Cədvəl IV-2-də sadə molekullarda valent bucağı verilmişdir.

Cədvəl IV-2. Sadə molekullarda və çoxatomlu ionlarda valent bucağı

Quruluş	Misallar*	Valent bucağı, dərəcə	Digər misallar
Xətti	Cl–Hg–Cl	180	BeCl ₂ , CO ₂ , H–C≡C–H
Müstəvi triqonal		120	BCl ₃ , C ₂ H ₄ , CO ₃ ²⁻ , NO ₃
Tetraedrik		109,5	SiF ₄ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻
Tetraedrik (sıxılmış)		104,5	H ₂ S
Tetraedrik (piramidal)		106,7	PF ₃ , H ₃ O ⁺
Triqonal (bipiramidal)		<i>a=120</i> <i>b=90</i>	PCl ₅
Oktaedrik		90	[PF ₆] ⁻

*iki nöqtə bölünməyən elektron cütünü göstərir

§ 2. İonlaşma enerjisi və elektrona hərislik

Qaz halında olan maddənin bir mol atomundan bir mol elektron qoparmaq üçün sərf olunan enerji birinci ionlaşma enerjisidir (I_1). Yüku müsbət bir olan bir mol iondan bir mol elektron qoparmaq üçün sərf olunan enerji ikinci ionlaşma enerjisi adlanır (I_2). İonlaşma enerjisi kC/mol ilə ifadə olunur. Bəzi hallarda elektronvolt dan da istifadə edilir: 1 elektronvolt (eV)=96,49 kC/mol. Bunları natriumun ionlaşma enerjisi misalında nəzərdən keçirək:



Göründüyü kimi, natriumun ikinci ionlaşma enerjisi birincidən təqribən 10 dəfə çoxdur. Bu isə onun elektron quruluşu ilə əlaqədardır. Elektrona hərislik (E) qaz halında olan maddənin (izolə edilmiş) atomu, yaxud ionuna elektron birləşdikdə enerji dəyişməsidir. Yüku mənfi bir olan ionlar əmələ gəldikdə ionlaşma enerjisinin qiyməti mənfi olur, bu zaman enerji ayrılır. $\text{Cl}_{(q)} + e^- \rightarrow \text{Cl}_{(q)}^-$ elektrona hərislik $E = -380 \text{ kC/mol}$.

İkinci elektrona hərislikdə (E_2), yəni yükü -1 olan iona ikinci elektron birləşdikdə enerji udulur. Proses endotermikdir. Bunun səbəbi mənfi yüklü ionla elektron arasındakı dəfətmə qüvvəsinə üstün gəlmək üçün enerji sərf edilməsidir. Məsələn, $O_{(q)}^- + e^- \rightarrow O_{(q)}^{2-}$. İkinci elektrona hərislik $E_2 = +710$ kC/mol. Cədvəl IV-3-də bəzi elementlərin elektrona hərisliklərinin qiyməti verilmişdir.

Cədvəl IV-3. Bəzi elementlərin elektrona hərislikləri

Element	Əmələ gələn ion	Elektrona hərislik, kC/mol ilə
H	H^-	-73
F	F^-	-332
Cl	Cl^-	-380
Br	Br^-	-325
I	I^-	-295
O	O^-	-141
O	O^{2-}	+710
S	S^{2-}	+375

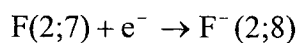
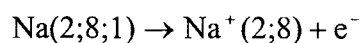
İstər ionlaşma enerjisi, istərsə də elektrona hərislik elementin xarakteristikasından, onun dövrü sistemdəki mövqeyindən və atomunun elektron quruluşundan asılı olaraq dəyişir. Təsirsiz qazların atomları xüsusi elektron quruluşuna malikdirlər. Onlarda energetik yarımşəviyyələr son həddə qədər tamamlanmışdır. Heliumdan başqa qalan təsirsiz qazlarda atomun xarici energetik səviyyəsində səkkiz elektron var. Bunlardan ikisi s, altısı isə p yarımşəviyyəsindədir: ns^2np^6 . Bütün təsirsiz qazların ionlaşma enerjisinin qiyməti böyükdür. Onların xarici energetik səviyyələrindəki elektronlar çox zəif ekranlaşdırılırlar. Yəni həmin elektronlardan əvvəl yerləşən, nüvəyə yaxın elektronlar tərəfindən zəif dəf edilirlər. Eyni zamanda elektrona hərislikləri çox azdır. Əlavə edilən hər elektron eneji daha çox olan energetik səviyyəyə düşməli idi. Ona görə də təsirsiz qazların elektron quruluşu çox möhkəmdir. Lakin təsirsiz qazların bir sıra birləşmələri alınmışdır. Bunları təsirsiz qazlara aid olan bölmədə nəzərdən keçirəcəyik.

§ 3. İon rabitəsi

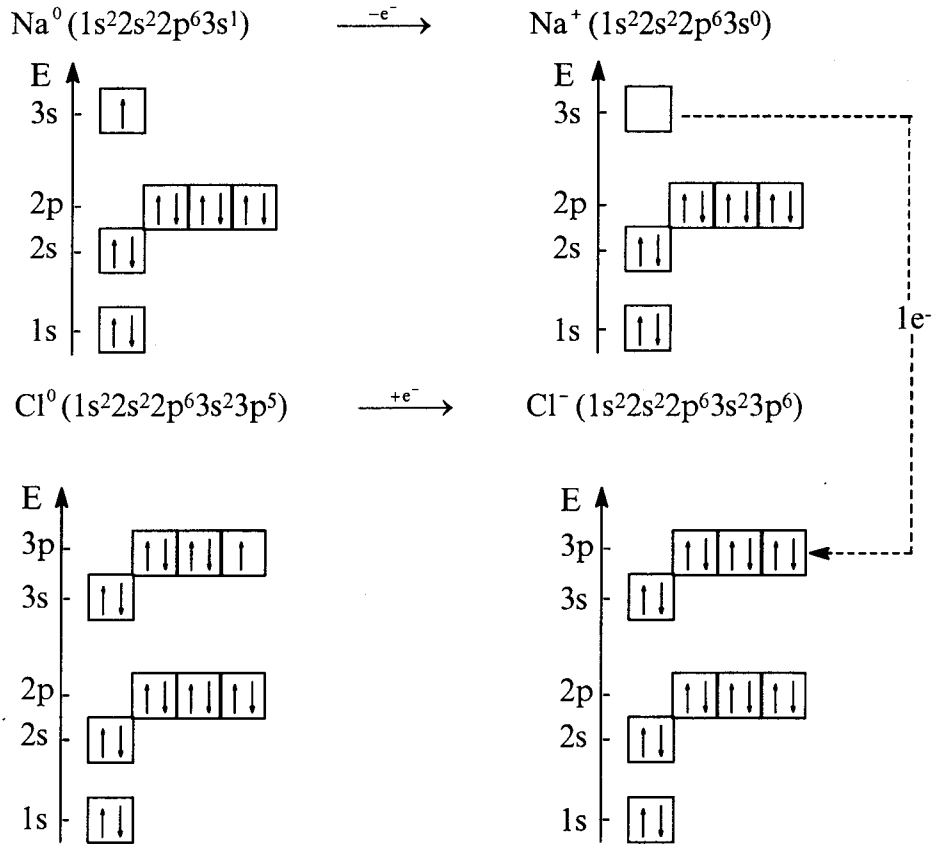
İon rabitəsi əks işarəli ionlar arasındakı elektrostatik cazibə qüvvəsidir. İon rabitəsi bir və ya bir neçə elektronun bir atomdan digərinə keçməsi (100 %-yox) nəticəsində yaranır. Bu zaman atomlar ionlara çevrilirlər. Elektron verən atomun ionlaşma enerjisi az və elektron qəbul edən atomun elektrona hərisliyi çox olduqda ionlar əmələ gəlməsi energetik cəhətdən əlverişli olur.

1916-cı ildə Kossel və Luis bir-birindən asılı olmadan kimyəvi rabitə nəzəriyyəsini irəli sürmüşlər. Onların hər ikisi göstərmişlər ki, kimyəvi rabitə atomların xarici energetik səviyyələrini təsirsiz qazların davamlı energetik səviyyəsini kəsb etməyə meyilli olmaları ilə əlaqədar əmələ gəlir. Neon da daxil olmaqla aşağıdakı elementlərin ardıcılıqlarını nəzərdən keçirək. Mötərizədə K, L, M energetik səviyyələrindəki elektronlar göstərilmişdir:

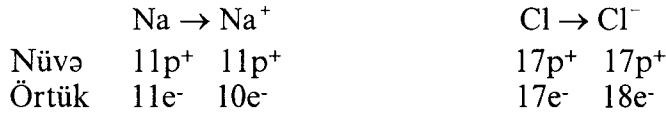
O (2; 6), F (2; 7), Ne (2; 8), Na (2; 8; 1), Mg (2; 8; 2), Al (2; 8; 3). Aydın ki, neondan əvvəldəkilər elektron qəbul etməklə, sonrakılar isə elektron verməklə davamlı elektron quruluşu kəsb edə bilirlər.



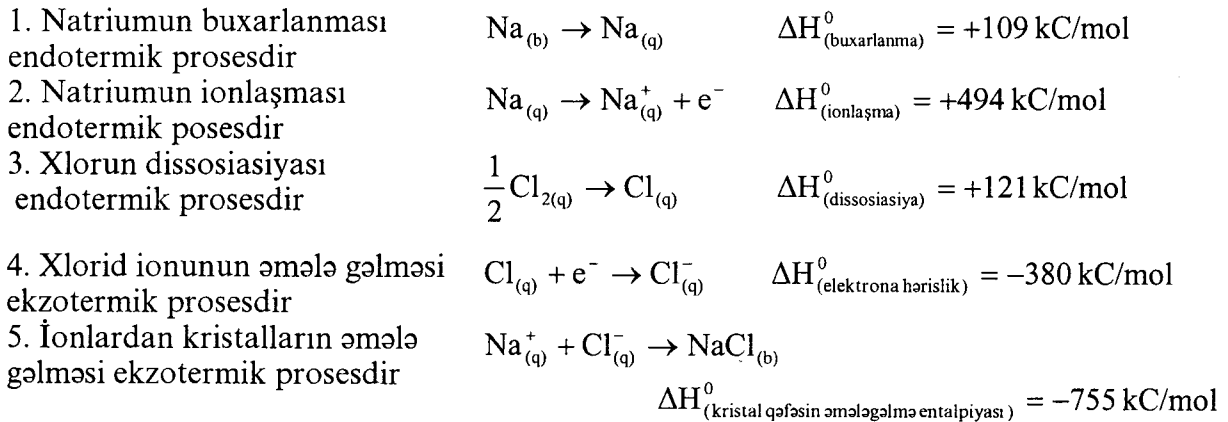
Müsbət yüklü natrium ionu ilə mənfi yüklü flüor ionu arasında elektrostatik cəzbətmə qüvvələri yaranır. Nəticədə kimyəvi rabitə yaranır. Həmin rabitə ion rabitəsidir. Atomların orbital modelinə əsasən Na^+ və Cl^- ionlarının əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



Natriumun 3s yarım səviyyəsindən elektronun xlorun 3p yarım səviyyəsinə keçməsi punktirlə göstərilmişdir.



Biz $\text{Na}_{(b)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_{2(q)} \rightarrow \text{NaCl}_{(b)}$ reaksiyası üzrə natrium-xlorid kristalının əmələ gəlməsini nəzərdən keçirdik. Əslində bu proses bir qədər də mürəkkəbdir o beş mərhələdən ibarətdir:



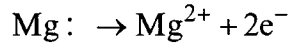
Bunları topladıqda

$$\Delta H_{(\text{əmələgəlmə})}^0 = +109 + 121 + 494 + (-380) + (-755) = -411 \text{ kC/mol} \text{ edir.}$$

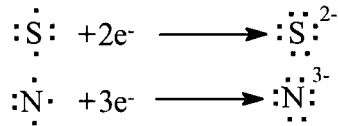
Bu reaksiyanın hərəkətverici qüvvəsi natriumun və xlorun daha aşağı energetik səviyyəyə keçməsi, ionlar əmələ gəlməsidir. Natrium-xloridin əmələ gəlməsi ekzotermik prosesdir. İon birləşməsinin energetik səviyyəsi, onu əmələ gətirən elementlərin energetik səviyyəsindən yüksək olduqda əmələ gəlmir. Göründüyü kimi, ion birləşməsinin əmələ gəlməsinin energetik nöqtəyi-nəzərdən izah edilməsi, elementlərin təsirsiz qazların

konfigurasiyasını kəsb etməsinə nisbətən daha səmərəlidir.

IIA və IIIA qrup elementləri birdən çox elektron verirlər:



Bunların hər ikisi endotermik prosesdir. Yüku böyük olan anion əmələ gəldikdə enerji ayrılır (bəzi halda udulur):



Kükürd yaxud azot atomuna birinci elektronun birləşməsi ekzotermik, sonrakı elektronların birləşməsi isə endotermik prosesdir. Bunun səbəbini yuxarıda oksid ionunun əmələ gəlməsi misalında aydınlaşdırmışıq. İlk baxışda yüku çox olan ionlardan ion birləşməsinin əmələ gəlməsini əlverişli hesab etmək olmaz. Ona görə ki, kation və anionların əmələ gəlməsi üçün enerji sərf edilir. Lakin ionlar arasındakı elektrostatik qarşılıqlı təsirdə çoxlu miqdarda enerji ayrılır. Deməli, ionlaşma prosesinə sərf edilən enerjiyə nisbətən ionlar birləşərkən ayrılan enerji çoxdur. Ona görə də bütövlükdə proses energetik cəhətdən əlverişlidir. Bunları aşağıdakı cədvəldən bir daha görmək olur.

Cədvəl IV-4. İon birləşmələri əmələ gələrkən ayrılan istilik

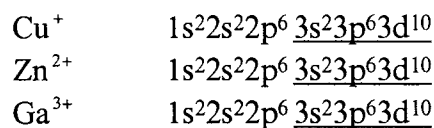
Reaksiya	25 °C-də bir mol metala görə ayrılan istilik kC/mol ilə
$2\text{Na}_{(b)} + \text{F}_{2(q)} \rightarrow 2\text{NaF}_{(b)}$	571,2
$2\text{K}_{(b)} + \text{F}_{2(q)} \rightarrow 2\text{KF}_{(b)}$	564,9
$\text{Mg}_{(b)} + \text{F}_{2(q)} \rightarrow \text{MgF}_{2(b)}$	1108,8
$2\text{Al}_{(b)} + 3\text{F}_{2(q)} \rightarrow 2\text{AlF}_{3(b)}$	1381,8
$4\text{Na}_{(b)} + \text{O}_{2(q)} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}_{(b)}$	210
$4\text{Li}_{(b)} + \text{O}_{2(q)} \rightarrow 2\text{Li}_2\text{O}_{(b)}$	298,2
$6\text{Li}_{(b)} + \text{N}_{2(q)} \rightarrow 2\text{Li}_3\text{N}_{(b)}$	65,1

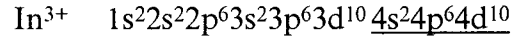
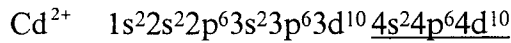
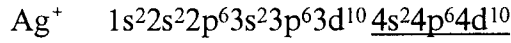
Elə kationlar və anionlar var ki, onların energetik səviyyələrində elektronların sayı eynidir və təsirsiz qazların elektron quruluşunu kəsb etmişlər. Başqa sözlə desək, izoelektron quruluşu olan sıralar əmələ gətirirlər.

Cədvəl IV-5. İzoelektron sıralar

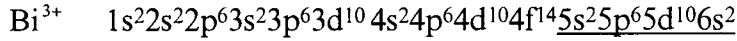
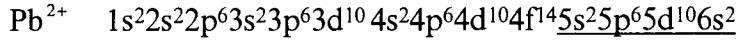
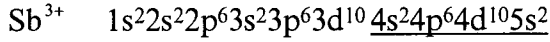
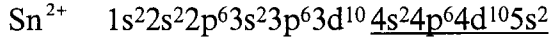
Helium	Neon	Arqon
He $1s^2$	Ne $1s^22s^22p^6$	Ar $1s^22s^22p^63s^23p^6$
H^{-}	N^{3-}	P^{3-}
Li^{+}	O^{2-}	S^{2-}
Be^{2+}	F^{-}	Cl^{-}
	Na^{+}	K^{+}
	Mg^{2+}	Ca^{2+}
	Al^{3+}	Sc^{3+}

Yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz elektron quruluşuna malik olan kationlardan başqa izoelektron quruluşlu kationlar da mövcuddur. Həmin kationların xarici energetik səviyyəsində s və p yarım səviyyəsindən əlavə d yarım səviyyəsində elektron olur $ns^2np^6nd^{10}$. Bunlara aşağıdakıları misal göstərmək olar:





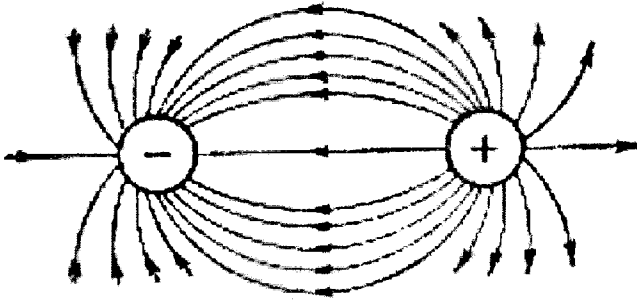
Bunlarda energetik yarım səviyyələr tamamlanmışdır. Ən yüksək energetik yarım səviyyədə 18 elektron var. Elektron quruluşu bunlardan da fərqli olan Sn^{2+} , Sb^{3+} , Pb^{2+} və Bi^{3+} kationlarında təsirsiz qazın elektron quruluşuna tamamlanmış d və s yarım səviyyələri əlavə olunur: $ns^2 np^6 nd^{10}(n+1)s^2$:



Bunlardan belə nəticə çıxarmaq olar ki, ion rabitəsi yaranarkən kationların xarici energetik səviyyəsində olan elektronların sayı təsirsiz qazların elektron quruluşu ilə eyni olması mütləq deyil.

İon birləşmələrinin quruluşu. İstiqamətlənməməsi və doymamışlığı ion rabitəsinin energetik cəhətdən əlverişli olmasına səbəb olur.

İonları yüklü kürəciklər kimi təsəvvür etmək olar. Bunlarda yük bütün istiqamətlərdə eyni səviyyədə paylanmışdır. Ona görə də hər bir ion əks işarəli digər ionu özünə istənilən istiqamətdə cəzb edir. Başqa sözlə desək kovalent rabitədən fərqli olaraq ion rabitəsi istiqamətlənməmişdir.

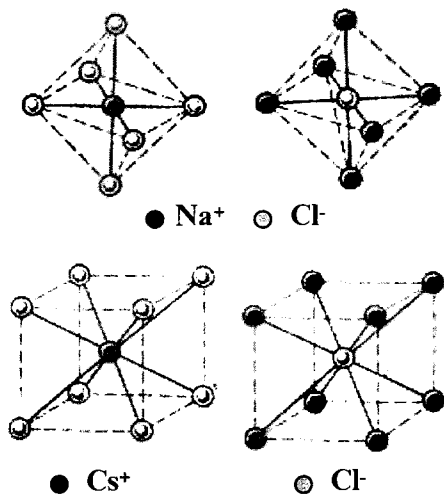


Şəkil IV-1. İki əksişarəli ionun elektrik qüvvə sahəsinin paylanması.

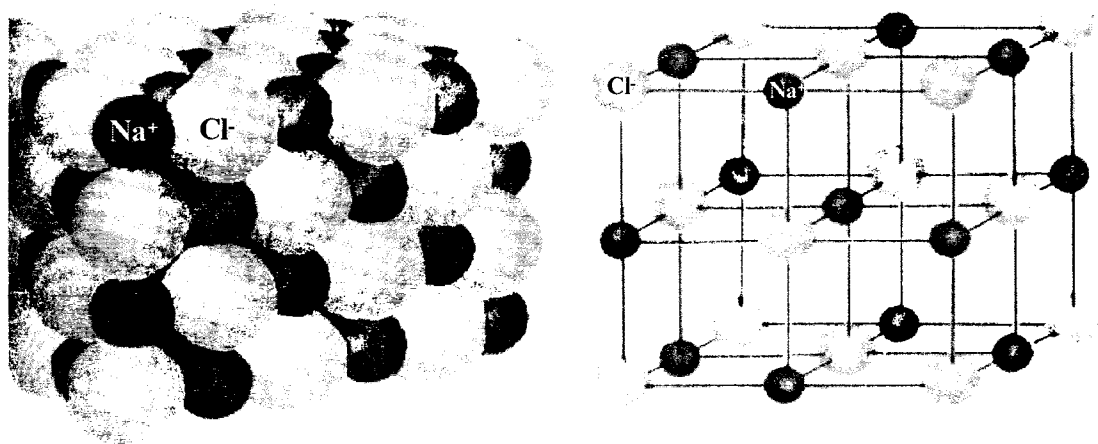
Buradan aydın olur ki, əks işarəli ionlar qarşılıqlı təsirdə olduqda yüklər bütün istiqamətlərdə bir-birini neytrallaşdırmır, yəni doymur. Onlar başqa istiqamətdə digər əks işarəli ionları cəzb edə bilirlər. Deməli, ion rabitəsinin ikinci xarakteri (əlaməti) doymamışlığıdır.

İon kristalını əmələ gətirən ionlar maksimum miqdarda əks yüklü ionlarla əhatə olunduqda daha davamlı olur. Cazibə qüvvələrindən başqa kristal qəfəsdə eyni yüklü ionlar arasında dəfətmə qüvvələri də var. Bir-birindən uzaqda yerləşən əks yüklü ionlar arasında da cazibə qüvvələri var. Məsələn, natrium-xlorid kristalında bir Na^+ altı Cl^- ionu ilə əhatə olunmuşdur və əksinə bir Cl^- altı Na^+ ilə əhatə olunmuşdur. Deməli, hər bir ion əks yüklü altı ionun əhatəsindədir. Həmin ion bu altı iondan sonrakı sferada yürləşən eyni yüklü ionlar tərəfindən dəf edilir və onlardan sonrakı sferadakı əks yüklü ionlar tərəfindən cəzb edilir.

Seziyum-xloriddə isə bir seziyum Cs^+ ionu səkkiz Cl^- ilə və əksinə, bir Cl^- səkkiz Cs^+ ilə əhatə olunmuşdur. Deməli, xloridlərində Na^+ ionunun koordinasiya ədədi altıya, Cs^+ ionunun koordinasiya ədədi isə səkkizə bərabərdir. Bunların səbəbi Na^+ və Cs^+ ionlarının radiuslarının müxtəlif olmasıdır. Na^+ ionunun radiusu $0,95 \text{ \AA}$, Cs^+ ionunun radiusu $1,69 \text{ \AA}$ -dir. Bir anqstrom $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ sm}$ yaxud 10^{-10} m -dir.



Şəkil IV-2. NaCl və CsCl kristallarında ionların qarşılıqlı koordinasiyası.



Şəkil IV-3. Natrium-xloridin kristal quruluşunun sxematik təsvirinin iki üsulu. Soldakı şəkildə ionların həqiqi nisbi ölçüləri və onlar arasındakı nisbi məsafələr göstərilmişdir; böyük radiuslu sfera xlorid ionlarını göstərir. Sağdakı şəkildə quruluş simmetriyası, onda soldakı şəkildəki kimi bərk maddənin daxilində ionların qablaşması aydın göstərilmişdir.

Bütün elektrostatik qüvvələrin cəmi ion birləşməsinin möhkəmliyini təmin edir. İon kristal qəfəsinə malik olan maddələr bərklikləri ilə yanaşı kövrəkliyi ilə də xarakterizə olunurlar. Biz xarici qüvvənin təsiri ilə kristal qəfəsdə hər hansı ionu öz normal vəziyyətindən çıxarmağa çalışsaq, o digər eyni adlı ionlar tərəfindən dəf ediləcək və kristal qəfəs dağılacaq. Kövrəklik yalnız ion birləşmələrinə aid deyil, şüşə, kvars və s. kövrəkdir. Mexaniki zərbənin təsirindən onların dağılmasının səbəbi başqadır. Adı şəraitdə ion birləşmələri kristal maddələrdir. Ona görə də ion birləşmələri üçün sadə ikiatomlu molekul anlayışı öz mənasını itirir. Məsələn, NaCl və CsCl yazılışı kristalda ionların nisbətini göstərir. Onlara kristalda çoxlu sayda ionlardan təşkil olunmuş giqant molekul kimi baxmaq olar: Na_nCl_n və Cs_nCl_n .

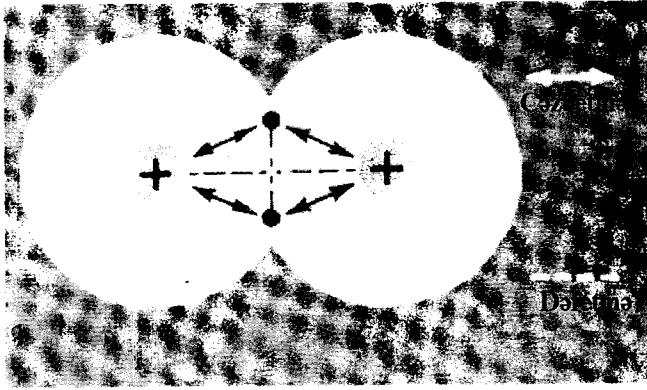
§ 4. Kovalent rabitə

Gündəlik həyatda bizə tez-tez rast gələn bir çox maddələr kovalent rabitəli maddələrdir. Bunlara misal olaraq suyu, benzini, şəkəri, antifirizləri, qida yağlarını, saçlarımızı, plastik kütlələrdən hazırlanan əşyaları və s. göstərmək olar. Kovalent rabitə olan maddələr qaz, maye və bərk halda olurlar. Onların çoxunun ərimə temperaturu yüksək olmur. Lakin bu mütləq deyil. Belə ki, kovalent rabitəli maddə olan naftalin asanlıqla buxarlandığı halda (naftalin güvə dərmanı adı ilə bizə tanışdır) maddələrin ən bərk hesab edilən almaz və ondan da bərk olan bor-karbid də kovalent rabitəli maddədir. Q.Luis öz tədqiqatlarında belə nəticəyə gəlmişdir ki, eyni, yaxud müxtəlif atomlar elektronlarını ümumiləşdirməklə

təsirsiz qazların davamlı elektron quruluşunu kəsb edə bilirlər. Atomların elektron cütü vasitəsi ilə yaranan rabitə *kovalent rabitə* adlanır. Kovalent rabitəyə ən sadə misal hidrogen molekulunun əmələ gəlməsidir. Hidrogen atomlarının elektronlarını nöqtələrlə işarə etsək, H₂ molekulunun əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

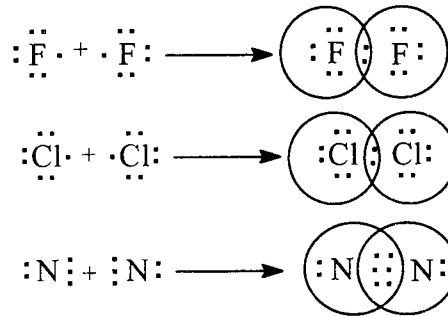


Artıq birləşən hidrogen atomlarının hər ikisinin davamlı elektron konfigurasiyası olur, onunla eyni dövrdə yerləşən təsirsiz qazın, heliumun elektron quruluşunu kəsb edir. H₂ molekulunda hidrogen atomları arasında cazibə və dəfətmə qüvvələri var. Bu qüvvələr tarazlaşdıqda H₂ molekulı mövcud olur. Burada əks istiqamətli oxlar cəzətmə qüvvələrini, qırıq xətlər isə dəfətmə qüvvələrini göstərir:



Şəkil IV-4. Hidrogen molekulunda təsir göstərən qüvvələr.

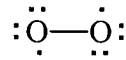
Analoji olaraq F₂, Cl₂ və N₂ molekullarının əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:



Molekulu əmələ gətirən atomların hər birinin xarici energetik səviyyəsi səkkizə tamamlanır. Element atomlarının bəzilərinin xarici energetik səviyyəsində elektronlar ya çox az olur, ya da səkkizə tamamlanmağa yaxın olur. Üçüncü halda dörd elektron olur. Dördüncü halda həmin energetik səviyyə tamamlanmış halda olur. Burada elektronların maksimum sayı deyil, davamlı, səkkiz elektronlu energetik səviyyə nəzərdə tutulur. Təsirsiz qazlarda (heliumdan başqa) belədir. Ona görə də onlar kimyəvi reaksiyalara çox çətinliklə daxil olurlar. Xarici energetik səviyyədə az elektron (dördədən az) olduqda element atomu elektron verir, davamlı energetik səviyyənin üstü açılır. Həmin energetik səviyyədə elektronlar səkkizə yaxın olduqda element atomu çatışmayan elektronları onunla birləşən digər atomdan alır, energetik səviyyə səkkizə tamamlanır. Bu halların hər ikisində ionlar əmələ gəlir. Bunları ion rabitəsinə aid olan paraqrafda nəzərdən keçirdik. Xarici energetik səviyyədə elektronlar səkkizə yaxın olduqda eyni atomlar birləşdikdə spinləri müxtəlif olan qoşalaşmamış elektronlar qoşalaşırlar, davamlı energetik səviyyə yaranır. Bunlara misal olaraq F₂, Cl₂, Br₂, I₂, At₂, N₂, P₄, S₈ və s. molekullarının əmələ gəlməsini göstərmək olar. Yuxarıdakıları O₂ molekulunun əmələ gəlməsinə aid etmək olmaz. İlk baxışdan burada heç bir ziddiyyət yoxdur. Oksigen atomunun xarici energetik səviyyəsində altı elektron var. Bunlardan dördü qoşalaşmış vəziyyətdədir, ikisi isə qoşalaşmamışdır. Bunların qoşalaşması nəticəsində O₂ molekulı əmələ gəlməlidir:



Əslində belə deyil. Ona görə ki, oksigen atomları arasında ikinci elektron cütü yaranmır. Bunun səbəbi həmin elektronların hər ikisinin spinlərinin eyni olmasıdır. Ona görə də O₂ molekulunun elektron quruluşunu belə təsvir etmək olar:



Bu iki qoşalaşmamış elektronlar oksigenin paramaqnit xassəsini təmin edir. Müəyyən edilmişdir ki, oksigen atomları arasındakı cazibə qüvvəsi birqat kovalent rabitədən böyükdür. Bu onu göstərir ki, qoşalaşmamış elektronlar kimyəvi rabitə əmələ gəlməsində iştirak edir. Belə hesab edirlər ki, O₂ molekulunda bir adi kovalent rabitə və iki üçelektronlu rabitə var:



O₂ molekulunun quruluşunu molekulyar orbitallar nəzəriyyəsi daha yaxşı izah edir. Onu bir qədər sonra nəzərdən keçirəcəyik. Deməli, qoşalaşmamış elektronların qoşalaşması və kovalent rabitənin yaranması üçün elektronlar əks spinli olmalıdır.

Elektromənfilik və polyar rabitə. Eyni atomlar arasında kovalent rabitə yarandıqda ümumi elektron buludunun sıxlığı hər iki atom üçün simmetrik olur. Müxtəlif qeyri-metal atomları birləşdikdə ümumi elektron cütü qismən birləşən atomlardan birinə tərəf cəzb olunur. Kovalent rabitə yaranarkən element atomunun valent elektronlarını cəzb etmək xassəsi *elektromənfilik* adlanır. Elektromənfilik χ (kappa) ilə işarə edilir. Məsələn, flüorla hidrogen birləşdikdə ümumi elektron cütü qismən hidrogendən flüora tərəf cəzb olunmuşdur. Bunun səbəbi hidrogenə nisbətən flüorun elektromənfililiyinin böyük olmasıdır. Elektromənfilii ölçmək və hər hansı fiziki vahidlə ifadə etmək olmaz. Elektromənfilik anlayışını ilk dəfə elmə Amerika alimi L.Polinq daxil etmişdir. Polinq nisbi elektromənfilikdən istifadə etməyi təklif etmişdir. Elektromənfilii ən yüksək olan element flüordur. Onun nisbi elektro-mənfilii 4-ə bərabərdir.

Cədvəl IV-6. Elementlərin nisbi elektromənfiliklərinin qiyməti

						H 2,1											
Li 1.0	Be 1,5	B 2.0											C 2,5	N 3.0	O 3,5	F 4.0	
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5											Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3.0	
K 0,8	Ca 1.0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,9	Ni 1,9	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2.0	Se 2,4	Br 2,8	
Rb 0,8	Sr 1.0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5	
Cs 0,7	Ba 0,9	La-Lu 1,0-1,2	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2.0	At 2,2	
Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1	Th 1,3	Pa 1,4	U 1,4	Np-No 1,4-1,3											

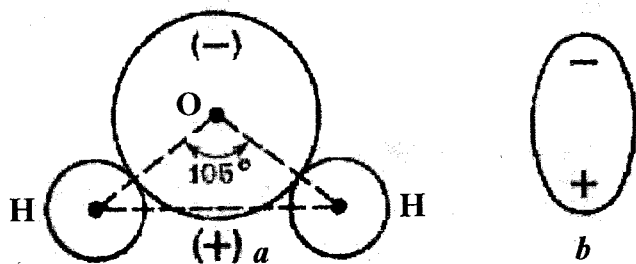
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, ümumi elektron cütü elektromənfilii böyük olan elementə tərəf cəzb olunur və həmin element qismən mənfi yük əldə edir. Bu *effektiv mənfi yük* adlanır və δ^- (delta mənfi) ilə işarə edilir. Elektromənfilii onunla birləşən elementə nisbətən az olan element *müsbət effektiv yüklü* olur. Müsbət effektiv yük δ^+ (delta müsbət) ilə işarə edilir. Məsələn, HCl molekulunda H-Cl rabitəsinin mənfi yükünün elektrik ağırlıq mərkəzi xlorə tərəf cəzb olunmuşdur $\overset{\delta+}{\text{H}}-\overset{\delta-}{\text{Cl}}$. Hidrogenlə xlor arasındakı rabitənin 17 %-i ion xarakterlidir, yəni rabitənin 17 %-i *polyar rabitədir*. Kovalent rabitəni əmələ gətirən elementlərin elektromənfiliklərinin fərqi rabitənin polyarlığının ölçüsüdür. Rabitəni əmələ gətirən elementlərin elektromənfilikləri eyni olduqda onun polyarlığı sıfıra bərabərdir:

HF	$\chi_F = 4,0$	$\chi_H = 2,1$	$\Delta\chi = 1,9$
H ₂ O	$\chi_O = 3,5$	$\chi_H = 2,1$	$\Delta\chi = 1,4$
NF ₃	$\chi_F = 4,0$	$\chi_N = 3,0$	$\Delta\chi = 1,0$
HCl	$\chi_{Cl} = 3,0$	$\chi_H = 2,1$	$\Delta\chi = 0,9$
NH ₃	$\chi_N = 3,0$	$\chi_H = 2,1$	$\Delta\chi = 0,9$
Cl ₂ O	$\chi_O = 3,5$	$\chi_{Cl} = 3,0$	$\Delta\chi = 0,5$
Cl ₃ N	$\chi_N = 3,0$	$\chi_{Cl} = 3,0$	$\Delta\chi = 0$
Cl ₂	$\chi_{Cl} = 3,0$	$\chi_{Cl} = 3,0$	$\Delta\chi = 0$

Qeyd etmək lazımdır ki, Cl₃N molekulunda Cl-N rabitəsi qismən polyardır. Ona görə ki, dəqiq tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, xlorun elektromənfililiyi $\chi_{Cl} = 2,83$, azotun elektromənfililiyi isə $\chi_N = 3,07$ -yə bərabərdir. Bunların fərqi: $3,07 - 2,83 = 0,24$.

İkielementli ikiatomlu molekularda $\overset{\delta+}{A}-\overset{\delta-}{B}$ rabitə polyar olur. Molekul isə polyar yaxud qeyri-polyar ola bilər. Polyar rabitədə müsbət və mənfi yüklərin «ağırlıq mərkəzi» eyni nöqtəyə düşür. Ona görə də rabitə polyar olur. Molekulun polyar, yaxud qeyri-polyar olması rabitənin polyarlığından əlavə onun həndəsi formasından da asılıdır. Molekul elektrik dipolu əmələ gətirirsə, polyar olur. Bunu H₂O molekulunda aydın görmək olur.

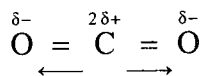
Molekulda $\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{O}$ rabitələrinin hər ikisi polyardır:



Şəkil IV-5. Su molekulunda elektrik dipolu: a-müstəvi proyeksiyası; b-şərti işarəsi.

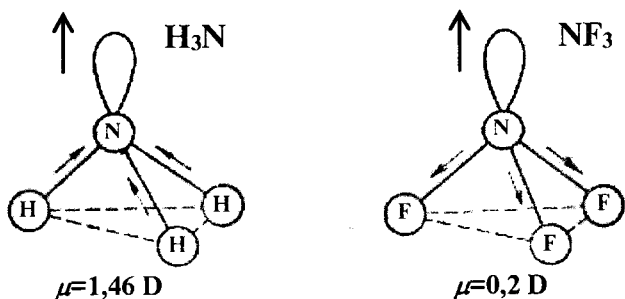
Hidrogen atomları H₂O molekulunda elə yerləşmişdir ki, onların qismən əldə etdikləri müsbət yüklər molekulun bir tərəfində olur, oksigenin mənfi yükü isə əks tərəfdə olur. Vektorların toplanması qaydasını tətbiq etdikdə müsbət və mənfi yüklərin ağırlıq mərkəzləri əks tərəflərdə olan dipol yaranır.

Elə molekullar var ki, onlarda atomlar arasındakı rabitə polyar olduğu halda molekul qeyri-polyar olur. Vektorların toplanması qaydasını tətbiq etdikdə $\overset{\delta-}{O}=\overset{\delta+}{C}=\overset{\delta-}{O}$ rabitələri polyar olmasına baxmayaraq bütövlükdə CO₂ molekulunu qeyri-polyar olur:



Kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü molekulun polyarlığına ciddi təsir edir.

NH₃ və NF₃ molekullarında uyğun olaraq $\overset{\delta+}{H}-\overset{\delta-}{N}$ və $\overset{\delta-}{F}-\overset{\delta+}{N}$ rabitələri polyardır. Molekulların hər ikisinin həndəsi forması eynidir, triqonal piramida formasındadır. Lakin, NH₃ molekulunu polyar, NF₃ molekulunu isə qeyri-polyardır:



Şəkil IV-6. H₃N və NF₃ molekullarında rabitə əmələ gətirə bilən və rabitə əmələ gətirə bilməyən elektron cütlərinin mürəkkəb dipol momentləri.

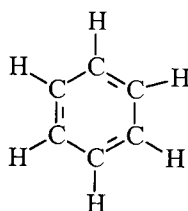
Bunların səbəbi NH_3 molekulunda kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş elektron cütü $\text{H}-\text{N}$ rəbitəsinin elektron cütünün vektorial toplanmasıdır, onların istiqamətləri eynidir, molekulun hidrogen olan tərəfi müsbət, kimyəvi rəbitəyə sərf edilən elektron buludu (həmin elektronlar hibridləşmişlər) olan tərəf isə mənfi yüklü olur. Bu isə molekulun polyarlığını təmin edir. NF_3 molekulunda $\text{F}-\text{N}$ rəbitəsinin elektron buludunun və azot atomunun kimyəvi rəbitəyə sərf edilməyən elektron cütünün vektorial istiqamətləri bir-birinin əksinədir. Molekulun hər iki tərəfi mənfi yüklü, yəni qeyri-polyar olur.

Cədvəl IV-7. Molekulların quruluşu və polyarlığı

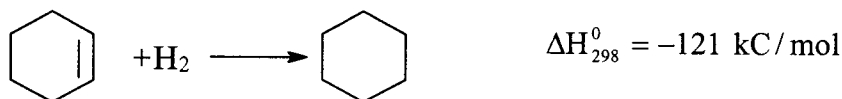
Molekulun tipi	Həndəsi quruluşu	Polyarlığı	Misallar
A_2	Qanteləbənzər	Qeyri-polyar	$\text{H}_2, \text{Cl}_2, \text{N}_2$
AB	Qanteləbənzər	Polyar	HCl, ClF
AB_2	Xətti	Qeyri-polyar	$\text{CO}_2, \text{CS}_2, \text{BeCl}_2(\text{q})$
AB_2	Bucaq	Polyar	$\text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2, \text{NO}_2$
ABC	Xətti	Polyar	COS, HCN
AB_3	Yastı üçbucaq	Qeyri-polyar	BCl_3
AB_3	Triqonal piramida	Polyar	NH_3
AB_3	Triqonal piramida	Qeyri-polyar	$\text{NF}_3, \text{PCl}_3$
AB_3	T-yə bənzər	Polyar	$\text{ClF}_3, \text{BrF}_3$
AB_4	Düzgün tetraedr	Qeyri-polyar	$\text{CH}_4, \text{CCl}_4, \text{SiF}_4$
AB_4	Yastı kvadrat	Qeyri-polyar	XeF_4
AB_4	Düzgün olmayan tetraedr	Polyar	$\text{SF}_4, \text{TeCl}_4$

§ 5. Lokallaşmamış rəbitə

İndiyə qədər biz iki atom arasında rəbitə yaradan orbitalları nəzərdən keçirdik. Həmin orbitallar *lokallaşmış orbitallar* adlanır. Bəzi molekularda elektronların bir hissəsi lokallaşmamışdır. Başqa sözlə desək, elektron cütü konkret olaraq iki atoma mənsub olmur. Alman alimi Kekule 1865-ci ildə benzolun formulu aşağıdakı kimi təklif etmişdir:



Göründüyü kimi, bu formulda üç ədəd ikiqat rəbitə var. Bu ikiqat rəbitələrdən biri siqma (σ) biri isə pi (π) rəbitəsidir. Bütövlükdə C_6H_6 molekulunda üç π rəbitəsi var. Yuxarıdakı formula əsasən π rəbitələri bir-birindən izolə edilmiş vəziyyətdədir. Əslində belə deyil. Hibridləşməmiş p elektronları (benzol molekulunda bunlar altı ədəddir) altıbucaqlı formasında olan benzol «həlqəsinə» perpendikulyar vəziyyətdə yerləşmişlər. Hər bir p elektronu yanlardan digər iki p elektronu ilə əhatə olunmuşdur. Onların elektron buludları karbon atomu yerləşən müstəvinin üstündə və altında qismən bir-birinin üzərinə düşmüşdür. Nəticədə altıelektronlu π sistemi yaranmışdır. Bu sistemi əmələ gətirən elektronlar karbon atomlarının altısına da eyni dərəcədə mənsubdur. Onlar lokallaşmamışdır, həlqənin karbon atomları arasında sərbəst olaraq hərəkət edirlər. Benzol molekulunun davamlılığının səbəbi elektronların lokallaşmamasıdır. Tsikloheksen molekulunda bir ikiqat rəbitə var. Onun hidrogenləşməsinin standart entalpiyası -121 kC/mol -dur.

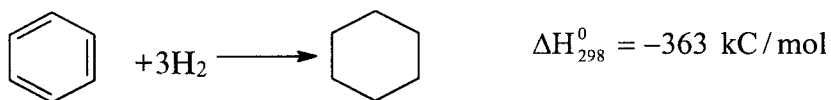


Tsikloheksen

Tsikloheksan

Formal olaraq benzol molekulunda üç ədəd ikiqat rəbitə var. Onun hidrogenləşməsinin


standart entalpiyasını tapmaq üçün tsikloheksen üçün tapılmış rəqəmi 3-ə vurmaq kifayətdir:



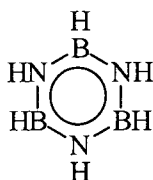
Benzol

Tsikloheksan

Lakin, benzolun hidrogenləşməsinin standart molyar entalpiyasının təcrübi olaraq tapılan qiyməti -208 kC/mol -dur. Bunların fərqi -155 kC/mol -dur. Bunun səbəbi hibridləşməmiş p elektronlarının lokallaşmaması nəticəsində benzol molekulunun daha davamlı olmasıdır. Ona görə də həmin fərqi çox vaxt *lokallaşma entalpiyası* yaxud *stabilləşmə enerjisi* adlandırırlar.

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq benzol molekulunun quruluşunu  şəklində yazmaq qəbul olunmuşdur. Lokallaşmamış rabitəsi olan molekulalara

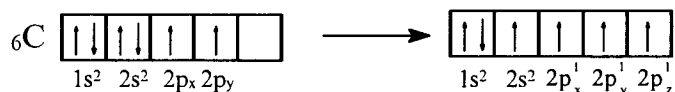
daha bir misal, borazindir:



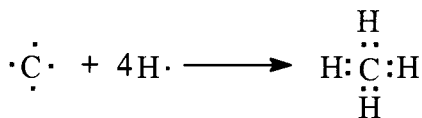
Benzolda olduğu kimi borazində də lokallaşmamış altı mərkəzli rabitə var. Benzol və borazinin molekulaları izoelektronludur (elektronların sayı eynidir). Ona görə də çox vaxt borazini «qeyri-üzvi benzol» adlandırırlar. Onların iyləri və həlledicilik qabiliyyətləri bir-birinə çox oxşayır. Bir qədər sonra öyrənəcəyik ki, lokallaşmamış elektronlar metal rabitəsinin əsasını təşkil edir.

§ 6. Orbitalların hibridləşməsi, σ -siqma və π -pi rabitələri

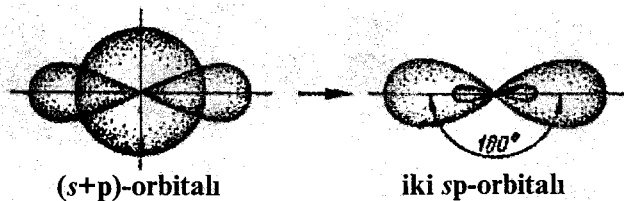
Orbitalların hibridləşməsini karbon atomunun misalında nəzərdən keçirək. Karbon atomunun xarici energetik səviyyəsində dörd elektron var. Bunlardan ikisi 2s yarım səviyyəsində, ikisi isə 2p yarım səviyyəsindədir. Atom həyəcanlanmış vəziyyətə keçdikdə 2s yarım səviyyəsində olan elektronlardan biri sərbəst 2p_z orbitalına keçir:



Həyəcanlanmış vəziyyətdə karbon atomunun dörd qoşalaşmamış elektronu olur və dörd hidrogen atomu birləşdirir:

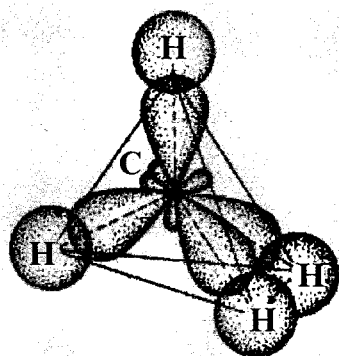


Elektron 2s orbitalından 2p_z orbitalına keçdikdə enerji udur, həmin enerji kimyəvi rabitə yarandıqda ödənilir, sistemin enerjisi azalır və davamlı molekul yaranır. Bildiyimiz kimi, s və p elektronlarının elektron buludları formasına görə bir-birindən fərqlənirlər. Deməli, CH₄ molekulunda kimyəvi rabitələr bir-birindən fərqlənməlidir. Lakin müəyyən edilmişdir ki, həmin rabitələrin elektron buludları və enerjiləri eynidir. Bunun səbəbini *orbitalların hibridləşməsi* nəzəriyyəsi izah edir. Orbitalların hibridləşməsi nəzəriyyəsinə ilk dəfə 1931-ci ildə Amerika alimi L.Polinq irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyəyə görə elektron buludlarının (orbitalların) forması dəyişir, eyni formalı elektron buludu əmələ gəlir və hibridləşən elektronların enerjiləri də eyni olur:



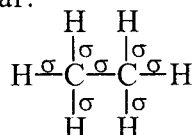
Şəkil IV-7. sp-hibridləşməsi.

Şəkil IV-7-dən göründüyü kimi, hibrid orbitallar güclü surətdə nüvədən bir tərəfə dartılmışlar və armudaoxşar forma almışlar. Hibrid orbitallardan yaranan rabitə daha möhkəm olur. Metan molekulu əmələ gəldikdə bir s elektronu və üç p elektronu hibridləşir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, karbon atomunun 2s yarım səviyyəsində iki elektron var, onlardan biri 2p_z orbitalına keçmişdir. Beləliklə, 2s yarım səviyyəsində bir və 2p yarım səviyyəsində üç elektron var. Bunların dördü də hibridləşir (enerjiləri bərabərləşir), belə hibridləşmə es pe üç sp³ hibridləşməsi adlanır. Dörd sp³ hibrid orbitalı ilə dörd hidrogen atomunun s orbitalı qapanır, davamlı metan molekulu əmələ gəlir. Metan molekulu hibrid orbitallarının oxları arasındakı bucaq 109° 28'-dir.

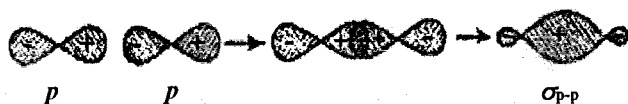


Şəkil IV-8. Metan molekulu.

Elektron buludlarının (orbitalların) atomların mərkəzlərini birləşdirən xətt boyunca qapanması nəticəsində yaranan rabitə siqma σ rabitə adlanır. Deməli, metan molekulu rabitələrin dördü də siqma rabitəsidir. Birləşən atomlar arasında birdən çox siqma rabitəsi əmələ gələ bilməz. Ona görə də birqat rabitələrin hamısı σ siqma rabitəsidir. Doymuş karbohidrogenlərdə (bunlar üzvi kimya kursunda daha ətraflı nəzərdən keçirilir) σ -siqma rabitələrinin əmələ gəlməsində karbon atomunun sp³ hibrid orbitalları iştirak edir. Etan molekulu yeddi σ -siqma rabitəsi var:

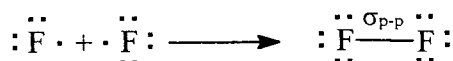


Bunlardan biri karbon atomları arasındakı (C-C) sp³-sp³ rabitəsi, altısı isə karbonla hidrogen arasında (C-H) sp³-s rabitəsidir. σ -siqma rabitəsinin onu əmələ gətirən elektron buluduna görə bir neçə forması var. σ_{p-p} rabitəsində iki p elektronu öz oxları istiqamətində birləşirlər:

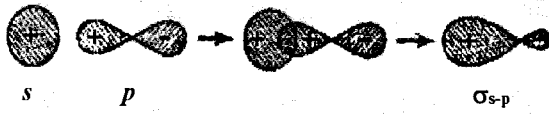


Şəkil IV-9. p-atom orbitallarının örtülməsi ilə kovalent σ_{p-p} rabitəsinin əmələ gəlməsi.

Elektron buludunda + və - işarələri elektrik yükünə aid deyil, ona görə ki, elektron bütövlükdə mənfi yüklüdür. Həmin işarələr elektronun dalğa funksiyasına aiddir, onun ətraflı izahı ali məktəb kimyəvi fizika kursunda verilir. F₂ molekulu flüor atomları arasındakı rabitə σ_{p-p} rabitəsidir:

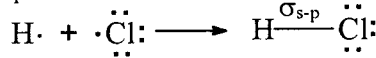


σ_{s-p} rabitəsi s və p orbitallarının elektron buludlarının qapanması nəticəsində yaranır:

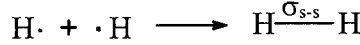


Şəkil IV-10. s və p-atom orbitallarının örtülməsi ilə kovalent σ_{s-p} rabitəsinin əmələ gəlməsi.

HCl molekulu əmələ gəldikdə, hidrogenin 1s elektronu ilə xlorun 3p yarımsəviyyəsindəki qoşalaşmamış p elektronu σ_{s-p} rabitəsinə əmələ gətirir:

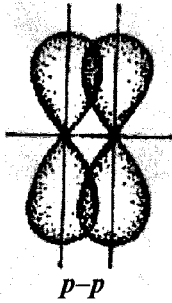


σ_{s-s} rabitəsi H_2 molekulunda hidrogen atomları arasında yaranır:



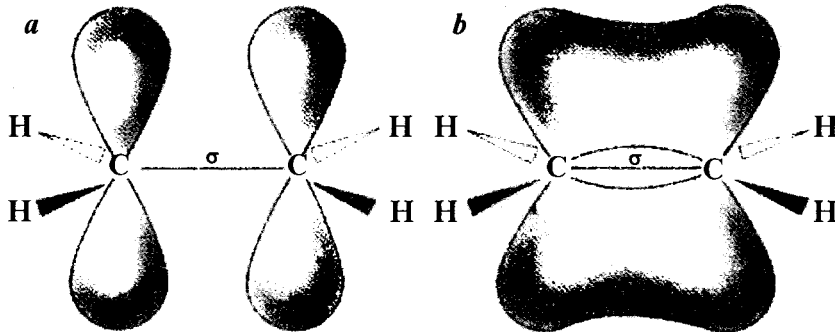
σ -siqma rabitəsinin yuxarıdakılardan əlavə σ_{s-d} , σ_{s-f} , σ_{p-d} , σ_{p-f} , σ_{d-d} , σ_{d-f} və σ_{f-f} formaları var.

Elektron buludlarının atomların mərkəzlərini birləşdirən xəttin hər iki tərəfində bir-birinin üzərinə düşməsi nəticəsində yaranan rabitə π (pi)-rabitəsidir:



Şəkil IV-11. π -rabitənin əmələgəlmə sxemi.

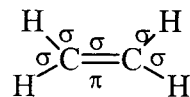
Göründüyü kimi, π -rabitəsi yaranarkən elektron orbitalları hibridləşmirlər. Etilen molekulunda karbon atomlarının hər ikisi sp^2 hibridləşməsi vəziyyətindədir. Yəni $2s^1 2p^3$ elektronlardan $2s^1$ orbitalı və $2p^2$ ($2p_x^1 2p_y^1$) orbitalı hibridləşir, armudaoxşar şəkil alır. Hibridləşən orbitalların (bunlar hər karbon atomunda üç ədəddir) biri C-C rabitəsinə, dördü C-H rabitəsinə əmələ gətirir:



Şəkil IV-12. Etilen molekulu

a-karbon atomlarının hibridləşməmiş p-orbitalları var; b-iki paralel p-orbitalı arasında yandan örtülmə bir π -orbitalının əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır.

Karbon atomlarının üçüncü p-orbitalı ($2p_z^1$) hibridləşmir və onlar hibridləşmiş orbitalların müstəvisinə perpendikulyar vəziyyətdə həmin müstəvinin üstündə və altında π -pi rabitəsinə əmələ gətirirlər. Deməli, etilen molekulunda karbon atomları arasındakı ikiqat rabitədən biri σ -siqma digəri isə π -rabitəsidir:



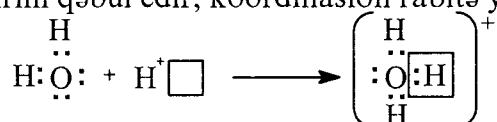
σ -siqma rabitəsinə nisbətən π -rabitəsi az davamlıdır. Etilen molekulunda ikiqat rabitənin enerjisi 606,7 kC/mol-dur. σ -siqma rabitəsinin enerjisi 355,6 kC/mol-dur. Bunların fərqi ($606,7-355,6=251,1$) 251,6 kC/mol π -rabitəsinin payına düşür. Ona görə də kimyəvi reaksiyalarda π -rabitəsi σ -rabitəsinə nisbətən asan qırılır.

§ 7. Koordinasion rəbitə

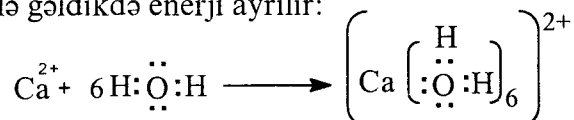
Koordinasion rəbitə, kimyəvi rəbitənin əmələ gəlməsində iştirak edən atomlardan birinə mənsub olan elektron cütünün ümumiləşməsi nəticəsində yaranan kovalent rəbitədir. Elektron cütü mənsub olan atom donör, onunla birləşən digər atom akseptor adlanır. Ona görə də çox vaxt koordinasion rəbitə əvəzinə donör-akseptor rəbitəsi adlanır. Kimyəvi rəbitə yarandıqdan sonra bunları fərqləndirmək çətindir. Donör olan atomun kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş ən azı bir cüt elektronu olmalıdır. Akseptorda isə minimum bir sərbəst orbital olmalıdır. Metal kationu yaxud keçid metallarının atomu, həmçinin molekulun tərkibinə daxil olan atomlardan biri akseptor ola bilər. Su molekulunda

$\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$ oksigen atomunun kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş iki cüt elektronu var.

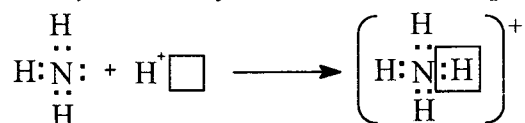
Hidrogen ionunda H^+ 1s orbitalı sərbəstdir. Həmin orbital sudakı oksigen atomunun sərf edilməmiş elektron cütünün birini qəbul edir, koordinasion rəbitə yaranır:



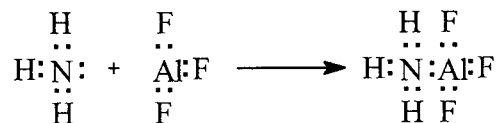
Nəticədə hidroksonium (oksonium) ionu H_3O^+ əmələ gəlir. Onun müsbət yükü hidrogen atomlarının hər üçü arasında bərabər paylanmışdır. Aydındır ki, H_3O^+ ionunda kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş daha bir elektron cütü olmasına baxmayaraq H^+ ionunu birləşdirə bilməz. Ona görə ki, H_3O^+ və H^+ ionlarının hər ikisi eyni yüklüdür. Su molekulları metal kationları ilə də koordinasion rəbitə əmələ gətirir. Metal kationlarının sərbəst orbitalları olur, akseptor rolunu oynayır. H_2O molekulları isə sərf edilməmiş elektron cütü hesabına donör olur. Nəticədə metal kationu hidratlaşır. Kimyəvi rəbitənin digər növlərində olduğu kimi koordinasion rəbitə əmələ gəldikdə enerji ayrılır:



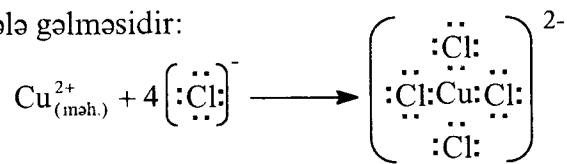
Ammonium ionunun NH_4^+ əmələ gəlməsi də koordinasion rəbitə hesabına olur. NH_3 molekulundakı azot atomunun kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş elektron cütü var. O donör olur, H_2O molekulundan yaxud turşulardan ayrılan H^+ ionu akseptor olur:



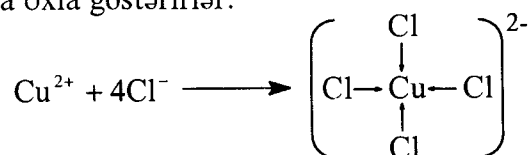
Yuxarıdakı misallarda koordinasion rəbitənin əmələ gəlməsində ionlar iştirak edir. Lakin neytral molekullar arasında da koordinasion rəbitə yaranır:



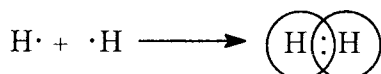
Duru mis 2-xlorid məhlulu mavi rəngdədir. Onun qatı məhlulu isə yaşıl rəngdə olur. Bunun səbəbi Cu^{2+} ilə Cl^- ionları arasında koordinasion rəbitə yaranması və yaşıl rəngli CuCl_4^{2-} kompleksinin əmələ gəlməsidir:



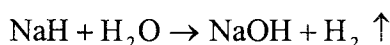
Koordinasion rəbitəni bəzi hallarda oxla göstərirlər:



H₂ molekulunun əmələ gəlməsini çox vaxt hidrogen atomlarının birləşməsi və bunlar arasında kovalent rabitə yaranması formasında təsəvvür edirik:



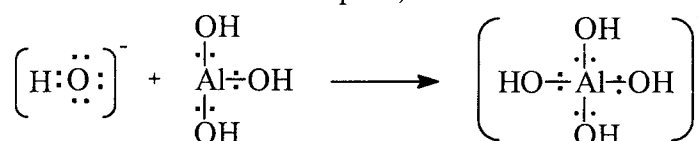
Lakin belə olmaya da bilər. Fəal metalların hidridlərinə su yaxud turşularla təsir etdikdə hidrogen ionu H⁺ □ ilə hidrid ionu H⁻ arasında koordinasiya rabitə yaranır, H₂ molekulları ayrılır:



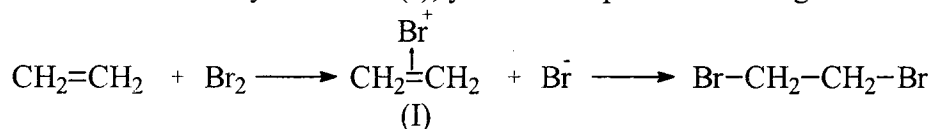
yaxud



Alüminium-hidroksidin amfoterlik xassəsini koordinasiya rabitəyə əsasən izah etmək olur. Al(OH)₃-də alüminiumun ətrafında 6 elektron var. Onun tamamlanması üçün iki elektron çatışmır. Alüminium-hidroksidə qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə alüminium atomunun ətrafı hidrogen ionunun kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü hesabına (bunlar üç cütdür) tamamlanır. Alüminium akseptor, hidrogen ionu donor olur:



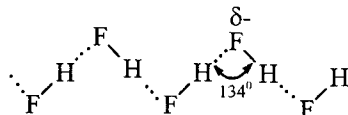
Üzvi reaksiyaların çoxunda aralıq birləşmələrdə koordinasiya rabitə yaranır. Məsələn, etilenə brom birləşdikdə reaksiyanın vacib mərhələsi kimi müsbət yüklü bromla etilen arasında koordinasiya rabitənin yaranması (I), yəni π-kompleksin əmələ gəlməsidir.



Metalların karbonillərində Fe(CO)₅, Ni(CO)₄ və s. metallarla karbon atomu arasındakı rabitə koordinasiya rabitədir.

§ 8. Hidrogen rabitəsi

Hidrogen atomu elektromənfililiyi yüksək olan elementlərlə F, O, N, Cl, S və s. birləşdikdə, rabitə əmələ gətirə bilən elektron cütü həmin elementə tərəf daha çox cəzb olunduğundan qismən müsbət yükə sahib olur. Əmələ gələn molekulun birində olan hidrogen atomu H^{δ+} digər molekuldakı elektromənfi elementlə elektrostatik qarşılıqlı təsirdə olur, hidrogen rabitəsi yaranır. Hidrogen rabitəsi üç nöqtə ilə işarə edilir. Hidrogen-flüorid molekulunda ^{δ+}H-^{δ-}F hidrogen rabitələrinin əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:

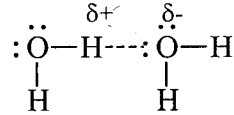


Şərti olaraq möhkəm və zəif olmaqla hidrogen rabitəsinin iki tipini ayırd etmək olar. Bunlar bir-birindən rabitənin enerjisinə və uzunluğuna görə fərqlənirlər:

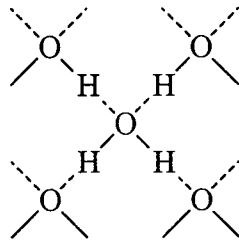
	Rabitənin enerjisi, kC/mol	Rabitənin uzunluğu, nm-lə
Zəif hidrogen rabitəsi	10-30	30
Möhkəm hidrogen rabitəsi	400	23-30

Hidrogen rabitələrinin H...F, H...O, H...N rabitə enerjiləri uyğun olaraq 40 kC/mol, 20 kC/mol və 8 kC/mol-a bərabərdir. F-H...F⁻-da hidrogen rabitəsinin enerjisi 113 kC/mol-dur. Hidrogen rabitəsinin yaranmasında hidrogen ionunun xüsusi rolu var. Onun

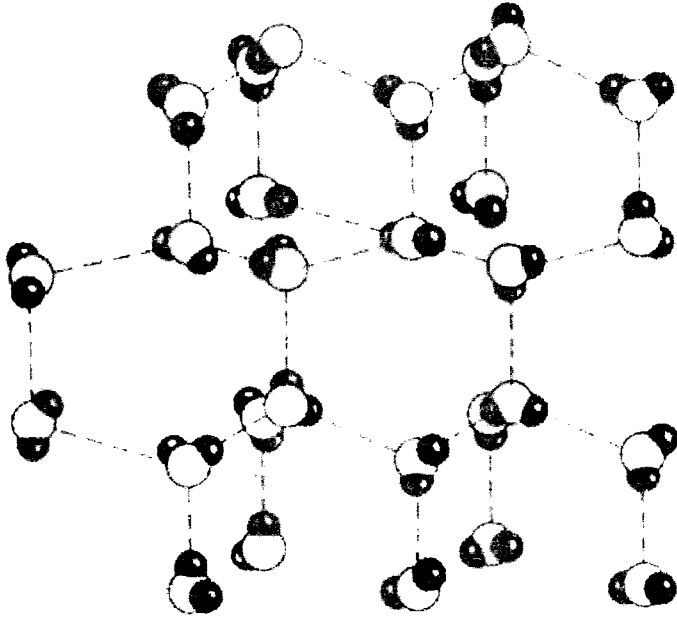
ətrafında elektron buludu yoxdur və ölçüsü çox kiçikdir. Ona görə də digər atomun elektron buluduna nüfuz edə bilər. Flüorid turşusunun qatı məhlulunda hidrogen-diflüorid hidrogen rabitəsinə əsasən əmələ gəlir: $[F \cdots H \cdots F]^-$. Flüorid turşusu birəsaslı turşu olmasına baxmayaraq turş duzu KHF_2 var. Bu maddədə kimyəvi rabitənin üç tipi var. Bunlar kovalent, ion və hidrogen rabitələridir. Hidrogen rabitəsi molekulların assosiasiyasına səbəb olur. Maye halda suda praktik olaraq sərbəst H_2O molekulları yoxdur. Hidrogen rabitələri hesabına H_2O molekulları birləşirlər:



Nəticədə $(H_2O)_n$ aqreqatı əmələ gəlir. Otaq temperaturunda $n=4$ olur. Analoquna H_2S -ə nisbətən (-60 °C-də qaynayır) suyun qaynama temperaturunun (100 °C-də qaynayır) yüksək olmasının səbəbi hidrogen rabitəsidir. Bərk halda suda (buzda) oksigen atomu tetraedrik şəkildə dörd hidrogen atomu ilə əhatə olunmuşdur. Onlardan ikisi oksigenlə kovalent rabitə ilə, ikisi isə hidrogen rabitəsi vasitəsilə birləşmişdir:



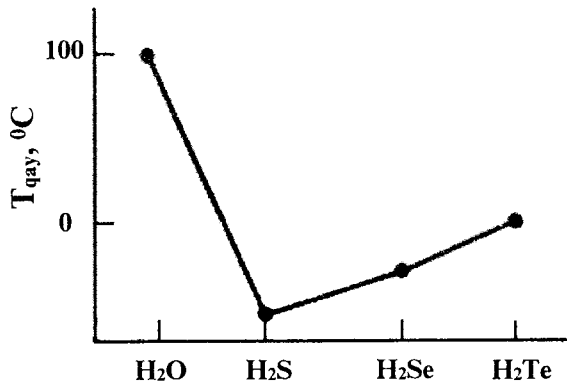
Buzun quruluşu sıxlığının az olmasına səbəb olmuşdur. Onda boşluqlar var. Həmin boşluqların ölçüsü su molekullarının ölçüsündən bir neçə dəfə böyükdür:



Şəkil IV-13. Buzun quruluşunda hidrogen rabitəsi

Hidrogen rabitəsi əmələ gətirmək üçün hər bir su molekulu öz iki hidrogen atomundan istifadə edir; yəni həmin hidrogen atomlarının hər biri digər su molekulu ilə hidrogen rabitəsi əmələ gətirir. Oksigen atomları ətrafında rabitələr tetraedrik paylanmışdır.

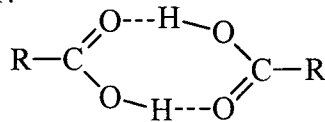
Buz əridikdə hidrogen rabitələrinin bir qismi qırılır. 0 °C-yə yaxın temperaturda maye suda buzun quruluşunun qalıqları olur. Su molekulları həmin buz aqreqatlarının daxilində yerləşir, molekulların daha sıx yerləşməsi baş verir. Ona görə də buz əridikdə həcm kiçilir, sıxlıq artır. Qızdırıldıqda suda hidrogen rabitələri qırılmaqda davam edir. Bu isə onun həcmnin azalmasına, sıxlığının artmasına səbəb olur. 0 °C-dən 4 °C-yə qədər bu effekt istilik genişlənməsindən üstün olur. 4 °C-dən yuxarı temperaturda istilik hərəkətləri artır və suyun sıxlığı azalır. 4 °C-də su maksimum sıxlığa malik olur. Su hövzələrində su donduqda buz qatı üstə qalır və suyu sonrakı donmadan və istiliyin itirilməsindən qoruyur. Donmuş çay və göllərdə buzun altında balıqlar və bitkilər aylarla yaşaya bilirlər. Su olmayan başqa planetin kimyaçısı yəqin belə hesab edərdi ki, suyun ərimə temperaturu təqribən -100 °C-yə yaxındır və Yerdə çaylar, okeanlar və göllər yoxdur hətta Şimal və Cənub qütblərində su qaz halındadır:



Şəkil IV-14. VI qrup elementlərinin hidridlərinin qaynama temperaturu.

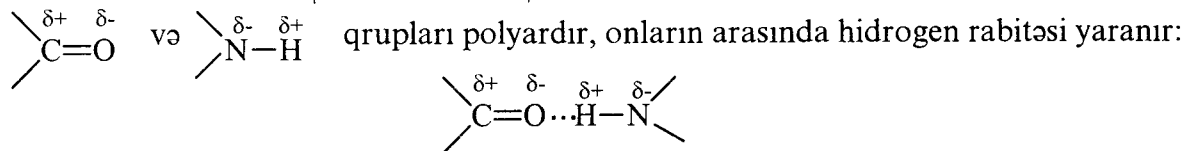
Şəkil IV-14-dən görüldüyü kimi, H₂S, H₂Se və H₂Te molekulları arasında hidrogen rabitələri yoxdur. Təmiz suyun rəngi də hidrogen rabitəsi ilə əlaqədardır. İki metrə qədər qalınlığında təmiz su təbəqəsi açıq-mavi rəngdə olur. Bir su molekulunun titrəyişli hərəkəti hidrogen rabitəsi vasitəsilə birləşmiş digər su molekuluna verilir. Nəticədə su az miqdarda qırmızı işığı udur və mavitəhər rəng alır. Belə açıq-mavi rəng qalın buz təbəqəsində də müşahidə edilir.

Karbon turşularının nisbi molekül kütlələrini təyin etdikdə eksperimentdə alınan nəticə nəzəri olaraq hesablanandan iki dəfə çox olur. Bunun səbəbi turşu molekullarının hidrogen rabitələri hesabına dimerləşməsidir:

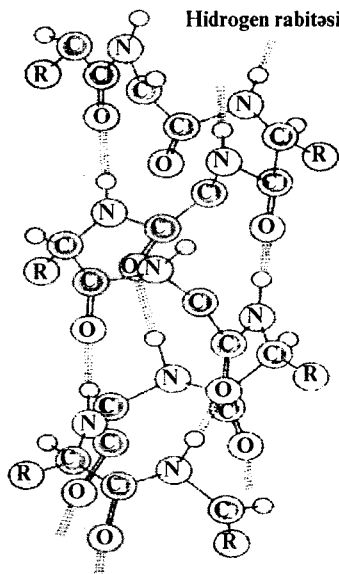


Zülalların quruluşunun formalaşmasında hidrogen rabitələrinin çox böyük rolu var.

Zülallar ümumi formulu $\left(\begin{array}{c} \text{R} \\ | \\ -\text{C}-\text{C}-\text{N}- \\ | \quad || \quad | \\ \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \end{array} \right)_n$ olan uzun polipeptid zəncirindən ibarətdir. Burada R-müxtəlif əvəzedicilərdir.



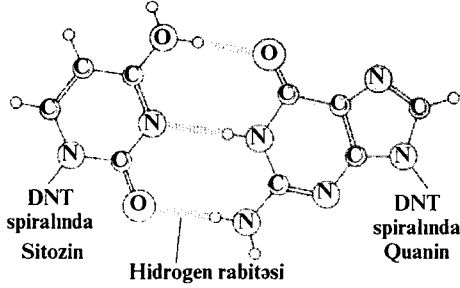
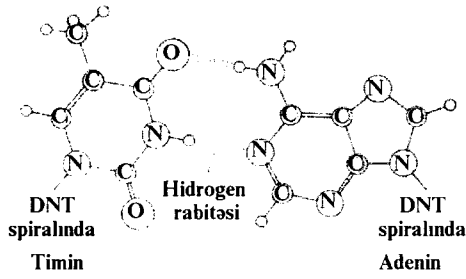
Zülal molekulunda çoxlu sayda hidrogen rabitələri var. Bunlar zülalın ikinci quruluşunun, α-spiralın yaranmasının əsas səbəbidir. α-spiral saat əqrəbi istiqamətində bizdən fırlana-fırlana uzaqlaşan spiraldır. Həmin spirali saxlayan hidrogen rabitəleridir:



Şəkil IV-15. α-spiral quruluşlu peptid zənciri

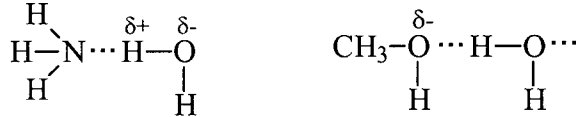
Hər bir C atomu R radikalı və H atomu ilə birləşmişdir. Spiralın oxu yaxınlığında yerləşən C atomlarında H və R təsvir olunmamışdır.

α-spiralı ilk dəfə rentgen quruluş tədqiqatı nəticəsində məşhur amerika alimi L.Polinq müəyyən etmişdir. Dezoksinuklein turşusunun (DNT) ikiqat spiralının formalaşmasında hidrogen rabitələri mühüm rol oynayır. Nitrit əsasları arasında hidrogen rabitələri var:



Şəkil IV-16. DNT-nin əsas cütəri arasında hidrogen rabitələri.

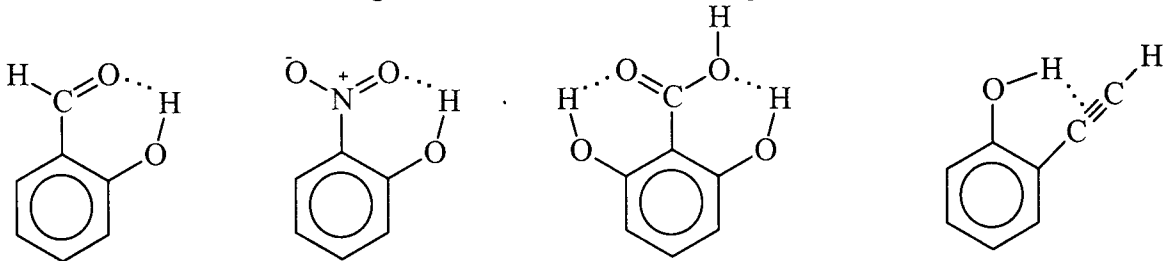
Ammonyakı və spirtləri suda həll etdikdə hidrogen rabitəsi yaranır:



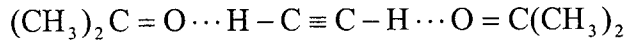
Maye ammonyak və spirtlərdə molekullarası hidrogen rabitəsi var:



Yuxarıda nəzərdən keçirdiklərimiz molekullarası hidrogen rabitələridir. Eyni molekulda onu təşkil edən atomlar yaxud funksional qruplar arasında hidrogen rabitəsi yaranır. Bu molekul daxili hidrogen rabitəsidir. Bunlara aşağıdakıları misal göstərmək olar:



Salisil aldehidi orto-nitrofenol 2,6-dihidroksibenzoy turşusu orto-etinilfenol
Orto-etinilfenol molekulunda hidrogen rabitəsi üçqat rabitənin π -elektronları hesabına əmələ gəlmişdir. Asetilenin asetonda həll olmasının səbəbi də hidrogen rabitəsidir:



Sonuncu iki misaldan başqa hidrogen rabitəsi oksigen, azot və flüorla birləşən hidrogen atomu və digər molekuldakı həmin elektromənfililiyi yüksək olan elementlər arasında yaranır.

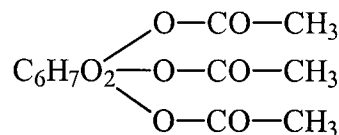
Göründüyü kimi, ikiqat rabitə və hidrogen ($\text{H}-$), oksigen ($=\text{O}$) və üçqat rabitəli karbon

atomuna birləşən hidrogen ($\text{H}-\text{C} \equiv$) arasında da hidrogen rabitəsi yaranır. Hidrogen rabitəsi yalnız biz göstərdiyimiz misallarla məhdudlaşmır. H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 molekulları arasında,

üzvi maddələrdən fenollarda, karbohidratlarda, amidlərdə, aminturşularında və s. hidrogen rabitələri var və onlar həmin maddələrin xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Saxaroza

molekulunda $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_3(\text{OH})_8$ səkkiz hidrosil qrupu var, onun kristallarının bərkliyi $-\text{O}-\text{H}$ qrupları arasında hidrogen rabitələrinin əmələ gəlməsi ilə izah edilir. Sellülozanın quruluş elementlərindən (zvenolarından) birində üç hidrosil qrupu var $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3]_n$, bunlar

arasında yaranan hidrogen rabitələri onun təbii polimerinin makromolekulları arasında cazibəni təmin edir. Ona görə də sellüloza suda və digər həlledicilərdə həll olur. Qeyd etmək lazımdır ki, sellüloza qatı fosfat, sulfat və xlorid turşularında həll olur. Lakin bu zaman onun quruluşu dəyişikliyə uğrayır. Yalnız mis-ammonyak məhlulunda ($\text{Cu}(\text{OH})_2$ -nin qatı ammonyak məhlulunda məhlulu) dəyişilmədən həll olur. Pambıq parçadan hazırlanan paltarların istifadə edilməsinin gigiyenik cəhətdən üstünlüyü hidrogen rabitələri ilə izah edilir. Belə ki, insan orqanizmindən dəri vasitəsilə buxarlanan su molekulları pambıq paltar tərəfindən tutulur, sellülozadakı hidrosil qrupları ($-\overset{\delta-}{\text{O}}-\overset{\delta+}{\text{H}}$) ilə H_2O molekulları arasında hidrogen rabitələri yaranır. Asetat lifində hidrosid qruplarının əksəriyyəti efirləşib:

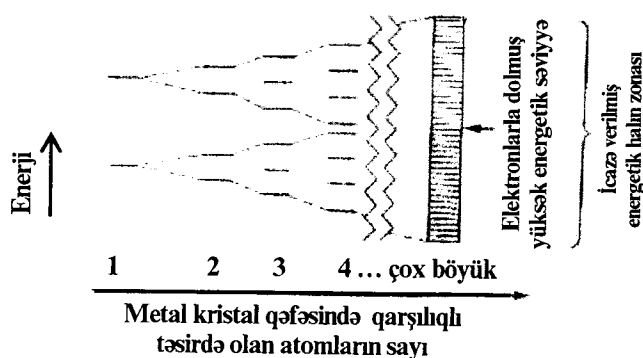


Ona görə də ondan hazırlanan parçalar rütubəti demək olar ki, udmur.

§ 9. Metal rabitəsi

Metal rabitəsinin mahiyyətini aydınlaşdırmazdan əvvəl, metal atomlarının xarici energetik səviyyəsində elektronların sayını nəzərdən keçirək. Onlardan 16-sının xarici energetik səviyyəsində bir elektron, 57-sinin xarici energetik səviyyəsində iki elektron, dördündə üç elektron var. Yalnız palladiumun xarici energetik səviyyəsində heç bir elektron yoxdur. Ge, Sn və Pb-nun xarici energetik səviyyəsində 4 elektron, Sb və Bi-da 5 elektron, Po-da 6 elektron var. Bunlardan əlavə metal atomlarının xarici energetik səviyyəsində çoxlu sərbəst orbital var. Məsələn, Na atomunun xarici energetik səviyyəsində cəmi bir elektron və səkkiz sərbəst orbital var: Na $2;8;1; 3s^1 3p^0 3d^0$. İonlaşma enerjisi az olduğundan metalların xarici energetik səviyyəsində olan valent elektronları ayrı-ayrı metal atomları ilə əlaqəni kəsirlər və sərbəst elektronların toplusundan ibarət olan elektron qazını əmələ gətirirlər.

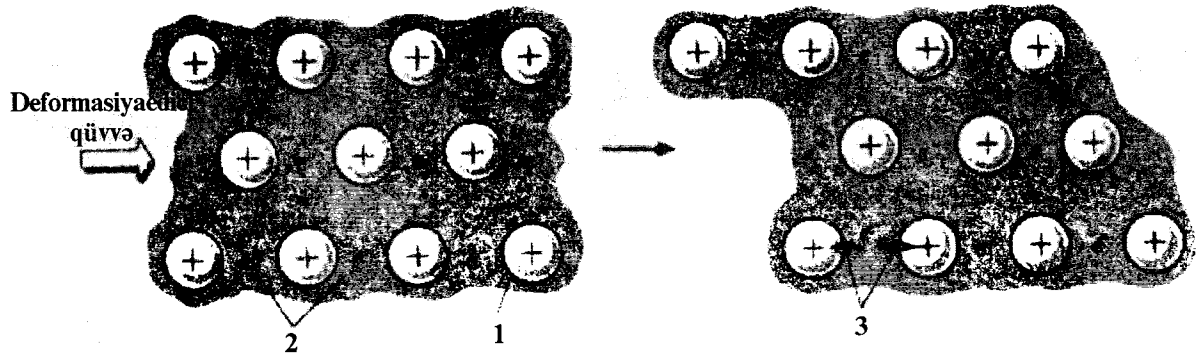
Metal kütləsində sərbəst elektronlar toplusunun qaz adlandırılması şərtidir. Eyni işarəli hissəciklər kimi elektronlar bir-birini dəf edir, əksinə elektroneytral qaz molekulları arasında Van-der-Vaals cazibə qüvvələri var. Bunlardan əlavə adi temperaturda elektronlar öz-özünə metaldan xaric olurlar. Onlar kristal qəfəsin düyünlərini təşkil edən kationlar tərəfindən cəzb olunurlar. Qaz molekulları isə diffuziya nəticəsində çox böyük sahəni tuturlar. İki metal atomu yaxınlaşdıqda onların xarici elektron örtüklərinin orbitalları qapanırlar, molekulyar orbital əmələ gətirirlər. Üçüncü metal atomu yaxınlaşdıqda onun atom orbitalı, bundan əvvəlki iki atomun orbitalı ilə qapanır və əlavə bir orbital da əlavə olunur. Çoxlu sayda metal atomları birləşdikdə bütün istiqamətlərdə yayıla bilən çoxlu sayda üçölçülü molekulyar orbitallar əmələ gəlir. Atom orbitallarının qəfəsdə qapanması nəticəsində, metal atomunun xarici energetik səviyyəsindəki elektronlar (artıq bunlar metal atomundan ayrılmışdır) çoxlu sayda digər atomların təsir dairəsində olur. Həmin elektronlar bütün metal kristal qəfəsi boyunca, sərbəst olaraq hərəkət edə bilirlər və onlar lokallaşmamışlar.



Şəkil IV-17. Kristal qəfəsində delokallaşmış molekulyar orbitallar əmələ gətirməsinə səbəb olan metal atom orbitallarının qarşılıqlı təsirinin sxematik təsviri. Baxılan misaldə hər bir metal atomunun iki atom orbitalı s- və p-orbitallarına uyğun gələ bilər. Əsas ona fikir vermək lazımdır – bu energetik səviyyələrinə görə bir-birinə çox yaxın yerləşmiş çoxlu sayda molekulyar orbitalların əmələ gəlməsidir. Bu orbitallar mövcud elektronlarla tam dolmamışdır.

Metallın kristal qəfəsini təşkil edən metal kationları arasında dəfətmə qüvvələri var. Lakin onlar dağınıqlar. Bunun səbəbi həmin kationlar arasındakı boşluqlarda yerləşən lokallaşmamış elektronlar tərəfindən cəzb olunmasıdır. Bunu bərkidə sementin qum və çin qıl dənələrini bir yerdə saxlamasına bənzətmək olar. Burada sərbəst elektronlar sement rolunu oynayır. Metallardakı elektron qazı sıxılmış vəziyyətdədir. Bununla əlaqədar aşağıdakı təcrübə maraqlıdır. Natrium metalı maye ammoniyakda həll olur. 23 q natriumun həcmi 22 sm^3 -dir, $-33 \text{ }^\circ\text{C}$ -də 93 q maye ammoniyak 137 sm^3 həcm tutur. Həmin maddələrdən hazırlanan məhlulun həcmi 159 sm^3 ($22+137=159$) olmalıdır. Lakin məhlulun həcmi həmin temperaturda 200 sm^3 olur. Deməli, ilkin maddələrə nisbətən məhlulun həcmi 41 sm^3 yaxud 25 % artır. Belə həcm artımı heç bir kimyəvi birləşməni suda yaxud digər həlledicilərdə həll etdikdə müşahidə olunmur. Maye ammoniyakda həll etdikdə natriumun kristal qəfəsinin kationlarının arasındakı sərbəst elektronlar sanki sıxılmış vəziyyətdən azad olurlar və məhlula keçdikdə böyük həcm tuturlar.

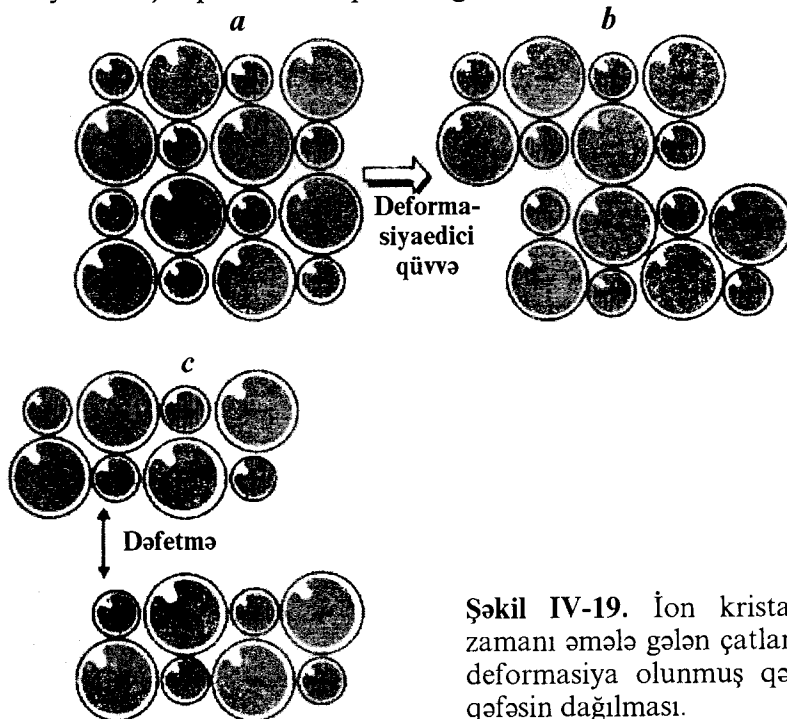
Metall rəbitəsinə aid biliklər onların fiziki xassələrini izah etməyə imkan verir. Xarici deformasiyaedici qüvvələrin təsirindən metallar öz formalarını dəyişir və bu zaman onlarda çatlar əmələ gəlir.



Şəkil IV-18. Metall kristal qəfəsinin deformasiyası

1-metal kationu; 2-delokallaşmış valent elektronları; 3-kationlarla delokallaşmış elektronlar arasında cəzətmə.

İon kristal qəfəsində isə belə deyil, deformasiyaedici qüvvələrin təsirindən eyni yüklü ionlar bir-birinə yaxınlaşdıqda kristal qəfəs dağılır.



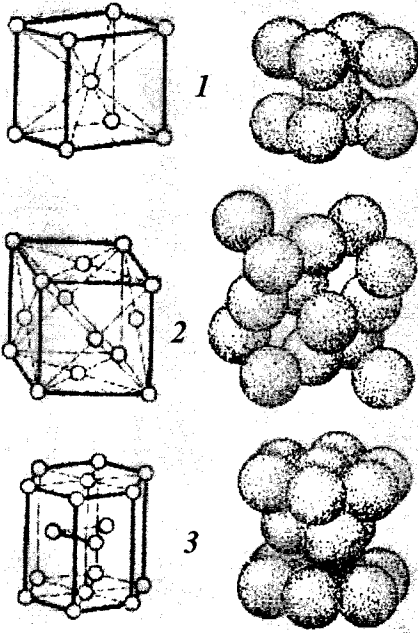
Şəkil IV-19. İon kristal qəfəsində deformasiya zamanı əmələ gələn çatların sxemi: a-başlangıç hal; b-deformasiya olunmuş qəfəs; c-dəfətmənin təsirindən qəfəsin dağılması.

Metalların istiliyi yaxşı keçirməsinin səbəbi də sərbəst elektronlarla əlaqədardır. Metall parçasını bir tərəfindən qızdırdıqda elektronların kinetik enerjisi artır və lokallaşmamış elektronlar vasitəsilə bütün metall boyunca yayılır. Metall nümunəsinin bir tərəfindən potensiallar fərqi daxil etdikdə elektron buludu müsbət potensial istiqamətə hərəkət edir,

elektrik keçiriciliyi baş verir. Xarakterik metal parıltısı da metal rabitəsinə əsasən izah edilir.

Metallarda enerjisi geniş intervalda dəyişə bilən çoxlu orbitallar var. İşıqlandırdıqda metalın səthindəki sərbəst elektronlar həyəcanlanır və enerjisi yüksək olan orbitala keçir bu zaman keçid enerjisinə uyğun dalğa uzunluqlu işıq udulur. Elektronların yüksək enerjili orbitaldan əvvəlki əsas vəziyyətinə qayıtması işıq buraxmaqla müşayiət olunur, metal parıltısı yaranır. Qızılın sarı, misin açıq-qırmızı rənginin səbəbi onların səthinin görünən işığın yüksək enerjili mavi spektrini udmaları ilə əlaqədardır.

Metallar və xəlitələr metal kristal qəfəsini əmələ gətirməklə kristallaşır. Kristal qəfəsdə metal kationları (bunları kristallarda çox vaxt atom özü adlandırılır) çox sıx yerləşirlər, onlar ehtə yerləşirlər ki, aralarındakı boşluqlar minimum olsun. Metalların kristallarının rentgen quruluş təhlili göstərir ki, onlar üç tip kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Bunlar həcmə mərkəzləşmiş kubik, səthə mərkəzləşmiş kubik və heksaqonal kristal qəfəsləridir. Həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsində koordinasiya ədədi 8-dir. Kristal qəfəsinin düyünlərində hər metal ionu digər eyni səkkiz metal ionu ilə əhatə olunmuşdur. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi bunların arasında sərbəst elektronlar var. Qələvi metallar və IV, V və VI qrupun əlavə yarımqrup metalları həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Səthə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsdə bir metal ionu digər 12 eyniyüklü metal ionları ilə əhatə olunmuşdur, yəni koordinasiya ədədi 12-yə bərabərdir. I və VIII qrupun əlavə yarımqrupundakı metallar səthə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Heksaqonal kristal mərkəzində də koordinasiya ədədi 12-dir. Berillium, maqnezium, kadmium, titan, sink, sirkonium, osmium və s. metallar heksaqonal kristal qəfəs əmələ gətirirlər.



Şəkil IV-20. Metalların fəza kristal qəfəslərinin tipləri:
1-həcmə mərkəzləşmiş kubik;
2-səthə mərkəzləşmiş kubik;
3-sıx qablaşmış heksaqonal qəfəs.

Metallardan bəziləri temperaturdan asılı olaraq bir neçə kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Məsələn, dəmir adi şəraitdə həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirir. 910 °C-də səthə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsə çevrilir, 1390 °C-də yenidən həcmə-mərkəzləşmiş kubik formanı alır. Heksaqonal və səthə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsdə metal atomları ümumi həcmə 74 %-ni, həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsdə isə 68 %-ni tutur. Göründüyü kimi, heksaqonal və səthə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəsdə metal atomları daha kəp yerləşmişlər.

Metalların döyülüb yastılanma qabiliyyəti onların kristal qəfəsinin quruluşundan asılıdır. Vahid həcmdə metal atomları çox olduqda onların arasında boşluqlar az olur və metal asanlıqla emal olunur. Səthə mərkəzləşmiş kubik formanın döyülüb yastılanma qabiliyyəti yüksəkdir, heksaqonal formada olan metallar çətin emal olunurlar, kubik həcmə mərkəzləşmiş forma aralıq mövqə tutur. Ona görə də adi şəraitdə dəmir çətin emal olunur, közərmiş dəmir isə asanlıqla emal olunur. Bunun səbəbi yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, 910 °C-də dəmir atomları daha sıx yerləşən allotropik formaya çevrilməsidir. Au, Ag və Cu metallarının plastikliyi yüksəkdir, onlar yaxşı emal olunurlar. Həmin metallar səthə

mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Cr, V və Mo həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Bunların bərklikləri yüksəkdir və çətin emal olunurlar. Maraqlıdır ki, sıxlıqları az olan və adi bıçaqla asanlıqla kəsilə bilən yumşaq qələvi metallar da həcmə mərkəzləşmiş kubik kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Həmin metalların sıxlıqlarının az olmasının səbəbi kristal qəfəsində başqa metallara nisbətən atomlararası məsafənin böyük olmasıdır. Qələvi metallarda valent elektronları çox azdır. Ona görə də kristal qəfəsdə metal ionları arasında rabitə zəifdir, nəticədə onlar kifayət qədər yumşaqdır.

§ 10. Molekulyar orbitallar metodu

Molekulyar orbitallar metodu valent rabitələri metodundan sonra yaranmışdır. Buna baxmayaraq kimyəvi rabitənin elə məsələləri var ki, onu valent rabitələri metoduna əsasən izah etmək mümkün olmadığı halda molekulyar orbitallar metoduna əsasən asanlıqla izah olunur. Valent rabitəsinin əsas prinsipini atomlar arasında rabitənin elektron cütü vasitəsilə yaranması təşkil edir. Bu prinsipə əsasən molekulyar hidrogen ionunda (H_2^+) rabitəni izah etmək mümkün deyil. Həmçinin valent rabitəsi metodu molekulda qoşalaşmamış elektronların rolunu izah edə bilmir. Qoşalaşmamış elektronu olan molekullar paramaqnit xassəlidir, maqnit sahəsi tərəfindən cəzb olunurlar. Molekulyar orbitallar metodunun əsasını aşağıdakı müddəalar təşkil edir:

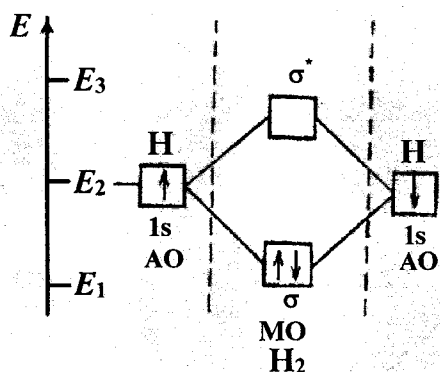
1. Molekulda bütün elektronlar ümumidir. Nüvə və elektronların toplusu kimi molekul vahid təməldir.

2. Atomda hər bir elektrona atom orbitalı uyğun gəlirdi kimi, molekulda elektronların hər birinə molekulyar orbital uyğun gəlir. Molekulyar orbitallar (MO) atom orbitallarına (AO) analogi olaraq işarə edilir:

AO	s,	p,	d,	f
MO	σ ,	π ,	δ ,	φ

3. Molekulyar orbitalların ilkin yaxınlaşması atom orbitallarının xətti kombinasiyasıdır, yəni onların toplanması və çıxılmasıdır. N sayda atom orbitalından N sayda molekulyar orbital əmələ gəlir. Bunlar molekulyar orbitallar metodunun əsas müddəalarıdır. Molekulyar orbitallar metoduna əsasən hidrogen molekulunun əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi izah etmək olar.

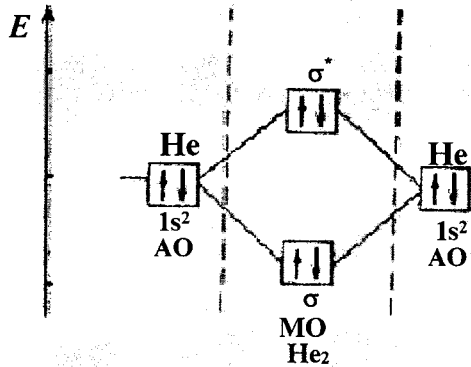
Hidrogen atomları kifayət qədər bir-birinə yaxınlaşdıqda, onların elektron orbitalları qapanır. İki eyni 1s orbitalından iki molekulyar orbital əmələ gəlir. Onlardan biri atom orbitallarının toplanması digəri isə çıxılmasıdır. Birincinin enerjisi $E_1 < E_2$, ikincinin enerjisi $E_2 < E_3$.



Şəkil IV-21. H_2 molekulunun əmələ gəlməsinin energetik sxemi.

Enerjisi izolə edilmiş atom orbitalının enerjisindən az olan molekulyar orbital rabitə əmələ gətirə bilən orbital adlanır və σ ilə işarə edilir. Enerjisi atom orbitalının enerjisindən çox olan molekulyar orbital rabitə əmələ gətirə bilməyən orbital adlanır və σ^* ilə işarə edilir. Hidrogen atomlarının elektronlarının spinləri müxtəlif olduqda onlar rabitə əmələ gətirə bilən molekulyar orbitalda yerləşirlər, kimyəvi rabitə yaranır və bu zaman enerji ayrılır, $E_2 - E_1$ (435 kC/mol). Hidrogen atomlarının hər ikisinin elektronlarının spinləri eyni olduqda, onlardan biri rabitə əmələ gətirə bilən digəri isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşir və kimyəvi rabitə yaranmır. Deməli, atom orbitallarındakı elektronlar birinci növbədə rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda yerləşirlər, artıq qalan elektronlar rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalı tuturlar. Molekulyar orbitallar metoduna əsasən rabitə əmələ

gətirə bilən orbitalda elektronların sayı rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitaldakı elektronların sayından çox olduqda kimyəvi rabitə yaranır. Rabitə əmələ gətirə bilən orbitaldakı elektronların sayı rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitaldakı elektronların sayına bərabər olduqda da kimyəvi rabitə yaranmır. Ona görə də He₂ molekulu əmələ gəlmir. Onda rabitə əmələ gətirə bilən orbitaldakı elektronların sayı (2) rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitaldakı elektronların sayına (2) bərabərdir.



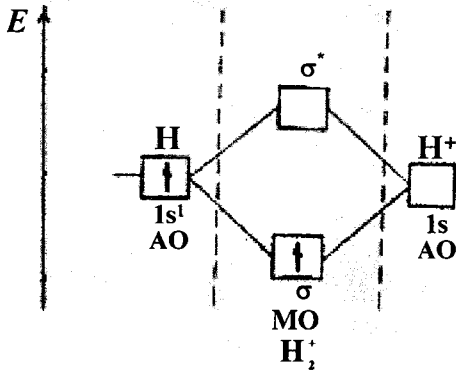
Şəkil IV-22. Əmələ gəlməsi fərz edilən He₂ molekuluunun energetik sxemi.

Birləşən atomlar arasındakı valent rabitələrinin sayı aşağıdakı formula əsasən təyin edilir:

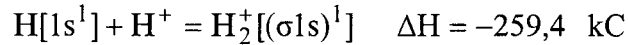
$$\nu = \frac{N - N^*}{2}$$

burada, ν -valent rabitələrinin sayı, N -rabitə əmələ gətirə bilən orbitallardakı elektronların sayı, N^* -rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitallardakı elektronların sayıdır.

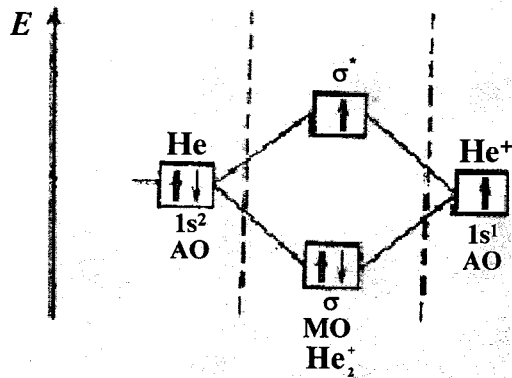
Hidrogen molekulunda atomlar arasındakı rabitələrin sayı $\nu = (2-0):2=1$. Burada sıfır onu göstərir ki, H₂ molekuluunun rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalında elektron yoxdur. Molekulyar hidrogen ionunda H₂⁺ yeganə elektron energetik cəhətdən əlverişli olan rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda yerləşir:



Şəkil IV-23. Molekulyar hidrogen H₂⁺ ionunun əmələ gəlməsinin energetik sxemi.

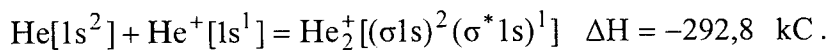


H₂⁺-ionunda valent rabitəsi $\nu = \frac{1-0}{2} = \frac{1}{2}$. H₂⁺ ionu paramaqnit xassəlidir (qoşalaşmamış bir elektronu var). Dihelium ionunun əmələ gəlməsinə aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



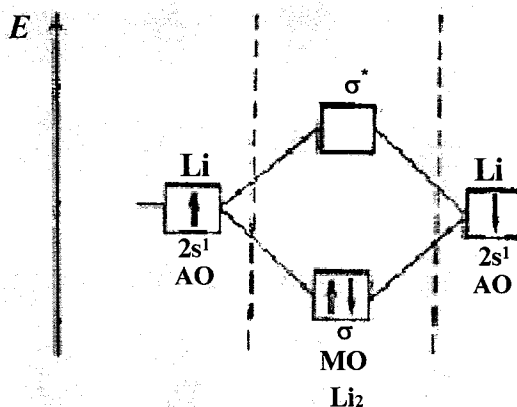
Şəkil IV-24. Molekulyar dihelium He₂⁺ ionunun əmələ gəlməsinin energetik sxemi.

Göründüyü kimi, He atomunun iki elektronu, He⁺ ionunun bir elektronu var. Bunlar kifayət qədər yaxınlaşdıqda elektronların ikisi energetik cəhətdən əlverişli olan rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda yerləşirlər. Qalan bir elektron rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşir. He₂⁺ ionunun əmələgəlməsini sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar:



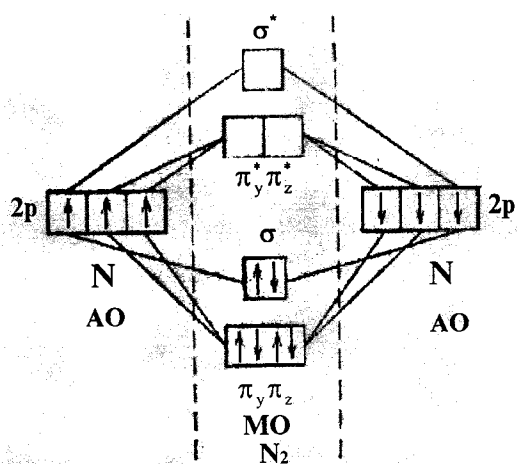
Bu ionun varlığı eksperimental olaraq sübut edilmişdir. Onda valent rabitəsi $\nu = \frac{2-1}{2} = \frac{1}{2}$. He₂⁺ ionunun qoşalaşmamış elektronu olduğuna görə paramaqnit xassəlidir.

Li₂ molekulu əmələgəlmə sxemi belədir:



Şəkil IV-25. Li₂ molekulu əmələgəlməsinin energetik sxemi.

Li₂ molekulu qoşalaşmamış elektron yoxdur, ona görə də diamagnet xassəlidir. Onda valent rabitəsi $\nu = (2-0):2=1$. Berillium atomları Be₂ molekulu əmələ gətirə bilmirlər. Bunun səbəbi hər berillium atomunun izole edilmiş halda qoşalaşmamış iki elektronu olması (cəmi dörd) və bunlardan ikisinin rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda, ikisinin isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşməsidir. Nəticədə valent rabitəsi sıfır bərabər olur $\nu = (2-2):2=0$. Həqiqətən, Be₂ molekulu alınmamışdır. Azot atomunun üç qoşalaşmamış elektronu var. N₂ molekulu əmələ gəldikdə qoşalaşmayan altı elektron (hər atomdan üçü) rabitə əmələ gətirə bilən orbitallarda yerləşirlər. Rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitallarda elektron olmur. Ümumiyyətlə, rabitə əmələ gətirə bilən orbitallar elektronlarla tamamlandıqdan sonra elektron rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşir:

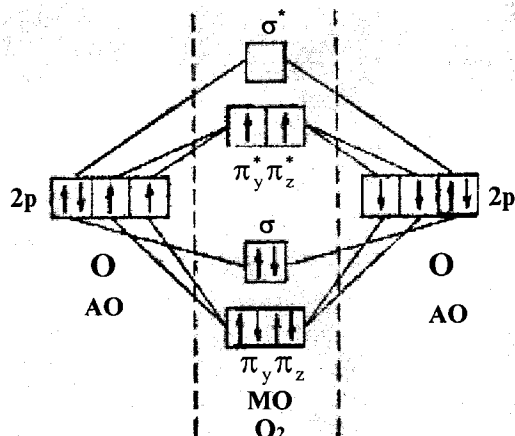


Şəkil IV-26. N₂ molekulu əmələgəlməsinin energetik sxemi.

Göründüyü kimi, N₂ molekulu qoşalaşmamış elektron yoxdur. Ona görə də N₂ molekulu diamagnet xassəlidir, maqnit sahəsi tərəfindən cəzb olunmur. N₂ molekulu valent rabitəsi $\nu = (6-0):2=3$ -ə bərabərdir.

Oksigen atomunun 2p yarımsəviyyəsində dörd elektron var. Onlardan ikisi qoşalaşmış, ikisi isə qoşalaşmayıb. Hər oksigen atomunun üç p orbitalı var, bunlar birlikdə altı molekulyar orbital əmələ gətirir. Bunlardan üçü rabitə əmələ gətirə bilən, üçü isə rabitə

əmələ gətirə bilməyən orbitalı əmələ gətirir. Altı orbitalda səkkiz elektron yerləşməlidir. Bunlardan altısı üç rabitə əmələ gətirə bilən orbitallarda, qalan ikisi isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşməlidir:



Şəkil IV-27. O₂ molekulunun əmələ gəlməsinin energetik sxemi.

Həmin elektronlar qoşalaşmamışdır. Ona görə də O₂ molekulu paramaqnit xassəlidir. O₂ molekulunda valent rabitəsi $\nu = (6 - 2) : 2 = 2$ -yə bərabərdir.

Məsələlər

Məsələ 42. Bir karbon atomunda iki hidrosil qrupu olan birləşmələr qeyri-stabildir (Erlenmeyer qaydası). Buna baxmayaraq xlorhidrat kifayət qədər stabil birləşmədir, ərimə temperaturu 51,7 °C-dir. Bunun səbəbini izah edin.

Məsələ 43. İonlarının yükünün eyni olmasına baxmayaraq LiI və CsI-in kristal qəfəslərinin enerjiləri bir-birindən kəskin surətdə fərqlənir. Bunlar uyğun olaraq 240 kC/mol və 136 kC/mol-a bərabərdir. Bunun səbəbini izah edin.

Məsələ 44. Cl₂ molekulunda kimyəvi rabitənin enerjisi 243 kC/mol-a bərabərdir. Cl₂ molekulunu atomlara dissosiasiyaya uğratmaq üçün işığın dalğa uzunluğu neçə olmalıdır?

Məsələ 45. Natrium-xloriddə natrium ionunun valentliyi neçədir?

Məsələ 46. a) berillium-hidrid molekulunda berillium atomunun, b) bor-flüorid molekulunda bor atomunun valent orbitalının hibridləşmə tipi necədir?

Məsələ 47. İkinci dövr elementlərinin flüoridlərinin formullarını yazın və onlarda sıra nömrəsi artdıqca kimyəvi rabitənin xarakterinin necə dəyişdiyini göstərin.

Məsələ 48. Li⁺ və H⁻ ionları izoelektron quruluşudur (elektron quruluşları eynidir). Bu ionların ölçüləri bir-birindən necə fərqlənirlər?

Məsələ 49. İstiliyin təsirindən bəzi maddələrin rəngi dəyişir və soyutduqda əvvəlki rəngini alır. Həmin maddələrə misallar göstərin, səbəbini izah edin və bu hadisənin praktik əhəmiyyətini qeyd edin.

Məsələ 50. Hidrazin molekulunun elektron quruluşunu yazın. Həmin molekulun həndəsi forması necə olmalıdır və azot atomunun orbitallarının hibridləşmə tipi necədir?

Məsələ 51. Hər ikisinin elektron örtüyündə energetik səviyyələrin sayının eyni olmasına baxmayaraq Zn²⁺ ionunun radiusu 0,074 nm-ə, Ca²⁺ ionunun radiusu isə 0,099 nm-ə bərabərdir. Nə üçün Zn²⁺-in radiusu Ca²⁺-in radiusundan kiçikdir?

Məsələ 52. Oksigen molekulu O₂ və molekulyar oksigen ionunda O₂⁺ rabitə enerjisi uyğun olaraq 494 kC/mol və 642 kC/mol-a bərabərdir. Molekuldan bir elektron qopardıqda rabitənin möhkəmlənməsinin səbəbini izah edin.

Məsələ 53. 1,2 dixloretilen iki quruluşda olur. Onlardan biri polyar, digəri isə qeyri-polyardır. Hansı izomer polyardır, dipol momenti var?

Məsələ 54. Rezonans quruluş nədir? Onlara misallar göstərin.

V FƏSİL

MADDƏLƏRİN AQREQAT HALI, QURULUŞU VƏ XASSƏLƏRİ

§ 1. Maddələrin aqreqat halı

Bundan əvvəlki fəsillərdə biz atomlar və molekulları əsasən ayrılıqda, bir-birindən izolə edilmiş vəziyyətdə nəzərdən keçirdik. Lakin praktikada onların toplusu çoxlu sayda hissəciklərinin qarşılıqlı təsirdə olmuş vəziyyəti ilə daha çox rastlaşırıq. Çoxlu sayda hissəciklərin (atom, molekul yaxud ionların) toplusu *maddə* adlanır. Maddələrin hissəcikləri də bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olaraq daha mürəkkəb quruluş əmələ gətirirlər. Maddəni əmələ gətirən hissəciklərin qarşılıqlı təsirinin xarakterindən asılı olaraq dörd aqreqat halından birini əmələ gətirir. Bunlar bərk, maye, qaz və plazma halıdır.

Bərk və maye hala nisbətən qaz və plazma halında maddəni təşkil edən hissəciklərin qarşılıqlı təsiri zəif olur. Çox aşağı temperaturda maddəni təşkil edən hissəciklər düzgün həndəsi quruluş əmələ gətirirlər. Bu halda hissəciklərin rabitə enerjisi onların istilik hərəkətlərindən hasil olunan enerjiden üstün olur. Ona görə də maddə həmin şəraitdə bərk halda olur. Temperaturu artırıqda hissəciklərin istilik hərəkətləri artır və bu zaman alınan enerji onların aralarındakı rabitənin enerjisindən üstün olur. Hissəciklər arasındakı rabitələr qırılır və yenidən əmələ gəlir, bir-birinə nisbətən müxtəlif formalı hərəkətlər baş verir. Lakin düzgün həndəsi formaları pozulmasına baxmayaraq hissəciklər arasında əlaqə pozulmur. Maddələrin belə halı *maye* adlanır.

Sonra temperaturu daha da artırıqda hissəciklərin hərəkəti intensivləşir, praktik olaraq onların aralarındakı rabitələr qırılır. Maddə qaz halına keçir. İdeal qazlarda hissəciklər bütün istiqamətlərdə sərbəst olaraq hərəkət edirlər. Deməli, temperaturu artırıqda maddələr nizamlı quruluşdan, yəni bərk haldan nizamsız quruluşa qaz halına keçirlər. Maye hal aralıq vəziyyətdir. Prinsipcə, bütün kimyəvi maddələr bu aqreqat halının hər üçündə mövcud ola bilər. Buz, maye su və su buxarları eyni bir maddənin – suyun müxtəlif aqreqat hallarıdır. Bərk, maye və qaz halı maddələrin xüsusi xarakteristikası deyil, xarici fiziki şəraitdən asılı olaraq maddənin mövcud olmaq formasıdır. Maddənin maye və bərk halı *kondensləşmiş* hal adlanır. Bərk maddələrin mayələrin və qazların ideal modelindən maddələrin real halına keçdikdə bir neçə aralıq formalar var. Onlardan amorf (şüşəyəbənzər) halı, maye kristalları və yüksək elastik halı (polimerləri) göstərmək olar.

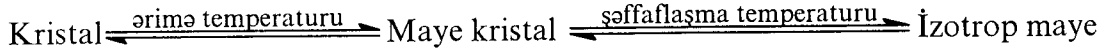
Maddələrin dördüncü aqreqat halı plazmadır. Maddəni çox yüksək temperatura qədər (5000-10000 K) qızdırdıqda hissəciklər arasında toxunmaların enerjisi o qədər yüksək olur ki, molekul parçalanır atom elektronlarının bir hissəsini itirir. Nəticədə çox hissəsi ionlaşmış atomlar və molekullardan ibarət olan qaz əmələ gəlir. Neytral atomlardan və molekullardan, ionlaşmış hissəciklərdən və sərbəst elektronlardan ibarət olan belə qaz qarışığı *plazma* adlanır. Plazmada müsbət və mənfi yüklərin miqdarı eynidir. Ona görə də plazma elektroneytraldır. Kainatın çox hissəsi plazma halındadır. Günəş və ulduzlar yüksək temperaturu nəhəng plazmadır. Yer in atmosfer örtüyünün yuxarı qatları, ionosfer adlanan hissəsi plazmadan ibarətdir. Plazmanın xassələri adi şəraitdə olan qazların xassələrindən əsaslı surətdə fərqlənir. Aşağı və yüksək temperaturu olmaqla iki növ plazma var. «Gündüz işığı» verən elektrik lampaları və yer in atmosferinin yuxarı qatları aşağı temperaturu plazmadır.

Elə maddələr var ki, onları maddələrin yuxarıda qeyd etdiyimiz aqreqat hallarından hər hansına aid etmək çətindir. Onlardan şüşəni və maye kristalları göstərmək olar.

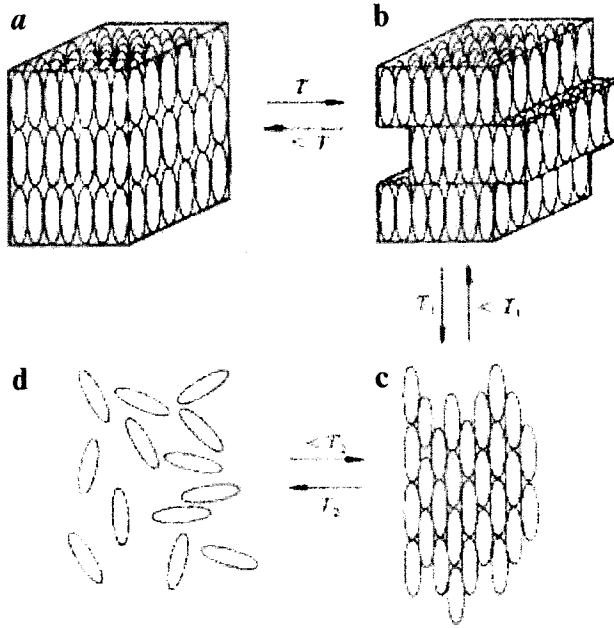
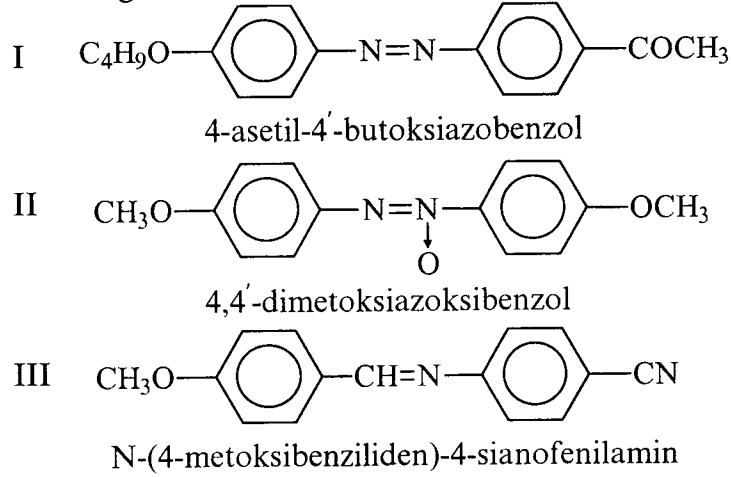
Şüşə amorf maddələrə aiddir. Xassələrinə görə bərk maddələrə, quruluşuna görə isə mayələrə daha çox oxşayır. Əslində şüşəyə donma temperaturundan aşağı temperatura qədər soyudulmuş maye kimi baxmaq olar. O, ifrat soyudulmuş mayedir və şüşəyəbənzər hala mayələrlə bərk maddələr arasında aralıq hal kimi baxmaq olar.

Maye kristallar şüşəyəbənzər halın əksidir. Maye kristallar oxşarlığına görə mayələrə oxşadığı halda nizamlı quruluşuna görə kristallara oxşayır. Şüşə kimi onlara da mayələrlə bərk maddələr arasında aralıq hal kimi baxmaq olar. Maye kristallar qızdırdıqda əvvəlcə tutqun mayeyə çevrilirlər, sonra şəffaflaşır. Maye kristallar ərimə və şəffaflaşma

temperaturları arasında mövcud olurlar:



Maye kristallar üzvi maddələrdir. Onların molekulları uzundur və sonlarında polyar qruplar (-CN, -OR, -NO₂, -NH₂) olur. Çox vaxt onların molekulunda benzol həlqəsi də olur. Onlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

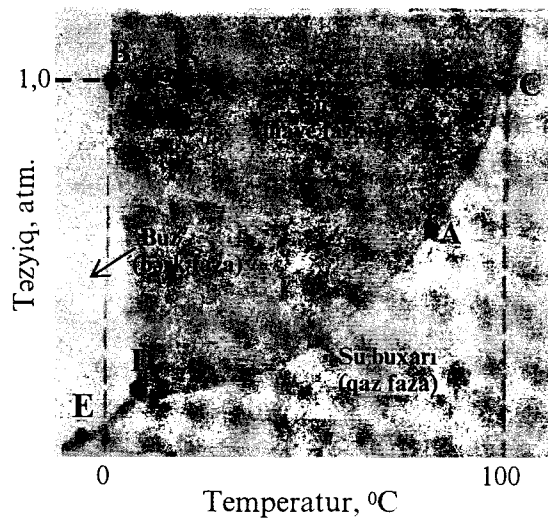


Şəkil V-1. Maye kristallarda nizamlı quruluş.

Şəkil V-1-də uzunsov molekullar ellips şəklində göstərilmişdir. İzotrop mayedən başqa molekullar bir-birinə paraleldir; T-temperatur keçididir, a) bərk faza: üçölçülü möhkəm quruluş; b) sürüşmüş halda olan maye kristal: özlü qeyri-şəffaf faza, hər təbəqədə iki istiqamətdə nizamlanıb; c) axıcı qeyri-şəffaf faza: quruluş bir istiqamətdə nizamlanıb; d) amorf izotrop maye, şəffaf faza: nizamlı quruluş yoxdur.

§ 2. Faza diaqramı

Maddələri qızdırdıqda temperaturu faza dəyişikliyinə (çevrilməsinə) qədər artır. Yəni qızdırdıqda temperaturu artmaqda davam edir, artıq o, qaynamağa başladığıda qızdırılmasına baxmayaraq temperaturu artmır. Maddələri qızdırdıqda enerji onu təşkil edən hissəciklərin kinetik enerjisinin artmasına sərf olunur. Qızdırılmasına baxmayaraq ərimə, yaxud qaynama prosesində enerji hissəciklər arasındakı cazibə qüvvəsini aradan qaldırmağa sərf olunur və sistemin potensial enerjisi artır.



Şəkil V-2. Suyun faza diaqramı.

Şəkil V-2-də suyun faza diaqramı göstərilmişdir. Digər maddələrin də faza diaqramı demək olar ki, suda olduğu kimi baş verir. Şəkil V-2-də fazalar arasında tarazlıq onların arasındakı xətt boyunca baş verir. Məsələn, 0,57 atm. (433 mm. c. süt.) təzyiqdə və 85 °C-də H₂O-nun maye və buxar fazaları arasındakı tarazlıq diaqramda A nöqtəsinə uyğun gəlir. D ilə C nöqtələrindən keçən xətt maye su buxarları üzərindəki təzyiqə uyğun gəlir. D və E nöqtələrindən keçən xətt isə buzun üzərindəki su buxarlarının təzyiqinə uyğun gəlir. B və D nöqtələrindən keçən xətt maye su ilə buzun tarazlıqda olduğu temperaturu və su buxarının təzyiqini göstərir. Təzyiqi artırıqda buzun ərimə temperaturu aşağı düşür. D-dən B-yə doğru yuxarıya doğru qalxdıqca, buna müvafiq təzyiq artır və DB xətti sol tərəfə meyillənir. Digər maddələrin əksəriyyətində isə əksinə, təzyiqi artırıqda ərimə temperaturu artır. Ona görə də DB xətti sağa tərəf meyilli olur. Diaqramda D nöqtəsi suyun üçlü nöqtəsidir. Bu nöqtədə suyun bərk, maye və qaz halı bir-birilə tarazlıq vəziyyətindədir. Suyun üçlü nöqtəsinə 0,0098 °C temperatur və 0,006 atm. (4,58 mm. c. süt.) təzyiq uyğun gəlir. B nöqtəsi 1 atm. təzyiqdə 0 °C-də buzun ərimə temperaturuna, C nöqtəsi isə 100 °C-də 1 atm. təzyiqdə suyun qaynama temperaturuna uyğun gəlir. Faza diaqramından istifadə edərək tapırıq ki, 85 °C-də və 0,5 atm. təzyiqdə su yalnız buxar halında olur. Bunların (temperatur və təzyiqin) kəsişmə nöqtəsi A-dır. Həmin temperaturda (85 °C-də) təzyiqi artırıqda, artırılan təzyiqlə temperaturun kəsişmə nöqtəsi suyun maye fazasında olacaq. Deməli, su maye halda olacaq. Təzyiqi 0,57 atm.-də saxlayıb, temperaturu -10 °C-dən +70 °C-yə qədər artırıqda suda nə baş verdiyini izləyək. -10 °C-də su bərk formada olur. 0 °C-də daha dəqiq 0,005 °C-də buz əriməyə başlayır. Sonra maye hala keçir. Həmin təzyiqdə (0,57 atm.) yalnız +85 °C-də su qaynayır.

§ 3. Bərk maddələrin quruluşu və xassələri

Bərk maddələr quruluşuna görə iki yerə bölünür: amorf və kristal maddələr. Kristallar nizamlı quruluşları ilə xarakterizə olunurlar.

Amorf maddələr düzgün həndəsi quruluş əmələ gətirmirlər. Onları əmələ gətirən molekullar nizamsız yerləşirlər. Amorf maddələr geniş temperatur intervalında əriyirlər. Qızdırdıqda tədricən yumşalırlar, nəhayət, maye hala keçirlər. Amorf maddələr *izotropdurlar*, yəni onların xassələri bütün istiqamətdə eynidirlər. Yunanca isos-eyni, tropos-xassə, istiqamət deməkdir.

Hər hansı kristaldan cilalanmaqla şar hazırlayıb və sonra qızdıraraq sferik forma (kubik sistemdə olan kristallardan başqa) ellipsoid formasına çevriləcək. Deməli, kristallar istiliyin təsirindən bir istiqamətdə xətti vəziyyətdə genişlənilirlər. Amorf maddələrdə isə belə deyil.

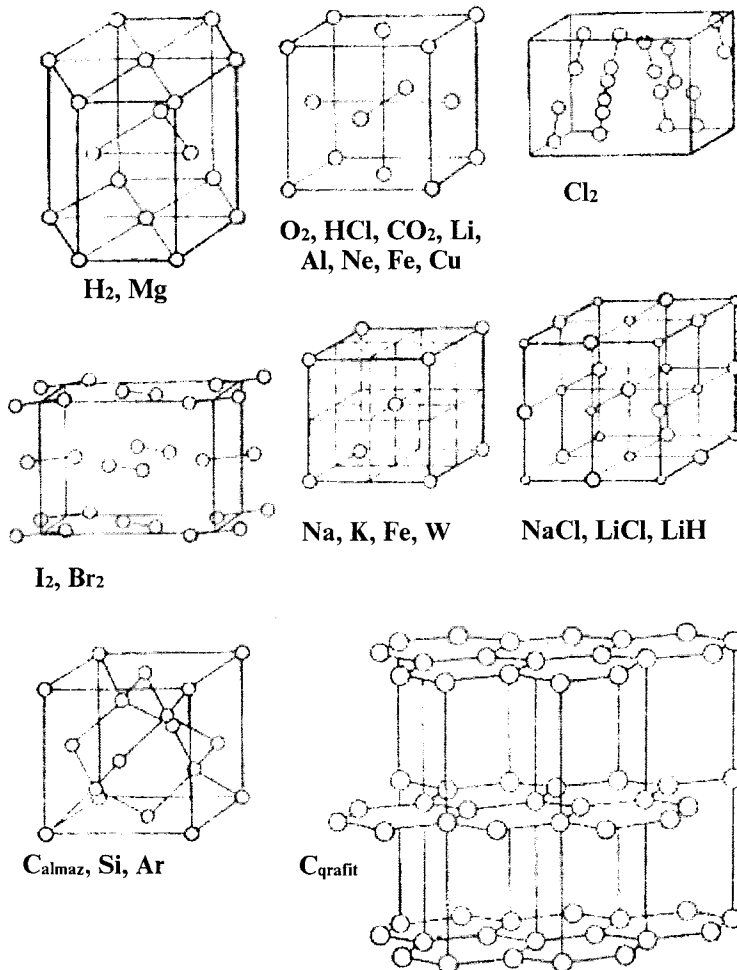
Rentgen quruluş analizi göstərmişdir ki, amorf maddələrin bir çoxunda (məsələn, şüşədə) kristal başlanğıcı var. Lakin, onların ölçüsü son dərəcə ($10^{-6} - 10^{-7}$ sm) kiçikdir və soyutduqda həmin kristallar böyümlər, özlülük artır. Çətin kristallaşan maddələrdən biri də qliserindir: CH₂OHCHOHCH₂OH. Bu maddə payızda bitkilərin hüceyrələrində kifayət

qədər toplanır. Ona görə də qışda şaxtada hüceyrə şirəsi donmur və partlayıb ölmürlər.

Şüşəyəbənzər hal sadə quruluşlu maddələrdə də yaranır. Əridilmiş xromu çox sürətlə saniyədə 1 milyon dərəcə sürətlə soyutduqda şüşəyəbənzər halda olur və yeni xassələri yaranır. Şüşəyəbənzər xromlu polad korroziyaya qarşı platindən də davamlı olur. Amorf maddələr üçün daxili sürtünmənin qiyməti böyük olur. Bu isə onların az və ya çox dərəcədə davamlı olmalarını təmin edir. Lakin amorf maddələrdə daxili enerji ehtiyatı kristallara nisbətən yüksəkdir. Ona görə də kristallar əmələ gələrkən çoxlu miqdarda enerji ayrılır. Amorf maddələrdə isə bu hal müşahidə olunmur. Bəzi maddələri amorf haldan kristal formaya və əksinə çevirmək olur. Məsələn, SiO₂-dən ibarət olan kvars şüşəni müəyyən temperaturda emal etdikdə kiçik kristalları əmələ gəlir, şüşə tutqunlaşır. Kvars kristalı SiO₂-dən ibarətdir. Göründüyü kimi, eyni maddə həm kristal, həm də amorf formada ola bilər. Hazırda amorf maddələrə özlülüyü çox yüksək olan maye kimi baxılır. Kristalların əsas xassələrindən biri onların anizotropluğu (an – inkar əlamətidir). Yəni xassələrinin bütün istiqamətlərdə eyni olmamasıdır. Yuxarıda kristalların istidən bir istiqamətə, xətti genişlənməsini qeyd etdik. Onların bərkliyi, elektrik keçirməsi də bütün istiqamətlərdə eyni deyil.

Atom, molekul, yaxud ionların yerləşməsi üç ölçüdə dövrü olaraq düzgün təkrar olunan forması olan bərk cisimlər *kristal* adlanır. Kristalın səthi müstəvidir və üz adlanır. Üzlər hər kristal üçün spesifik olan bucaq altında kəşifirlər. Kristalda hissəciklərin nizamlı yerləşməsi *kristallik quruluş* adlanır. Fəzada nöqtələrin həndəsi yerləşməsi qəfəs adlanır və o kristalın quruluşunun əsasını təşkil edir. Kristal qəfəsin 14 tipi var.

Kristalların quruluşunu rentgen şüaları vasitəsilə öyrənirlər. Rentgen şüaları kristala düşür və onun elektronları ilə qarşılıqlı təsirdə olur, səpələnə baş verir. Səpələnən rentgen şüalarının təsviri fotolövhdə alınır. Səpələnmənin şəklinə əsasən kristalda elektron sıxlığı haqqında nəticə çıxarılır. Alınan nəticələr elektron-hesablama maşınlarının köməyi ilə təhlil edilir. Nəhayət, kristalın modeli yaradılır.



Şəkil V-3. Kristal maddələrin elementar qəfəsləri.

Kristalların vacib xassələrindən biri onların laylara ayrılma qabiliyyətidir. Şüşədən hazırlanan kub zərbənin təsirindən təsadüfi formalı səthləri olan kiçik qırıntılara parçalanır.

Xörək duzu kristalında isə belə deyil. Zərbənin təsirindən xörək duzu daha kiçik kristallara parçalanır. Həmin kristallar bir-birilə kəşşən üzlərə malik olur.

Kristal əmələ gətirən hissəciklərin xarakterinə görə dörd tip qəfəs ayırılır:

1. **İon kristal qəfəsləri.** Bunların qəfəsinin düyünlərini əks yüklü ionlar təşkil edir. Mineralların və qeyri-üzvi maddələrin əksəriyyəti bərk halda ion kristalını əmələ gətirirlər. Duzların çoxu, əsaslar və metal oksidləri ion kristalını əmələ gətirirlər. İon kristalları sıxılma qabiliyyətinin az olması ilə fərqlənirlər. Müxtəlif yüklü ionlardan təşkil olunduqlarına görə onlar özləri kifayət qədər sıxılıblar. İon kristallarının ərimə və qaynama temperaturları yüksək olur.
2. **Atom kristal qəfəsləri.** Kristal qəfəsin düyünləri atomlardan ibarət olan kristallardır. Bunlarda atomlar arasındakı rabitələr kovalent rabitələrdir. Atom kristalına misal olaraq almaz, karborundu (silisium-monokarbid) SiC, AlN, kvarsı SiO₂, NiAs, PtSb, FeS₂, PtAs₂, FeAsS, AlSb, CuBr, ZnS, CdS və s. göstərmək olar. Atom kristal qəfəsini əmələ gətirən maddələr, yüksək bərkliyi və ərimə temperaturlarının çox yüksək olması ilə xarakterizə olunurlar. Məsələn, almazın ərimə temperaturu ≥ 3500 °C-dir.
3. **Molekul kristal qəfəsləri.** Molekul kristal qəfəsini molekullar təşkil edirlər. Kristalda onlar bir-birilə Van-der-Vaals qüvvələri, yaxud hidrogen rabitələri vasitəsilə birləşirlər. Üzvi maddələrin əksəriyyəti (məsələn, bərk CH₄, C₆H₆, fenol, zülallar və s.), qeyri-üzvi maddələrdən su, ammoniyak, yod, ümumiyyətlə, kovalent rabitəli maddələr bərk halda molekul kristal qəfəsi əmələ gətirirlər. Onların ərimə temperaturları yüksək olmur.
4. **Metal kristal qəfəsi.** Metallarda atomlar valent elektronlarını verirlər. Sərbəst elektronlar metalın kristal qəfəsinin düyünləri arasında rabitə yaradır. Metal kristalında metal atomları, ionları və sərbəst elektronlar birlikdə sıx, möhkəm sistem yaradırlar. Metal kristal qəfəsinin tipləri və quruluşu metalların fiziki xassələrində nəzərdən keçirilir.

§ 4. Mayələr

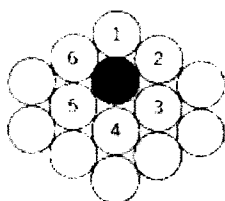
Maddələrin çoxu üç aqreqat haldan birində olur. Bunlar qaz, maye və bərk haldır.

Lakin elə maddələr var ki, onlar həmin üç aqreqat haldan heç birinə aid olmur. Məsələn, qətranlar, plastik kütlələr, şüşə, ağac və beton mürəkkəb qarışıqlardır. Bunlarda ideal qazlara, mayələrə və bərk maddələrə aid olan xassələri aşkar etmək olmur. Elə maddələr də var ki, onları həm mayələrə, həm də bərk maddələrə aid etmək olur. Bunların xassələrini tədqiq etmək bizim maddələrin kimyəvi təbiətinə aid biliklərimizi dərinləşdirir.

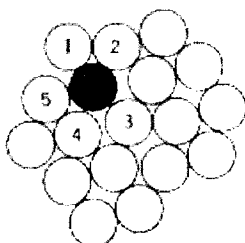
Mayələrin xarakterik xassələri aşağıdakılardır:

1. Olduğu qabın formasını alması (maddə olan hissənin);
2. Qabı dolduruncayadək genişlənmə bilməməsi;
3. Çox az miqdarda sıxılma qabiliyyəti;
4. Zəif diffuziya etmək qabiliyyəti;
5. Axıcılıq.

Mayələrdə molekullar demək olar ki, bərk maddələrdə olduğu qədər bir-birinə yaxındır. Mayenin quruluşunu təsvir etmək üçün, bərk maddənin nizamlı quruluş modelində bir-iki atomun yerini dəyişdirək və qalan atomları mümkün olduğu qədər nizamlı yerləşdirək. Qalan atomların nizamsız düzülüşü kiçik dəyişikliyin hansı nəticələrə səbəb olduğunu şəkil V-4-dən görmək olar.



Kristal



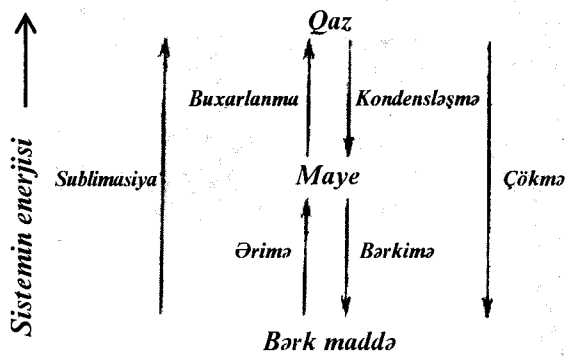
Maye

Şəkil V-4. Sıx qablaşmış kristalın və mayenin quruluş modeli.

Bərk maddələrdən fərqli olaraq mayelərin quruluşu davamsızdır, o fasiləsiz olaraq dəyişir. Hərəkətsiz tarazlıq vəziyyətinə nisbətən molekulların titrəyişli hərəkətini nəzərə almasaq, bərk maddələrin quruluşu dəyişmir. Mayelərdə sərbəst həcm var. Qazlarda sərbəst həcm molekulların tutmadığı həcmdir. Sıxdıqda qazların həcmi Boyle-Mariott qanununa əsasən azalır. Mayelərin sıxlığının qazların sıxlığına nisbətən böyük olmasına baxmayaraq, onlarda təqribən 3 % sərbəst həcm olur. Temperaturu artırıdıda mayelərdə molekulların kinetik enerjisi və ona uyğun olaraq sərbəst həcm artır. Molekullararası məsafə artdıqca onların bir-birini cəzb etməsi zəifləyir. Təzyiqli tədricən artırmaqla mayelərin həcmi ilkin həcmi 97 %-nə qədər azaltmaq olur. Bundan da artıq azaltmaq üçün daha yüksək təzyiqli tələb olunur. Mayelərdə sərbəst həcm olduğuna görə, onları təşkil edən molekulların arasında bərabər ölçülü boşluqlar olduğunu təsəvvür etmək olar. Bu boşluqların ölçüsü molekulların ölçüsü tərtibindədir və kinetik enerjisi kifayət qədər olan maye molekulları həmin boşluqları tutur. Mayelərdə molekullararası cazibə qüvvələrinin bərk maddələrə nisbətən az olmasına baxmayaraq, onlara müəyyən forma vermək üçün kifayətdir. Ona görə də mayelər axır və olduqları qabın formasını alırlar.

Mayelərin səthindəki molekulların enerjisi daxilindəki molekulların enerjisinə nisbətən kifayət qədər yüksəkdir. Ona görə də səthdə olan molekullar qonşu molekullar tərəfindən cəzb olunmasına baxmayaraq asanlıqla ayrılırlar. Mayenin molekullarının qaz fazasına keçməsi *buxarlanma* adlanır.

Belə təsəvvür edək ki, qapalı qabda hər hansı maye var və bu qab axıra qədər doldurulmayıb. Həmin qabda əvvəlcə buxarlanma baş verir. Qaz formasında həmin mayenin molekulları (sayı) artdıqca, qaz fazası molekullarının mayenin səthinə toxunması ehtimalı da artır və maye səthinə toxunan molekullar tutulur. Bu proses *kondensləşmə* adlanır. Nəhayət, elə bir an olur ki, buxarlanmanın sürəti kondensləşmənin sürətinə bərabər olur. Bu zaman qaz fazasında buxarın təzyiqli sabit olur, dinamik tarazlıq yaranır.



Şəkil V-5. Maddələrin mümkün faza çevrilmələri.

Şəkil V-5-də maddələrin mümkün olan faza çevrilmələrinin sxemi verilmişdir. Buxarlanmada molekullararası cazibə qüvvəsinə üstün gəlmək üçün enerji sərf olunmalıdır. Deməli, buxarlanma endotermik prosesdir.

Sublimasiya, yəni bərk maddələrin mayeyə çevrilmədən bərk haldan qaz halına keçməsi enerji udulması ilə müşayiət olunur, endotermik prosesdir. Maddələrin əriməsi prosesi də enerji udulması ilə müşayiət olunur. Ona görə ki, bərk maddədə də molekulların nizamlı düzülüşünü pozmaq üçün enerji sərf olunmalıdır. Deməli, buxarlanma, sublimasiya və ərimə endotermik proseslərdir. Kondensləşmə buxarlanmanın əksidir. Buxarın mayeyə çevrilmədən bərk hala keçməsi çökmə adlanır. Çökmə sublimasiyanın əksidir. Bərkimə (donma) isə ərimənin əksidir. Aydın ki, ərimədə enerji udulursa, bərkimədə enerji ayrılır. Çökmə də ekzotermik prosesdir.

Yaz və yay aylarında su buxarlanır. Səhər vaxtı su buxarları soyuq pəncərə şüşəsinə toxunduqda və çəmənlikdə kondensləşir, şəh düşür. Yazda qar və buz əriyir. Qışda isə göl və çayın səthi donur.

Havanın hərəkəti (külək) nəticəsində qışda qarın və buzun bir hissəsi sublimasiya edir, qaz fazasına keçir. Qışda buludlarda qar əmələ gəlir. Buludda su damlları kiçik olduqca

onların donması bir o qədər çətin olur. Diametri 1 mm-dən 1 mkm-ə qədər olan su damlları $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ilə $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında qar halına keçir. Ona görə də aşağı temperaturda belə bulud qara çevrilmir. Bunlar təbiətdə suyun müxtəlif fazalara keçməsinin qısa icmalındır.

Mayələrin buxarlanması. Maye molekulları arasında cazibə qüvvəsi az olduqca, həmin maye asanlıqla buxarlanır. Normal təzyiqdə su $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də, spirt (etil spirti nəzərdə tutulur) $78,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də, civə $356,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də qaynayır. Temperaturu artırdıqca molekulların orta kinetik enerjisi artır. Mayedən kinetik enerjisi çox olan molekullar ayrıldıqca, qalan mayenin orta kinetik enerjisi azalır.

Çimdikdən sonra sudan sahilə çıxdıqda, xüsusilə küləkli havada üşüyürük. Bunun səbəbi bədənimizin səthindəki suyun buxarlanmasıdır. Həmin suyun buxarlanma istiliyi üçün sərf olunan istilik ($40,7\text{ kC/mol}$) orqanizmdən ayrılır və xarici mühit tərəfindən udulur. Tərlədikdən sonra bədənimizin soyuması da bununla əlaqədardır. Deməli, su bizim orqanizmində soyuducu maddə rolunu oynayır. Havanın rütubətliyi artdıqca, yəni onda su buxarının miqdarı çoxaldıqca, bədənimizdən suyun buxarlanmasının sürəti azalır və biz özümüzü rütubəti normal olan havadakına nisbətən pis hiss edirik.

Suyun bir aqrekat halından digərinə keçməsi təbiətdə iqlim formalaşmasında böyük rol oynayır. Bu proseslər böyük miqyasda baş verdiyinə görə çox böyük enerji effekti ilə müşayiət olunur. 1 hektar sahəyə 25 mm yağış yağdıqda su buxarlarının kondensləşməsi nəticəsində 150 mln. kkal. istilik ayrılır. Əksinə, torpaqdan həmin suyun buxarlanması üçün eyni miqdarda istilik udulur. Nəticədə torpaq xeyli soyuyur.

Tropiklərdə suyun buxarlanma sürəti böyük olduğundan həmin sahənin havası su buxarı ilə doymuş vəziyyətdə olur. Belə hava küləklə mülayim iqlimli zonaya aparıldıqda və orada yağış yağdıqda su buxarlarının kondensləşməsi nəticəsində istilik ayrılır. Deməli, təbiətdə su buxar və maye halda istilik dəyişməsində mühüm rol oynayır, tropikləri soyudur, mülayim iqlimli zonanı qızdırır.

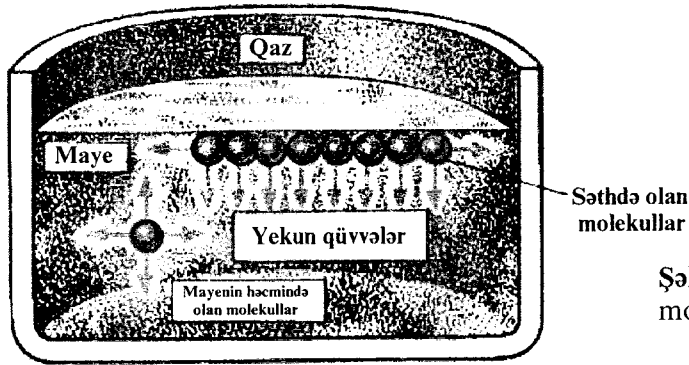
Suyun qaynamasının təzyiqdən asılı olmasını biz xörək hazırladıqda nəzərə almalıyıq. Ağız kip bağlanmış qazanda xörək daha yaxşı bişir. Bunun səbəbi suyun üzərindəki buxarın xaricə çıxmaması nəticəsində təzyiqin artmasıdır, ona uyğun olaraq suyun qaynama temperaturu da artır. Nəticədə xörək daha yaxşı qızır və onun hazırlanma vaxtı azalır.

Mayələrin özlülüyü. Maddənin özlülüyü onun axınına qarşı yönələn daxili qüvvələrdir. Bəzi mayeləri bir qabdan digərinə asanlıqla tökmək olur. Digərində isə bu prosesə bir qədər çox vaxt sərf olunur. Suyun və bəzi üzvi maddələrin – karbon 4-xloridin, benzol və s. özlülüyü azdır. Sürtkü yağlarının özlülüyü isə yüksəkdir. Mayələrin axmasını belə təsəvvür etmək olar: maye molekulları bir tərəfə hərəkət edir, həmin mayenin sərbəst həcmi yaxud molekullar arasındakı boşluqlar onun əksi istiqamətinə hərəkət edir. Mayeni təşkil edən molekullar arasında cazibə qüvvələri böyük olduqca onun özlülüyü yüksək olur. Maye molekulları arasında boşluqlar az olduqda mayenin özlülüyü yüksək olur, əksinə olduqda az olur. Bunu futbol oyunundan sonra azarkeşlərin stadionun qapısından çıxmasının, onların çox yaxud az olmasından asılı olması ilə müqayisə etmək olar. Azarkeşlər çox və sıx olduqca onların qapıdan çıxması çətinləşir, əksinə, az olduqca asan olur.

Mayələrin özlülüyünü bir neçə üsulla təyin etmək olur. Müəyyən miqdar mayenin nazik borudan ağırlıq qüvvəsinin təsirindən axması vaxtı ölçülür. Yaxud tədqiq edilən mayədə polad kürəciyin düşmə sürəti ölçülür. Kürəciyin düşmə sürəti böyük olduqca mayenin özlülüyü az olur. Özlülüyü daha dəqiq təyin etmək üçün müəyyən miqdarda mayenin ağırlıq qüvvəsinin təsirindən nazik kapilyar borudan axma sürəti təyin edilir. Bu zaman temperatura nəzarət etmək lazımdır. Temperatur artdıqca mayələrin özlülüyü azalır. Bunun səbəbi maye molekullarının orta kinetik enerjisinin artması və onların arasında cazibə qüvvəsinin zəifləməsidir.

Səthi gərilmə. Mayələr sərbəst halda elə forma almağa çalışırlar ki, səthlərinin sahəsi minimum olsun. Bu şərt onlar kürə formasını aldıqda ödənilir. Mumla örtülmüş səthə su damlları tökdükdə onlar düzgün olmayan yumaq formasını alırlar. Səthi ən az olduqda mayenin enerjisi də az olur. Ona görə də mayenin səthini artırmaq üçün enerji sərf edilməlidir. Mayenin vahid səthini artırmaq üçün lazım olan enerji *səthi gərilmə* adlanır. Hava ilə sürtünmə qüvvələrinin təsiri nəticəsində yağış damlları kürə formasını itirirlər. Səthi gərilmənin yaranmasını mayenin səthindəki molekullararası qüvvələrin bərabər

olmaması ilə izah edirlər. Mayelərin səthində təsir edən qüvvələr daxilə doğru yönəlmişdir. Həmin qüvvələrin təsirindən maye gərilir. Sanki onun qabığı var. Suyun səthində iynənin üzməsi və hörümçəklərin gölməçələrdə suyun səthində hərəkəti səthi gərilmə ilə izah olunur.

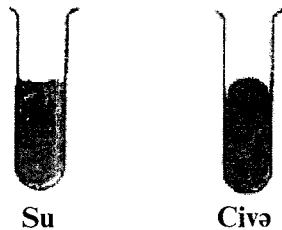


Şəkil V-6. Mayenin həcmində və səthində molekullarası qüvvələr.

Eyni molekullar arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələri *kogeziya qüvvələri* adlanır. Bu qüvvələr mayenin doymuş buxar təzyiqindən, qaynama temperaturundan, buxarlanma istiliyindən, özlülüyündən və səthi gərilməsindən asılıdır.

Müxtəlif maddələrin hissəcikləri arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələri *adgeziya qüvvələri* adlanır. Suyu şüşə boruya tökdükdə su ilə şüşə arasındakı adgeziya qüvvələri, su molekulları arasındakı kogeziya qüvvələrindən üstün olur. Ona görə də sınaq şüşəsində suyun səthi çökük yəni içəriyə doğru əyilmiş vəziyyətdə olur.

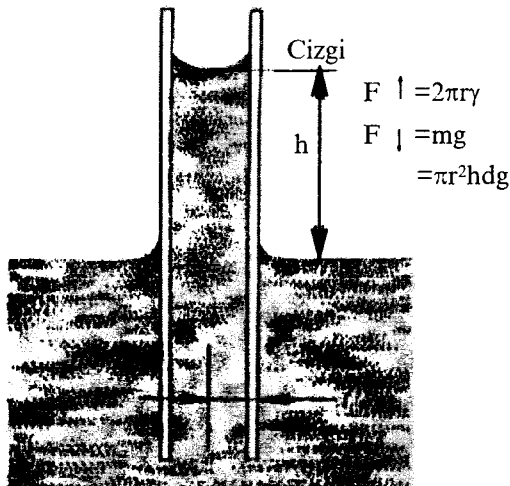
Civədə kogeziya qüvvələri adgeziya qüvvələrindən böyükdür. Ona görə də civə şüşəni islatmır, şüşə boruda qabarıq cizgi əmələ gətirir (şəkil V-7).



Şəkil V-7. Şüşə boruda su və civənin cizgilərinin forması.

Suya salınmış kapillyar boru ilə su müəyyən qədər yuxarı qalxır. Bunun da səbəbi səthi gərilmədir. Kapillyar boruda suya, suyun səthi gərilməsinin γ (72 din/sm) borunun daxili çevrəsinin uzunluğuna $2\pi r$ hasilinə bərabər olan qüvvə yuxarıya doğru təsir edir. Eyni zamanda, kapillyar boru ilə yuxarı qalxan suya borunun xaricindəki suyun səthində aşağıya yönələn $F = mg$ ağırlıq qüvvəsi təsir edir. Burada m-borudakı suyun kütləsi, g-təcildir. Borudakı suyun kütləsi $\pi r^2 h d$ -yə bərabərdir, h-kapilyarda suyun nə qədər qalxdığını göstərir, d-suyun sıxlığıdır. Göstərilən qüvvələr bir-birinə bərabər olduqda aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$2\pi r \gamma = \pi r^2 h d g \Rightarrow h = \frac{2\gamma}{d g r}$$



Şəkil V-8. Kapillyar boruda mayenin hündürlüyü.

Radiusu 0,01 sm olan boru ilə suyun nə qədər yuxarı qalxdığını hesablayaq:

$$h = \frac{2\gamma}{dgr} = \frac{2(72 \text{ din/sm})}{(1,00 \text{ q/sm})^3 (980 \text{ sm/s}^2)(0,01 \text{ sm})} = 14,7 \text{ sm.}$$

kapilyar borunun radiusu kiçik olduqca su daha yüksəyə qalxa bilər.

Suda həll olan maddələr onun səthi gərilməsini əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdirir. Sabun və digər yuyucu maddələr (detergentlər) suyun səthi gərilməsini çox aşağı salır, suda olan yağ və çirk hissəcikləri ilə onun yapışmasına səbəb olur. Paltar yuduqda və digər məqsədlər üçün sabundan istifadə edilməsi buna əsaslanmışdır. Yəqin ki, bəziləriniz aşağıdakı hadisəni müşahidə etmişiniz. Suyun səthi ilə qaçan su hörümçəyini suyun səthində suyun səthi gərilməsi saxlayır. Su hörümçəyi kiçik stendus böcəyini qovur. Böcək hörümçəyə nisbətən zəif hərəkət edir. Az qala hörümçək böcəyi tutacaq, bu anda böcək suya, səthi gərilməni azaldan maye buraxır. Ona görə də suyun səthi ilə hərəkət edə bilməyən hörümçək öz ovundan əl çəkməli olur.

§ 5. Qazlar

Qazlar bərk maddələrdən və mayelərdən bir sıra xassələrinə görə əsaslı surətdə fərqlənirlər. Qazlar genişlənərək olduqları qabı tamamilə doldururlar. Mayelərdə və bərk maddələrdə isə belə olmur. Qazların xarakterik xassəsi onların çox geniş intervalda sıxıla bilməsidir. İki və ya daha çox qaz bir-birilə bircinsli qarışıq əmələ gətirir. Mayələrin isə bəziləri bir-birinə qarışır, bəzilərinə isə belə hal müşahidə edilmir. Məsələn, qliserin yaxud antifiriz kimi istifadə edilən etilenqlikol su ilə istənilən nisbətdə qarışır, bircinsli qarışıq əmələ gətirir. Bitki yağı isə qızdırdıqda belə su ilə qarışmır. Qazların xarakterik xassələri onların molekullarının bir-birindən xeyli aralı yerləşməsidir. Qazların molekulları tutduqları həcmə 0,1 %-ni tuturlar. Həcmə qalan hissəsi boşluğun payına düşür. Bir mol azotun bərk, maye və qaz halında tutduğu həcmi hesablayaq və onu da nəzərə alaraq ki, aqrekat halından asılı olmayaraq hər hansı maddənin bir molunda $6,02 \cdot 10^{23}$ molekul var: $M(N_2) = 28 \text{ q/mol}$. Bərk halda azotun sıxlığı $1,03 \text{ q/sm}^3$ -dir.

$$V_{(N_2, \text{bərk})} = \frac{28 \text{ q/mol}}{1,03 \text{ q/sm}^3} = 27,2 \text{ sm}^3 / \text{mol}.$$

Azot $-210 \text{ }^\circ\text{C}$ -dən aşağı temperaturda bərk halda olur, həmin temperaturdan yuxarıda maye hala keçir. Maye azotun sıxlığı $0,81 \text{ q/sm}^3$ -dir. $V_{(N_2, \text{maye})} = \frac{28 \text{ q/mol}}{0,81 \text{ q/sm}^3} = 34,57 \text{ sm}^3 / \text{mol}$.

Normal şəraitdə ($0 \text{ }^\circ\text{C}$ -də, $101,325 \text{ kPa}$) azot qaz halında olur və onun sıxlığı $0,00125 \text{ q/sm}^3$ -dir.

$$V_{(N_2, \text{qaz})} = \frac{28 \text{ q/mol}}{0,00125 \text{ q/sm}^3} = 22400 \text{ sm}^3 / \text{mol} = 22,4 \text{ l/mol}.$$

Göründüyü kimi, eyni miqdarda (28 q) azot qaz halında bərk hala nisbətən təqribən 1000 dəfə çox həcm tutur.

Qazların molyar həcmi: Boyle-Marriot qanunu. Gündəlik praktikada bizə məlumdur ki, qazların həcmi təzyiqlə tərs mütənəsidir. Yəni təzyiqlə artırdıqda qazın həcmi azalır, əksinə təzyiqlə azaltdıqda qazın həcmi genişlənir. Siz öz velosipedinizin kamerinə nasosla hava vurduqda bunun şahidi olmuşunuz. Bir mol (32 q) oksigenin $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -də həcmi ilə təzyiqlə arasındakı nisbət aşağıdakı kimidir:

Təzyiq, atm	Həcm, l	PV
0,100	224	22,4
0,200	109	21,8
0,400	60,0	24,0
0,600	35,7	21,4
0,800	27,7	22,2
1,00	22,4	22,4

Orta hesabla $22,4 \pm 0,06$

Deməli, 0 °C-də $PV = 22,4 \frac{\ell \cdot \text{atm}}{\text{mol}}$; $P=1 \text{ atm}$. olduqda $1 \text{ atm} \cdot V = 22,4 \frac{\ell \cdot \text{atm}}{\text{mol}}$, buradan V-ni

tapmaq: $V = 22,4 \frac{\ell \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{atm}}$ və $V = 22,4 \ell/\text{mol}$ alırıq.

Normal şəraitdə qazların molyar həcmi təqribən 22,4ℓ-ə bərabərdir. Bu nəticə bütün qazlara aiddir. Məsələn,

1 mol (32 q/mol) Cl_2 (n.ş -də) 22,4 ℓ/mol

1 mol (4 q/mol) He (n.ş -də) 22,4 ℓ/mol

1 mol (16 q/mol) CH_4 (n.ş -də) 22,4 ℓ/mol

həcm tutur. 22,4 ℓ-də xüsusi heç nə yoxdur, bu sadəcə olaraq hesablamalarda əlverişli olduğuna görə tez-tez istifadə edilir. 25 °C-də ammoniyak (NH_3) qazının 1 molunun (17 q) təzyiqi ilə həcmi hasilində yenə də $PV=\text{const}$ qanunauyğunluğunu alırıq:

Təzyiq P, atm.	Həcm V, ℓ	PV
0,200	123	24,6
0,400	60,0	24,0
0,600	43,0	25,8
0,800	29,3	23,4
1,00	25,7	25,7
1,50	15,9	23,9
2,00	12,1	24,2

Orta hesabla $24,5 \pm 1,3$

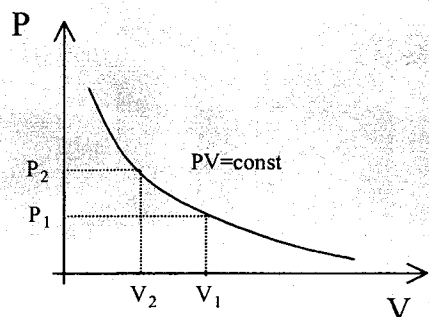
Bunu normal şəraitdəki həcmə müqayisə edək:

1 mol (17 q) ammoniyakın 0 °C -də $PV = 22,4 \ell \cdot \text{atm}$

1 mol (17 q) ammoniyakın 25 °C -də $PV = 24,5 \ell \cdot \text{atm}$

Deməli, eyni temperaturda və təzyiqdə müxtəlif qazların molyar həcmi eyni olur.

Boyl-Marriot qanununa əsasən, sabit temperaturda verilən qaz kütləsinin həcmi V onun təzyiqi P ilə tərs mütənasibdir: $P_1 V_1 = P_2 V_2$



Şəkil V-9. Təzyiqin həcmdən asılılığı.

Məsələ. 3 atmosfer təzyiqdə 100 ℓ qazı təzyiq 30 atmosfer olana qədər sıxdılar. Qazın həcmi nə qədər olmuşdur?

Həlli.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{3 \text{ atm} \cdot 100 \ell}{30 \text{ atm}} = 10 \ell.$$

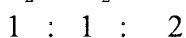
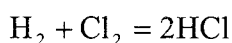
Sadə həcm nisbətləri qanunu. Avoqadro qanunu kəşf olunmazdan əvvəl fransız kimyaçısı Gey-Lüssak 1805-1808-ci illərdə kimyəvi reaksiyalarda qazların həcm nisbətini öyrənmək üçün çoxlu sayda təcrübələr aparmışdır. O, həmin təcrübələr əsasında sadə həcm nisbətləri qanununu kəşf etmişdir. Həmin qanun belə ifadə olunur: *kimyəvi reaksiyalara daxil olan və həmin reaksiyalardan alınan qazların həcm nisbətləri sadə tam ədədlərin nisbəti kimidir.* Məsələn, eyni temperatur və təzyiqdə 1 ℓ hidrogen 1 ℓ xlorla birləşir və 2 ℓ hidrogen-xlorid əmələ gəlir. Deməli, reaksiyada iştirak edən qazların həcm nisbətləri 1:1:2 kimidir. Yaxud 2 həcm hidrogen 1 həcm oksigenlə birləşərək 2 həcm su buxarı əmələ gətirir. Burada qazların

həcm nisbəti 2:1:2 kimidir. Digər qazlar arasında gedən reaksiyalarda da belə sadə tam ədədlər alınmışdır. Bu qanunu C.Dalton təlimi əsasında izah etmək mümkün olmamışdır. C.Dalton təliminə görə, bəsit maddələr atomlardan ibarət olmalıdır. Əgər belə olsaydı 1 həcm hidrogenlə 1 həcm xlorun birləşməsindən 1 həcm hidrogen-xlorid alınmalı idi. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, həmin reaksiyada 2 həcm hidrogen-xlorid alınır.

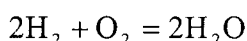
Hidrogenlə oksigen arasındakı reaksiya da təlimlə ziddiyyət təşkil edirdi.

Avoqadro qanunu. Kimyəvi reaksiyalarda qazların arasındakı həcm nisbətlerini izah etmək üçün italyan alimi Amedeo Avoqadro hipotez irəli sürmüşdür. Sonralar həmin hipotez təcrübələrlə təsdiq edilmiş və qanun şəklinə düşmüşdür. Hazırda Avoqadro qanunu aşağıdakı kimi ifadə olunur: *eyni şəraitdə (temperatur və təzyiqdə) qazların bərabər həcmində bərabər sayda molekul var.*

Avoqadro qanunu 1811-ci ildə kəşf olunmasına baxmayaraq 47 il sonra 1858-ci ildə Karl Sruyedə (Almaniya) kimyaçıların beynəlxalq konfransında hamı tərəfindən qəbul olunmuşdur. Avoqadro həmin qanuna əsasən bəsit qazların molekullarının eyni atomlardan ibarət olması fikrini söyləmişdir. Deməli, hidrogen, xlor, oksigen, azot və s. uyğun olaraq ikiatomlu molekullardan H_2 , Cl_2 , O_2 , N_2 və s. təşkil olunmuşdur. Bundan sonra kimyəvi reaksiyalarda qazların həcm nisbətlerini başa düşmək çətin deyil:



Hidrogen və oksigendən su buxarlarının alınması həmin qayda ilə izah olunur:



Bununla da bəsit qazların ikiatomlu molekullardan təşkil olunması və qazların bərabər həcmində bərabər sayda molekul olması sübut edilir. Lakin, bəsit qazların hamısının ikiatomlu molekullardan ibarət olması fikri mütləq deyil. Ozon (O_3) molekulu üçatomlu, təsirsiz qazlar (He, Ne, Ar və s.) isə biratomlu bəsit maddələr əmələ gətirir.

Sizə məlumdur ki, aqreqat halından asılı olmadan hər hansı maddənin bir molunda $6,023 \cdot 10^{23}$ molekul var. Həmin ədəd Avoqadro ədədi adlanır və N_A ilə işarə edilir. Eyni şəraitdə (temperatur və təzyiqdə) qazların bərabər mollarının həcmi bərabər olur. Normal şəraitdə ($0^\circ C$ -də $101,325$ kPa-da) 1 mol (2 q/mol) H_2 , 1 mol (32 q/mol) O_2 , 1 mol (28 q/mol) N_2 -nin hər birinin 1 molu $22,4$ l həcm tutur və bunların hər birinin həmin həcmində ($22,4$ l) $6,023 \cdot 10^{23}$ molekul var. Eyni ilə həmin qazların hər birinin 1 molu $25^\circ C$ -də və $101,325$ kPa təzyiqdə $24,5$ l həcm tutur. Deməli, həmin həcmdə də ($24,5$ l) $6,023 \cdot 10^{23}$ molekul var. Həmin qazların yaxud istənilən digər qazların eyni temperatur və eyni təzyiqdə ölçülən bərabər həcmində bərabər sayda molekul olur.

Avoqadro qanununun fizika və kimyada çox böyük əhəmiyyəti var. Bu qanunun əhəmiyyəti yalnız dəqiq nəticələr verməsində deyil, ən əsası onun bütün qazlara tətbiq edilməsidir. Müxtəlif qazların molekulları ölçülərinə, kütlələrinə və bir-birini cəzb etməsinə görə fərqlənirlər. Ona görə də müxtəlif qazların bərabər həcmində molekulların sayı tam bərabər olmur. Lakin bu fərq 1 %-dən az olur və Avoqadro qanununun əhəmiyyətini azaltmır.

Avoqadro qanununa əsasən alınan nəticənin səhv, yaxud düzgün olmasını söyləmək olar. Fərz edək ki, kosmonavtlar yerə naməlum qazın nümunəsini gətirmişlər. Həmin qazın 100 ml-i (n.ş-də) $0,00446$ q-dır. Bu hansı qazdır?

Normal şəraitdə hər hansı qazın 1 molunun həcmi $22,412$ l-dir:

$$\frac{22,412 \cdot 1000 \text{ ml} \cdot 0,00446 \text{ q}}{1 \text{ mol } 100 \text{ ml}} = 1,000 \text{ q/mol.}$$

Deməli, qazın nisbi molekul kütləsi $Mr=1,00$ -ə bərabərdir. Nisbi molekul kütləsi $1,000$ olan qaz yoxdur. Bu qaz atomar hidrogen yaxud neytron qazı ola bilərmi? Bəlkə də başqa təcrübə ilə həmin nəticənin səhv olduğunu sübut etmək lazımdır.

Temperaturun qazların xassələrinə təsiri. Gey-Lüssak qanunu. Qazların kinetik nəzəriyyəsinə əsasən qazın orta kinetik enerjisinin göstəricisi temperaturdur. Temperatur

yüksək olduqca qaz molekulunun orta kinetik enerjisi yüksək olur. Hər hansı qaz nümunəsinin temperaturunu artırıqda onun molekullarının sürəti artır, lakin kütləsi dəyişmir. Temperaturu artırıqda qaz molekullarının yalnız kinetik enerjisi dəyişmir, onun digər enerji formaları da dəyişir. Bunlarla Siz ali məktəb fizika kursunda daha ətraflı surətdə tanış olacaqsınız. Temperaturu artırıqda qaz molekullarının sürəti artır və onların qabın divarına göstərdiyi təzyiq artır. Bunu ilk dəfə fransız fiziki Şarl eksperimental olaraq müəyyən etmişdir. *Sabit həcmdə qazın təzyiqi mütləq temperaturla düz mütənasibdir.*

Qazların xassələrinin temperaturdan asılılığını araşdırdıqda Gey-Lüssak qanunundan daha çox istifadə edilir. *Sabit təzyiqdə qazın həcmi mütləq temperaturla düz mütənasibdir:*

$$V = kT$$

Müəyyən qaz kütləsi üçün təzyiq sabit olduqda V/T nisbəti də sabit olur. Ona görə də iki müxtəlif qaz üçün

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{yazmaq olar.}$$

Məsələ. 500 K temperaturda qazın həcmi 125 l-dir. Temperaturu 200 K azaltdıqda qazın həcmi neçə litr olur?

Həlli. $V_1 = 125$ l; $T_1 = 500$ K; $T_2 = 200$ K; $V_2 = ?$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ düsturundan $V_1 T_2 = V_2 T_1$ yazmaq olar. Buradan

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{125 \text{ l} \cdot 200 \text{ K}}{500 \text{ K}} = 50 \text{ l.}$$

Parsial təzyiq (Dalton qanunu). İngilis alimi C.Dalton 1801-ci ildə qaz qarışığını əmələ gətirən ayrı-ayrı qazların yaratdıqları təzyiqi tədqiq etmişdir. Havanın təqribən 4/5 hissəsi azotdan, 1/5 hissəsi isə oksigendən ibarətdir. Havanın yaratdığı təzyiqin 4/5 hissəsi azotun, 1/5 hissəsi isə oksigenin payına düşür. Ümumi təzyiqdən hər qazın payına düşən təzyiq *parsial təzyiq* adlanır. Başqa sözlə desək əgər hava ilə dolu olan qabda yalnız həmin həcmdəki azot, yaxud oksigen olsaydı, bunların ayrılıqda yaratdıqları təzyiq hər qazın havadakı təzyiqinə bərabər olardı. Daltonun parsial təzyiq qanunu belədir: *bir-biri ilə reaksiyaya girməyən qaz qarışığının ümumi təzyiqi qarışığı təşkil edən qazların parsial təzyiqlərinin cəminə bərabərdir.* Hər qazın parsial təzyiqi həmin qazın mol payının ümumi təzyiqə olan hasilinə bərabərdir. A qazı ilə B qazı qarışığında A-nın mol payı:

$$A_{(\text{mol payı})} = \frac{A_{(\text{molları sayı})}}{A_{(\text{molları sayı})} + B_{(\text{molları sayı})}}$$

$V = \frac{n_A}{n_A + n_B}$. Avoqadro qanununa əsasən, $\frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{V_A}{V_{\text{ümumi}}}$.

Məsələ. Təzyiqi 400 kPa olan 4,00 l O_2 , təzyiqi 200 kPa olan 1,00 l N_2 ilə həcmi 2,00 l olan qabda qarışdırılmışdır. Qabdakı ümumi təzyiqi hesablayın.

Həlli.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} \quad \text{bu formula əsasən}$$

$$O_2 \text{ -nin parsial təzyiqi} \quad \frac{400 \cdot 4,00}{2,00} = 800 \text{ kPa} \quad (O_2)$$

$$N_2 \text{ -nin parsial təzyiqi} \quad \frac{200 \cdot 1,00}{2,00} = 100 \text{ kPa} \quad (N_2)$$

Məsələ. 25 °C-də həcmi 1 l olan kolbada 0,005 mol hava və 0,0011 mol su buxarı var. Kolbadakı qazların parsial təzyiqini və ümumi təzyiqi hesablayın.

Həlli. 0,005 mol havanın təqribən 0,004 molu azotdan, 0,001 molu isə oksigendən ibarətdir.

Azotun, oksigenin və su buxarının parsial təzyiqini hesablamaq üçün $PV = nRT$ düsturundan istifadə edək (bu düsturun mahiyyəti ilə bir qədər sonra tanış olacağıq). P-təzyiq, V-həcm, n-qazın molları sayı, R-universal qaz sabiti, T-mütləq temperaturdur. Məsələnin şərtinə əsasən, $V = 1 \ell$; $n_{(O_2)} = 0,001 \text{ mol}$; $R = 0,082$; $T = 25 + 273,15$.

$$P_{(O_2)} = n \frac{RT}{V} = \frac{0,001 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{1} = 0,0244 \text{ atm.}$$

$$P_{(N_2)} = \frac{0,004 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{1} = 0,0977 \text{ atm.}$$

$$P_{(H_2O_q)} = \frac{0,0011 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{1} = 0,02687 \text{ atm.}$$

Bunların millimetr civə sütunu (mm. c. s) ilə nə qədər etdiyini tapaq:

$$0,0244 \cdot 760 = 18,544 \text{ mm. c. s.}$$

$$0,0977 \cdot 760 = 74,252 \text{ mm. c. s.}$$

$$0,02687 \cdot 760 = 20 \text{ mm. c. s.}$$

$$P_{\text{ümumi}} = 18,544 (P_{O_2}) + 74,252 (P_{N_2}) + 20 (P_{H_2O_q}) \approx 113 \text{ mm. c. s.}$$

Qazların mayelərdə həll olması (Henri qanunu). Henri qanununa (1808-ci il) görə *sabit temperaturda həlledicinin vahid həcmində həll olan qazın kütləsi həmin qazın parsial təzyiqi ilə düz mütənasibdir.* Mayenin verilən həcmində həll olan qazın həcmi təzyiqdən asılı deyil. Məsələn, 20°C -də 1 atm. təzyiqdə 100 q suda 0,169 q karbon qazı həll olur. Təzyiqi iki dəfə artırıqda suyun həmin miqdarında həll olan qazın kütləsi 0,338 q olur. Lakin qazın həcmi dəyişmir. Ona görə ki, təzyiqi artırıqda 0,338 q qaz əvvəlki təzyiqdə 0,169 q qazın tutduğu həcmi tutur.

Qaz qarışığını mayedə həll etdikdə qarışığı təşkil edən hər bir qazın həll olması onun həll olması və parsial təzyiqi ilə düz mütənasibdir.

Məsələ. 0°C -də 1 atm. təzyiqdə azotun suda həll olması 23,5 ml·ℓ, oksigenin həll olması isə həmin şəraitdə 48,89 ml·ℓ-ə bərabərdir. Havada həcmcə 79 % N_2 və 21 % O_2 var. Suda həll olan havanın tərkibi necədir?

Həlli. Məsələnin şərtində göstərilən şəraitdə azotun təzyiqi 760 mm.c.s. təzyiqə bərabər olsaydı, yəni suyun üzərində yalnız N_2 qazı olsaydı, 1 ℓ suda 23,5 ml N_2 həll olardı. Havada azotun parsial təzyiqi 0,79 atm.-ə bərabərdir.

Deməli, 1 atm. təzyiqdə 1 ℓ suda 23,5 ml N_2 həll olur.

0,79 atm. təzyiqdə 1 ℓ suda x ml N_2 həll olar.

$$x = \frac{0,79 \cdot 23,5}{1} = 18,60 \text{ ml } N_2.$$

Eyni qayda ilə 1 ℓ suda həll olan O_2 -nin həcmi tapaq: $0,21 \cdot 48,89 = 10,3 \text{ ml } O_2$.

Bunlara əsasən suda həll olan havanın tərkibini hesablayırıq:

$$\frac{18,60}{18,60 + 10,30} = 64,4 \% N_2; \quad \frac{10,30}{18,60 + 10,30} = 35,6 \% O_2.$$

Deməli, havadakına (21 %) nisbətən suda həll olan oksigenin faizlə miqdarı (35,6 %) çoxdur. Bunun suda yaşayan canlılar o, cümlədən balıqlar üçün böyük əhəmiyyəti var. Qazların mayelərdə həll olmasının qanunauyğunluqlarını bilmək bizə bir çox hadisələri izah etməyə və onları nəzərə almağa imkan verir. Qazlı suların və içkilərin hazırlanması yüksək təzyiqdə CO_2 -nin suda həll olmasına əsaslanmışdır. Qazlı su ilə dolu butulkanın ağzını açdıqda adi atmosfer təzyiqində həll olan miqdardan artıq qazın qabarcıqları formasında ayrılmasını biz dəfələrlə müşahidə etmişik. Dalgıç okeanın dərinliyində sıxılmış hava ilə tənəffüs edir. O, sürətlə suyun üzərinə çıxdıqda, təzyiq kəskin sürətdə azalır, qandan və orqanizmdə olan digər mayelərdən sürətlə qaz qabarcıqları çıxır. Bu orqanizmə mənfi təsir göstərir və «kesson xəstəliyi» adlanır. Onun aradan qaldırılmasının əsas çətinliyi azotla əlaqədardır, azotun parsial təzyiqi yüksəkdir və orqanizmdən yalnız tənəffüs orqanları

vasitəsilə xaric olur. Azotdan fərqli olaraq oksigenin bir hissəsi maddələr mübadiləsinə sərf olunur. Həmin problemi həll etmək üçün dalgıcın tənəffüs etdiyi havadakı azotu heliumla əvəz edirlər. Bunun səbəbi azota nisbətən heliumun qanda az həll olmasıdır. Dalgıcın tənəffüs etdiyi havanın tərkibində helium və oksigenin həcm nisbətini hazırladıqda suyun altındakı təzyiqli nəzərə almaq lazımdır. Tərkibi həcmcə 98 % heliumdan və 2 % oksigendən ibarət qaz qarışığında 10 km dərinlikdə oksigenin parsial təzyiqli 0,2 atm. olur. Bu işə təzyiqli 1 atm. olan adi havadakı oksigenin parsial təzyiqinə bərabərdir. Dalgıcın tənəffüs etdiyi havada oksigenin miqdarı çox olduqda tənəffüsün ritmi azalır, orqanizmdə CO₂-nin xaric olması azalır və CO₂ ilə zəhərlənmə baş verir. Maraqlıdır ki, «kesson xəstəliyi» balıqlarda da müşahidə olunur. Balıq birdən-birə suyun üzərinə çıxdıqda təzyiqli kəskin sürətdə azalır, orqanizmdə olan N₂-nin artığı sürətlə xaric olmağa başlayır, «kesson xəstəliyi» baş verir, onun gözləri böyüyür, bəzən də ölür. Bu hal hidroelektrik stansiyaların yüksək bəndlərində əvvəllər daha çox olurdu. Hazırda xüsusi ötürücü qurğular vasitəsilə həmin hadisənin qarşısını alırlar.

İdeal qazlar. İdeal qazlar elə qazlardır ki, onların tabe olduqları qanunlar təcrübələrin nəticələrinə əsasən deyil, kinetik nəzəriyyəyə əsasən çıxarılır. Lakin ideal qazların tənlikləri real qazların xassələrinə çox uyğun gəlir. Buna əsasən belə nəticəyə gəlmişlər ki, kinetik nəzəriyyə maddənin qaz halını düzgün izah edir.

İdeal qazların qanunları yalnız sadə məsələləri həll etmir, eyni zamanda, kimyanın bəzi fundamental məsələlərinin, o cümlədən termodinamikanın əsasını təşkil edir. Qazın həcminə eyni zamanda, temperaturun və təzyiqli təsirini nəzərə almaq lazım gəldikdə Boyle-Marriot və Gey-Lüssak qanunlarının birləşmiş formasından – birləşmiş qaz qanunundan istifadə edilir. Birləşmiş qaz qanunu belə ifadə edilir: *verilən qaz kütləsinin həcmninə təzyiqinə*

hasilinin onun mütləq temperaturuna olan nisbəti sabit kəmiyyətdir $\frac{PV}{T} = \text{const}.$

Bir mol qaz üçün həmin sabit universal qaz sabiti adlanır və R ilə işarə edilir. R-i təyin etmək üçün yuxarıdakı tənlikdə normal şəraitdə bir mol qazın həcmninə, təzyiqinin və temperaturunun qiymətini nəzərə almaq lazımdır:

0 °C-də T = 273,15 K ; P = 1 atm ; V = 22,412 l.

$$R = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22,412 \text{ l}}{273,15 \text{ K}} = 0,082057 \text{ l} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Təzyiqli kilopaskalla ölçüldükdə R-in qiymətini hesablayaq:

$$R = \frac{101,325 \text{ kPa} \cdot 22,412 \text{ l/mol}}{273,15 \text{ K}} = 8,314412057 \frac{\text{kPa} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,314412057 \frac{\text{C}}{\text{mol} \cdot \text{K}}.$$

$\frac{PV}{T} = \text{const}$ tənliyini qazın istənilən molları sayına tətbiq etmək üçün onun sağ tərəfinə n vurulmasını daxil etmək lazımdır:

$$PV = nRT.$$

Bu tənlik Klapeyron-Mendeleyev tənliyi adlanır. $n = \frac{m}{M}$ olduğundan $PV = \frac{m}{M} RT$ yazmaq olar. Burada m-qazın kütləsi, M-molyar kütləsidir. Klapeyron-Mendeleyev tənliyi vasitəsilə qazlara aid bir sıra hesablamalar aparmaq olar:

$$PVM = mRT; \quad P = \frac{mRT}{VM}; \quad V = \frac{mRT}{PM}$$

$$M = \frac{mRT}{PV}; \quad m = \frac{PVM}{RT}; \quad R = \frac{PVM}{mT}; \quad T = \frac{PVM}{mR}.$$

Klapeyron-Mendeleyev tənliyində R-sabit kəmiyyətdir, ona görə də iki müxtəlif qazın təzyiqli, həcmi və temperaturu arasında əlaqə yaratmaq olar:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = R_1; \quad \frac{P_2 V_2}{T_2} = R_2$$

Buradan $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ alırıq. P_1, V_1, T_1 qazın normal şəraitdə təzyiqi, həcmi və temperaturudur. P_2, V_2, T_2 qazın eksperiment aparılan şəraitdəki təzyiqi, həcmi və temperaturudur. Birləşmiş qaz qanunu tənliyinə əsasən normal şəraitdə və eksperiment aparılan şəraitdəki həcmi hesablamaq olar:

$$V_1 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 T_2}; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}.$$

Qazların kinetik nəzəriyyəsi. Qazların kinetik nəzəriyyəsi ona əsaslanmışdır ki, müxtəlif qazların kinetik enerjisi eyni olur.

Avoqadro qanununa əsasən bilirik ki, eyni temperaturda və eyni həcmdə olan iki qazda molekulların sayı eynidir. Deməli, onların təzyiqləri də eyni olmalıdır. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, molekulların kütləsi və sürəti onların təzyiqinə təsir edir. Əgər iki müxtəlif qazın kütlələri müxtəlifdirsə, kinetik enerjilərinin eyni olması üçün sürətləri müxtəlif olmalıdır. Yüngül molekullar daha sürətlə hərəkət edirlər, onların eyni vaxtda qabın divarına vurduqları zəif zərbələr tez-tez olduğundan kütlələrinin az olmasını kompensasiya edir. Başqa sözlə desək, yüngül molekulların tez-tez olan «zəif» zərbələri ilə ağır molekulların nisbətən gec olan qüvvətli zərbələri eyni olur. Deməli, eyni temperaturda, eyni həcmdə olan iki müxtəlif qazın kütlələri müxtəlif olmasına baxmayaraq, olduqları qabın divarına göstərdikləri təzyiq eynidir. Hərəkət edən hissəciyin, o cümlədən qaz molekullarının kinetik

enerjisi aşağıdakı tənliklə ifadə olunur: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

m -molekulun kütləsi, v -molekulların sürətinin orta qiyməti deyil, onların sürətinin kvadratlarının orta qiymətidir. Fərz edək ki, sürətləri 4, 6, 10, 12 olan dörd molekul var.

Onların orta sürəti $\frac{1}{4}(4 + 6 + 10 + 12) = 8,00$. Lakin kvadratlarının orta qiymətinin kvadrat

kökü $\frac{1}{4}(16 + 36 + 100 + 144) = \sqrt{74} = 8,6$. Deməli, 8,6 həmin molekulların orta kvadratik sürətidir.

Eyni temperaturda götürülən A və B qazları üçün aşağıdakıları yazmaq olar:

$$(E_k)_A = (E_k)_B$$

$$\frac{1}{2} m_A v_A^2 = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \quad \text{yaxud} \quad m_A v_A^2 = m_B v_B^2$$

Qazların molekulyar-kinetik nəzəriyyəsi təcrübədən alınan nəticələrin düzgün izahını verir və bunların əsasında yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz qaz qanunları formalaşdırılmışdır. Məsələn, sabit temperaturda qazın həcmi artırıqda nə baş verdiyini aydınlaşdırıq. Temperatur sabit qaldığından qaz molekullarının orta kinetik enerjisi dəyişməz qalır. Eyni zamanda, həmin molekulların orta kvadratik sürəti də dəyişmir. Həcm artırıldığından molekullar arasındakı məsafə artır vahid zamanda qabın divarına qaz molekullarının zərbələri azalır. Ona uyğun olaraq təzyiq azalır. Bizim bu mülahizəmiz Boyle-Marriot qanununun izahıdır.

Sonra temperaturu artırıqda təzyiqin necə dəyişdiyini nəzərdən keçirək. Temperaturu artırıqda qaz molekullarının orta kinetik enerjisi artır, uyğun olaraq orta kvadratik sürət də artır. Bu zaman qazın həcmi sabit qaldığından vahid zamanda qaz molekullarının qabın divarına zərbələri artır. Qabın divarına qaz molekullarının hər zərbəsində onun impulsu dəyişir. Qaz molekullarının qabın divarına zərbələri ideal dərəcədə elastikidir. Ona görə də molekullar qabın divarına yapışmırlar və ondan həmin sürətlə əks istiqamətə qaytarılırlar. İmpuls vektorial kəmiyyət olduğundan, qaz molekullarının qabın divarına toxunana qədər impulsu $+mv$ idi. Qabın divarına toxunduqdan sonra impuls $-mv$ olur. Deməli, qaz molekullarının qabın divarına təsir etdiyi qüvvə impulsun dəyişməsinə bərabərdir:

$$mv - (-mv) = 2mv$$

Nəticədə qazın təzyiqi artır. Lakin temperaturla bərabər qabın həcmi artırıqda

molekulların bir-birinə və qabın divarına toxunmalarının sayı azalır. Bu impulsun artmasını kompensasiya edir. Temperaturun qazın həcminə və təzyiqə təsiri Şarl və Gey-Lüssak qanunu ilə ifadə olunur. Hər hansı maddənin təşkil olunduğu atomlar, molekullar yaxud ionların orta kinetik enerjisi onların mütləq temperaturu ilə düz mütənəsbdir. Mütləq temperatur maddənin molyar istilik enerjisinin ölçüsüdür. Elə bir temperatur təsəvvür etmək olar ki, həmin temperaturda qaz molekullarının hərəkət enerjisi sifra bərabər olur. Həmin temperatur mütləq sifra uyğundur. Soyuq qaz molekulları yerləşdikləri qabın isti divarına toxunduqda nə baş verir? Belə hesab etmək olar ki, bu zaman qaz molekulları qızır, yəni onların orta kinetik enerjisi artır. Daha yüksək kinetik enerjiyə malik olan molekullar bizim misalda qabın divarını təşkil edirlər. Həmin molekulların enerjisinin bir hissəsi onlara toxunan molekullara verilir. Bu hal qabın divarını təşkil edən molekulların kinetik enerjisi onda yerləşən qaz molekullarının kinetik enerjisi ilə bərabərləşənə qədər davam edəcək.

Məsələlər

- Məsələ 55.** Mayeni qaynama temperaturuna qədər qızdırdıqda istilik sərf olunmasına baxmayaraq, maye qaynamaqda davam edərkən temperaturu artmur. Bunun səbəbini izah edin.
- Məsələ 56.** Bədənimizin səthindən 1 q su buxarlandıqda nə qədər istilik udulur?
- Məsələ 57.** 100 °C-də 1 q su, yoxsa 1 q su buxarı həmin temperaturda daha çox yanacaq törədir?
- Məsələ 58.** Maye raket yanacağı yanma kamerasına daxil olmazdan əvvəl həmin kameranın xarici divarından keçir. Bunun üstünlüyü nədən ibarətdir?
- Məsələ 59.** Distillə edilmiş su adi atmosfer təzyiqində (1 atm.) 100 °C-də qaynayır. Həmin təzyiqdə suyun qaynama temperaturunu artırmaq olarmı?
- Məsələ 60.** Soyuqqanlı heyvanların qanı aşağı temperaturda donmur. Bu isə onları məhv olmaqdan qoruyur. Sizcə bunun səbəbi nədir?
- Məsələ 61.** Atom elektrik stansiyalarında ərinmiş natriumdan soyuducu vasitə kimi geniş istifadə edilməsi nəyə əsaslanmışdır? Cavabınızı hesablamalarla əsaslandırın.
- Məsələ 62.** Su elektrik stansiyalarında güc qurğularını soyutmaq üçün sudan istifadə edilir. Natrium əvəzinə sudan istifadə etdikdə sərf olunan istiliyi hesablayın və aldığımız nəticəni bundan əvvəlki məsələ ilə müqayisə edin.
- Məsələ 63.** 0 °C-də götürülən 10 kq su donduqda nə qədər istilik ayrılır?
- Məsələ 64.** Bəzi maddələr suda həll olmur, lakin torpaq mayesində kifayət qədər həll olur. Bunun səbəbi nədir və bitkiçilikdə nə kimi əhəmiyyəti var?
- Məsələ 65.** Aşağıda bəzi maddələrin qaynama və ərimə temperaturu Kelvinlərlə verilmişdir. Onları Selsi dərəcələrlə ifadə edin:
Maye helium 4 K-də qaynayır.
Bərk hidrogen 14 K-də əriyir.
Maye hidrogen 20 K-də qaynayır.
Bərk azot 63 K-də əriyir.
Maye azot 77 K-də qaynayır.
Bərk oksigen 54 K-də əriyir.
Maye oksigen 90 K-də qaynayır.
- Məsələ 66.** Otaq temperaturunda müəyyən həcmdə qabda 4 atm. təzyiqdə 2 mol qaz var. Qaba həmin temperaturda daha 3 mol qaz əlavə etdilər. Qabdakı təzyiqi təyin edin.
- Məsələ 67.** a) 100 °C-də; b) 0 °C-də hər hansı qazın molyar həcmində neçə molekul var?
- Məsələ 68.** Suyun a) 0 °C-də bərk halda; b) 0 °C-də maye halda; c) 100 °C-də qaz halında molyar həcmi hesablayın.
- Məsələ 69.** Kolbadan hava çıxarıldıqdan sonra çəkisi 108,11 q, otaq temperaturunda 1 atm. təzyiqdə oksigenlə doldurulduqda isə 109,56 q olmuşdur. Həmin şəraitdə kolbanı vulkan qazı ilə doldurduqda 111,01 q olmuşdur. Vulkan qazının formulu təyin edin.
- Məsələ 70.** Otaq temperaturunda (25 °C-də) 40 l-lik polad balon oksigenlə doludur. Balonda təzyiq 130 atm.-ə bərabərdir. Balonda neçə mol oksigen var?
- Məsələ 71.** Meteoroloji aerostatın həcmi kifayət qədər böyük olur. Onu atmosferə buraxdıqda

özünün həcminə nisbətən içərisində az miqdarda qaz olur. Bunun səbəbini izah edin.

Məsələ 72. Avtomobilin şinində təzyiq 2,1 atm.-ə bərabərdir. Onu 2,8 atm.-ə qədər artırmaq üçün nə həcmdə hava vurmaq lazımdır? Şinin həcmi 15 l -dir. Temperatur sabitdir.

Məsələ 73. Normal şəraitdə həcmi 4 l olan xilasedici kəməri doldurmaq üçün neçə sm^3 maye karbon 4-oksidi buxarlandırılmalıdır? Maye karbon 4-oksidi sıxlığı $0,8 \text{ q}/\text{sm}^3$ -dir.

Məsələ 74. Şüşə qalpaq altında şam müəyyən müddət yandırılıb və sonra söndürülüb. Alınan qaz qarışığında $6,08 \cdot 10^{20}$ molekul azot, $0,76 \cdot 10^{20}$ molekul oksigen və $0,50 \cdot 10^{20}$ molekul karbon 4-oksidi olmuşdur. Qalpağın altında ümumi təzyiq 764 mm.c.s. olmuşdur. Qazların hər birinin parsial təzyiqini təyin edin.

Məsələ 75. Avtomobilin mühərriki benzinin (C_8H_{18}) silindrlərdə yanmasından alınan istiliyin hesabına işləyir. Yanma reaksiyası nəticəsində silindrlərdə qazların həcmi dəyişir, bu isə porşenlərin hərəkətinə və buna müvafiq ötürücü mexanizm vasitəsilə təkərlərin hərəkətinə səbəb olur. Benzin yandıqda karbon 4-oksidi və su əmələ gəlir və ayrılan istilik qaz qarışığının temperaturunun 300 K-dən 1500 K-ə qədər yüksəlməsinə səbəb olur. Benzinin yanma reaksiyasının tənliyini yazın və mühərrikin işləməsində istiliyin, yoxsa alınan qazların molları sayının həlledici rol oynadığını əsaslandırın.

Məsələ 76. Aşağıda bəzi qazların qaynama temperaturu və normal şəraitdə (0°C -də, 1 atm. təzyiqdə) molyar həcmi verilmişdir:

Qaz	Formulu	Qaynama temperaturu, $^\circ\text{C}$	Molyar həcmi, l
Helium	He	-269	22,426
Azot	N_2	-196	22,402
Karbon 4-oksidi	CO_2	-190	22,402
Oksigen	O_2	-183	22,393
Metan	CH_4	-161	22,360
Hidrogen-xlorid	HCl	-84	22,248
Ammonyak	NH_3	-33,3	22,094
Xlor	Cl_2	-34,6	22,063
Kükürd 4-oksidi	SO_2	-10,0	21,888

Qazların qaynama temperaturu ilə molyar həcmi arasında hansı qanunauyğunluq var? Həmin qanunauyğunluğun səbəbini izah edin.

Məsələ 77. Naməlum qazda həcmcə 1 % oksigen var. Həmin qazın 1 l-də normal şəraitdə neçə O_2 molekulu var?

Məsələ 78. 210°C -də 30 atm. təzyiqdə CO_2 -nin sıxlığı $0,0834 \text{ q}/\text{ml}$ -dir. Həmin şəraitdə CO_2 -nin molyar həcmi hesablayın. Həmin həcmdə neçə qaz molekulu var?

Məsələ 79. Mineralın daxilində qaz halında helium 127 atm. təzyiqdə $0,172 \text{ sm}^3$ həcm tutur. Həmin miqdar helium mineraldan kənar edilib kolbaya köçürülüb. Kolbada qazın həcmi 125 sm^3 olmuşdur. Kolbadakı təzyiqi təyin edin. Temperatur sabitdir.

Məsələ 80. Böyük qazsaxlama kamerasında soyuq yanvar günlərində (-15°C) 2,2 atm. təzyiqdə qaz 28500 fut^3 həcm tutur. Həmin qaz isti iyul günlərində 31°C -də neçə m^3 həcm tutur?

Məsələ 81. Silindrdə qazın həcmi $6,50 \text{ l}$, sıxlığı $1,45 \text{ q}/\text{l}$ -dir. Sabit temperaturda qazı həcmi $3,20 \text{ l}$ olana qədər sıxdılar. Bu zaman qazın sıxlığı necə oldu?

Məsələ 82. Həcmi $368,16 \text{ m}^3$ olan evdə qışda su buxarının təzyiqi 4 mm.c.s. -na qədər azalmışdır. Evdə rütubəti nizamlayan qurğu yerləşdirildikdən sonra su buxarının təzyiqi 9 mm.c.s. -na bərabər olmuşdur. Bu isə 40 % rütubətə uyğun gəlir. Evdə rütubəti göstərilən səviyyəyə qaldırmaq üçün neçə qram su buxara çevrilmişdir? Temperatur 22°C -dir.

Məsələ 83. Metan və oksigenlə doldurulmuş kolbanın kütləsi $57,5 \text{ qram}$ dır. Həmin kolbanın oksigenlə birlikdə kütləsi 59 q , metanla birlikdə kütləsi 57 q olmuşdur (n. ş.-də). Kolbadakı oksigen metanın yanmasına kifayət edirmi?

VI FƏSİL

KİMYƏVİ ENERGETİKA

Kimyada maddələr, kimyəvi reaksiyalar və bu zaman baş verən enerji dəyişikliyi daha çox diqqət mərkəzində olur. Çox vaxt obrazlı olaraq deyirlər ki, kimyəvi reaksiyalar kimyanın ürəyidir.

Müasir cəmiyyətdə istifadə edilən enerjinin çox hissəsi neftin, neft məhsullarının, kömürün və təbii qazın yandırılması reaksiyalarından alınır. Bəşəriyyətin tarixi inkişafının uzun illərində insan özünün əzələlərinin enerjisindən istifadə etməli olmuşdur. O, sonralar tədricən heyvanların, küləyin, suyun və odun enerjisindən istifadə etməyi öyrənmişdir.

Enerji inqilabı ilk buxar maşınlarının yaradılması ilə başlanmışdır. Sənaye inqilabına da səbəb buxar maşınları olmuşdur. Kömürün, neftin və təbii qazın enerjisindən istifadə edən maşınlar yaradılmışdır. Müasir bəşəriyyət ucuz və təhlükəsiz enerji mənbəyinə malik olmadan yaşaya bilməz. Enerji problemi bəşəriyyətin qarşısında duran ən vacib problemlərdəndir. Yer üzərində insanların sayı artdıqca enerjiyə tələbat da artır. Yanar faydalı qazıntıların ehtiyatı tükənməz deyil. Onların ehtiyatı günbəgün tükənmək üzrədir. Bundan əlavə neftin, neft məhsullarının, kömürün və təbii qazın yandırılması məhsullarının ətraf mühitə tullanması nəticəsində yerin iqlimində təhlükəli dəyişikliklər baş verə bilər. Artıq belə dəyişiklikləri biz hiss edirik. Havada karbon qazının miqdarı artır. Bu isə planetimizin istiləşməsinə, istilikxana effektinin yaranmasına səbəb olur. Yanar faydalı qazıntılardan səmərəli surətdə istifadə etməklə, yanma zamanı ayrılan istilikdən maksimum istifadə etməklə, kömürü əlverişli yanacaq növlərinə, sintetik benzinə, sintetik qaza, yaxud yağa çevirməklə həmin problemləri qismən həll etmək olar. Bitki xammalının qiymətli yanacaq növlərinə, məsələn, spirtə çevrilməsinin də böyük əhəmiyyəti var. Təhlükəsizlik nöqteyi-nəzərdən çox böyük diqqət tələb etməsinə və texniki çətinliklərinə baxmayaraq atom enerjisindən, o cümlədən termonüvə sintezi enerjisindən dinc məqsədlər üçün istifadə edilməsinə hazırda daha çox əhəmiyyət verilir.

§ 1. Enerji nədir? Enerjinin formaları

Enerji mücərrəd anlayışdır. Onu görmək, toxunmaq və hər hansı maddə kimi iyləmək mümkün deyil. Müəyyən bir işi görmək, yaxud bu və ya digər maddəni qızdırmaq üçün enerji lazımdır. Enerji işgörmək qabiliyyətidir. İş (W) qüvvənin (F) məsafəyə (d) (həmin qüvvənin təsir göstərdiyi məsafəyə) olan hasilidir:

$$W = F \cdot d .$$

Başqa sözlə, iş cismin ona təsir edən qüvvələrə qarşı yerləşməsidir. Enerji isə iş görmək üçün tələb olunun vasitədir. Hərəkətsiz cismə qüvvə təsir etdikdə o yerini dəyişir, iş görülür. Deməli, bu qüvvə iş gördü. Belə də demək olar, enerji materiyani hərəkət etdirən vasitədir.

Enerjinin əsas formaları bunlardır: istilik enerjisi, işıq enerjisi (şüalanma enerjisi), kimyəvi enerji, mexaniki, yaxud elektrik enerjisi. Mexaniki enerji iki yerə bölünür. Bunlar kinetik və potensial enerjidir. Kinetik enerji hərəkət enerjisidir. Cismin kinetik enerjisi onun kütləsi (m) və sürəti (v) ilə əlaqədardır. Kinetik enerjinin düsturu belədir:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 .$$

Şəxsi təcrübəmizdən bizə məlumdur ki, hərəkət edən cismin kütləsi və sürəti böyük olduqca onun kinetik enerjisi böyük olur. Potensial enerji cisimdə olan ehtiyat enerjidir. Enerjinin bu növü cismin vəziyyətindən yaxud tərkibindən asılıdır. Yuxarıya qaldırılmış mexaniki çəkil potensial enerjiyə malikdir. Həmin çəkil aşağı buraxıldıqda iş görür. Yaxud bir-birindən aralı müxtəlif yüklü iki hissəcik potensial enerjiyə malikdir. Potensial enerji cismin yerləşdiyi yüksəklik (h), onun kütləsi (m) və ağırlıq qüvvəsi (g) ilə əlaqədardır:

$$E_p = mgh .$$

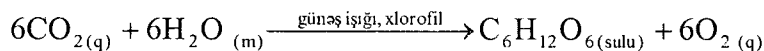
Məsələ. Yerin səthindən 20 m yüksəkliyə qaldırılmış 20 kq daşın potensial enerjisini hesablayın.

Həlli.

$$E_p = 20 \text{ kq} (9,8 \text{ m/san}^2) 20 \text{ m} = 3920 \text{ kq} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{san}^{-2} = 3920 \text{ C}.$$

Dağın başından aşağı diyirlənən daşın potensial enerjisi onun hərəkətinin kinetik enerjisinə çevrilir. Yuxarıdan gölə atılan daş parçası suya çatdıqda sürtünmə nəticəsində sürəti azalır, onun kinetik enerjisinin bir hissəsi istiliyə çevrilir, bu istilik daşa və ya suya verilir, daşın düşdüyü yerin ətrafında dalğalar əmələ gəlir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, enerjinin digər növü şüalanmadır. Görünən işıq, infraqırmızı şüalanma, ultrabənövşəyi şüalanma, rentgen şüaları və radiodalğalar şüalanmanın müxtəlif növləridir. Günəşdən bizə gələn enerji işıq sürətilə yayılan, dalğa xassəli elektromaqnit şüalanmasıdır.

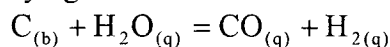
Enerjinin bir forması ekvivalent şəkildə digər formasına çevrilə bilər. Enerjinin saxlanması qanununun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, enerjinin hər hansı forması digər formasına nəzəri olaraq ekvivalentdir. Kimyəvi reaksiyalarda müşayiət olunan enerji dəyişməsinin böyük həyati əhəmiyyəti var. Orqanizminizdə baş verən həyati proseslər qəbul etdiyimiz qidadakı enerjiden asılıdır. Qidadakı maddədə olan kimyəvi rabitələrin enerjisi günəşdən alınmışdır. Fotosintez prosesində bitkilərin yaşıl orqanlarında xlorofilin katalitik iştirakı ilə günəş işığının təsirindən karbon qazı və sudan qlükoza sintez edilir və oksigen ayrılır:



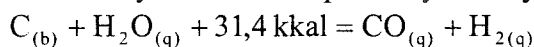
Bu reaksiya enerji udulması ilə gedir. Bir qədər sonra biz belə reaksiyaları endotermik reaksiyalar adlandıracağıq. Bir mol (180 q/mol) qlükoza əmələ gəldikdə 2816 kC enerji udulur. Kömürdə, neftdə və təbii qazdakı enerji milyon illərlə toplanan günəş enerjisidir.

§ 2. İstilik və kimyəvi reaksiyalar

600 °C-də közərmiş kömürün üzərindən su buxarını buraxdıqda, karbon 2-oksidi və hidrogen əmələ gətirməklə reaksiya gedir:



Bu reaksiyada alınan CO və H₂ qarışığı «su qazı» adlanır və sənayedə yanacaq kimi istifadə edilir. Reaksiyanın getməsi üçün vaxtaşırı su buxarı verilməsi dayandırılır və kömür qızdırılır. Prosesin getməsini dəqiq idarə etmək üçün nə qədər istilik udulduğunu bilmək lazımdır. Müəyyən edilmişdir ki, reaksiyaya girən karbonun hər molu üçün 31,4 kkal istilik udulur (1 kal=4,184 C). Həmin istiliyi nəzərə alsaq reaksiya tənliyi belə olar:



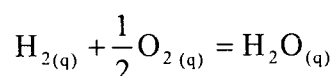
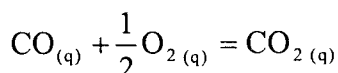
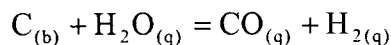
Su qazı ilə işləyən buxar qazanını layihələşdirən mühəndis-mexaniki hər şeydən əvvəl yanma prosesi maraqlandırır:



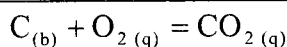
Bu reaksiyalarda istilik ayrılır. Eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, birinci reaksiyada 67,6 kkal, ikincidə isə 57,8 kkal istilik ayrılır:



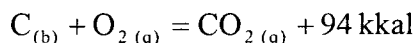
Su qazının alınması və reaksiya məhsullarının (CO və H₂) yanma reaksiyalarının tənliklərini toplayaq:



Yekun tənlik



Sual ortaya çıxır. Nə üçün sənaye miqyasında bilavasitə kömürün tam yandırılmasından yox, onun su ilə qarşılıqlı təsirindən alınan su qazının yandırılmasından istifadə edirlər? Bu suallara hesablamalarla cavab verək.



1 mol kömürü bilavasitə yandırdıqda 94,0 kkal istilik ayrılır. Həmin miqdarda kömürdən alınan su qazını (CO və H_2) yandırdıqda isə $67,6 + 57,8 = 125,4$ kkal istilik ayrılır. Deməli, kömürə nisbətən su qazını yandırmaq daha sərfəlidir. Daha bir suala cavab verməliyik. Əlavə istilik haradan alınır?

Su qazının alınmasına 31,4 kkal istilik sərf olunur. Onun yanmasından $67,6 + 57,8 = 125,4$ kkal istilik ayrılır, 1 mol kömürün bilavasitə yanmasından 94,0 kkal istilik ayrılır:

$$125,4 (\text{ayrılan istilik}) - 31,4 (\text{sərf olunan istilik}) = 94 \text{ kkal}$$

Bu hesablamalar enerjinin saxlanması qanununu təsdiq edir.

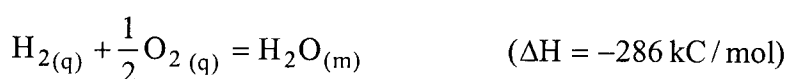
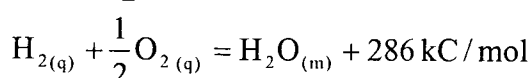
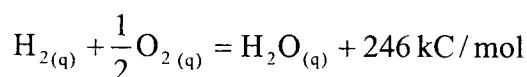
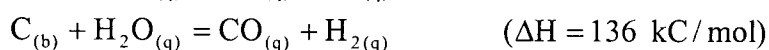
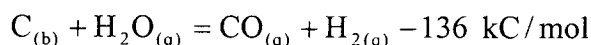
§ 3. Maddənin daxili enerjisi

Bundan əvvəlki misalda gördük ki, 31,4 kkal istilik su qazında «gizli» şəkildə qalmışdır. Maddədə «gizli» şəkildə qalan enerji onun təbiətindən və aqrekat halından asılıdır. Maddənin istilik miqdarı onun enerji ölçüsüdür və maddə əmələ gələrkən onda toplanan enerjidir. Maddənin istilik miqdarını onun daxili istiliyi hesab etmək olar. Daxili enerjiyə maddədə molekulların bir-birinə nisbətən hərəkət enerjisi, elektronların atomda və molekulda hərəkətinin enerjisi və s. daxildir. Deməli, maddədə toplanan «gizli» enerji onun *daxili enerjisidir*.

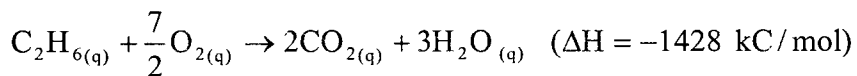
Kimyəvi reaksiyada udulan, yaxud ayrılan istiliyin miqdarı reaksiyanın *istilik effekti* adlanır. Sabit təzyiqdə reaksiyanın istilik effekti reaksiyanın *entalpiyası* adlanır və ΔH ilə işarə edilir. Reaksiyaya daxil olan maddələrin daxili enerjisi reaksiya məhsullarının daxili enerjisindən fərqlənir. Reaksiya nəticəsində maddələrin molekullarının tərkibi dəyişir. Reaksiya məhsullarını əmələ gətirən molekulları təşkil edən atomların arasındakı kimyəvi rabitənin təbiəti, məsafə, onların qarşılıqlı hərəkəti və enerjisi dəyişir. Bu zaman reaksiyadan alınan maddələrin elektron quruluşu da ilkin maddələrdən əsaslı surətdə fərqlənir. Aydınır ki, bunların hamısı bütövlükdə maddənin daxili enerjisinin fərqli olmasına səbəb olur. Reaksiyaya daxil olan və reaksiyadan alınan maddələrin daxili enerjilərinin cəminin fərqi reaksiyanın istilik effektinə uyğun gəlir (sabit həcmdə). Kimyəvi reaksiyaların çoxu sabit təzyiqdə (çox vaxt adi atmosfer təzyiqində) aparılır. Bu halda reaksiyanın istilik effekti sabit olur ($Q = \text{const}$) və istilik miqdarının dəyişməsinin mütləq qiymətinə ΔH bərabər olur:

$$\Delta H_{\text{reaksiya}} = \sum H_{\text{reak. məh.}} - \sum H_{\text{ilkin mad.}} < 0$$

Bu onu göstərir ki, reaksiyaya daxil olan maddələrin istilik miqdarı, reaksiyadan alınan maddələrin istilik miqdarından çoxdur, reaksiya ekzotermikdir. Deməli, $+Q$ olduqda ΔH -in qiyməti mənfi olur, $\Delta H < 0$. Əgər $\Delta H > 0$ olarsa, reaksiya endotermikdir, ΔH -in qiyməti müsbət olur, $-Q$. Bunları konkret reaksiyaların misalında bir daha nəzərdən keçirək:

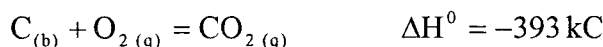


Termokimyəvi tənliklərdə maddələrin aqrekat halının göstərilməsinin əhəmiyyətini suya aid olan axırncı tənliklərdən görmək olar. Qaz halında 1 mol su əmələ gəldikdə 246 kC, maye halda 1 mol su əmələ gəldikdə isə 286 kC istilik ayrılır. Bu reaksiyaların istilik effektlərinin fərqi [286 – 246 = 40 (kC)], 1 mol su buxarı kondensləşdikdə ayrılan istiliktir. Termokimyəvi tənliklərdə əmsalların çox vaxt kəsri ədədlərlə yazılmasının səbəbi istilik effektinin maddələrdən birinin 1 molu üçün hesablanmasıdır:

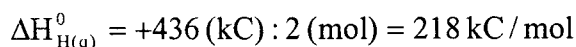
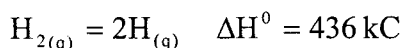


§ 4. Maddələrin əmələgəlmə entalpiyası

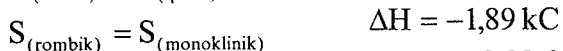
Bəsit maddələrdən çoxelementli birləşmənin 1 molu əmələ gəldikdə ayrılan yaxud udulan istilik həmin maddənin *əmələgəlmə entalpiyasıdır*. Maddələrin əmələgəlmə entalpiyası ΔH^0 ilə işarə edilir, kC/mol ilə ölçülür, «⁰» işarəsi təzyiqin sabit olduğunu göstərir. Maddələrin əmələgəlmə entalpiyası standart şəraitdə (P=1 atm., T=298 K) – normal atmosfer təzyiqində, 25⁰C-də ölçülür. Həmin şəraitdə maddələr daha davamlı formada olurlar. Karbon qazının qaz halında əmələgəlmə entalpiyası $\Delta H_{\text{CO}_2}^0 = -393 \text{ kC/mol}$ -dur:



Deməli, 1 mol CO_2 əmələ gəldikdə 393 kC istilik ayrılır. Bəsit maddələrin əmələgəlmə entalpiyası sifra bərabər qəbul edilmişdir. Bəsit maddənin standart şəraitdə davamlı olan aqrekat halı üçün (etalon halı) əmələgəlmə entalpiyası sifir qəbul edilir. Məsələn, otaq temperaturunda bərk yodun I_2 əmələgəlmə entalpiyası sifra bərabərdir: $\Delta H_{\text{I}_2(\text{b})}^0 = 0 \text{ kC/mol}$. Maye və qaz halında olan yodun əmələgəlmə entalpiyası sifra bərabər deyil: $\Delta H_{\text{I}_2(\text{m})}^0 = 22 \text{ kC/mol}$, $\Delta H_{\text{I}_2(\text{q})}^0 = 62 \text{ kC/mol}$. Ağ qalayın əmələgəlmə entalpiyası sifra bərabərdir: $\Delta H_{\text{Sn}(\text{ağ})}^0 = 0 \text{ kC/mol}$. Boz qalayın əmələgəlmə entalpiyası: $\Delta H_{\text{Sn}(\text{boz})}^0 = -2 \text{ kC/mol}$. Molekulyar hidrogenin qaz halında əmələgəlmə entalpiyası sifra bərabərdir: $\Delta H_{\text{H}_2(\text{q})}^0 = 0 \text{ kC/mol}$. Atomar hidrogenin əmələgəlmə entalpiyası 218 kC/mol-dur.



Deməli, 1 mol atomar hidrogenin əmələgəlmə entalpiyası (enerji ehtiyatı) 0,5 mol molekulyar hidrogenin əmələgəlmə entalpiyasından 218 kC/mol çoxdur. Aqrekat halı dəyişmədən bəsit maddələrin bir allotropik formadan digərinə çevrilməsi enerji dəyişməsi ilə müşayiət olunur:



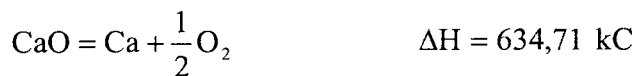
Yuxarıdakılar bizə termokimyayın əsas qanunlarını öyrənməyə imkan verir.

§ 5. Termokimyayın qanunları

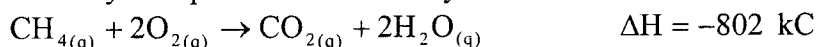
Termokimyayın birinci qanunu XVIII əsrin axırında fransız kimyaçıları Lavuazye və Laplas tərəfindən kəşf olunmuşdur. Hazırda həmin qanun belə ifadə olunur:

Düzünə gedən reaksiyanın istilik effektinin mütləq qiyməti tərsinə gedən reaksiyanın istilik effektinə bərabərdir və istilik effektinin işarəsi bir-birinin əksinədir. Birləşmə bəsit maddələrə parçalandıqda entalpiyanın dəyişməsi (əks işarə ilə) həmin birləşmə bəsit maddələrdən

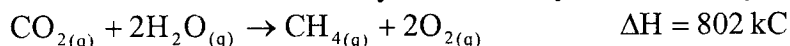
əmələ gəldikdə baş verən entalpiyanın dəyişməsinə bərabərdir. Faktiki olaraq bu qanun enerjinin saxlanması qanunundan çıxır. Məsələn, kalsium metalından və oksigenə kalsium-oksidi əmələgəlmə istiliyi 634,71 kC-dur. 1 mol kalsium-oksidi parçalamaq üçün həmin miqdarda enerji udulur:



Termokimyayın birinci qanunundan istifadə etməklə dolayı yolla alınan birləşmələrin əmələgəlmə entalpiyasını hesablamaq olur. Məsələn, xlor oksidləri bilavasitə xlorla oksigenin qarşılıqlı təsirindən alınır. Deməli, bu birləşmələrin əmələgəlmə entalpiyası əks işarə ilə onların parçalanma reaksiyasının entalpiyasına bərabərdir. Bunlardan ikincisi (parçalanma entalpiyası) təcrübi yolla, birincisi isə (əmələgəlmə entalpiyası) nəzəri olaraq təyin edilir. 1 mol metan yandıqda 802 kC istilik ayrılır:

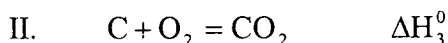
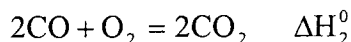
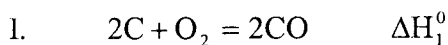


Reaksiyanın entalpiyasının dəyişməsi əks işarə ilə əksinə gedən reaksiyanın entalpiyasının dəyişməsinə bərabərdir. Buna əsasən metanın yanma reaksiyasının əksini yazmaq:



Əksinə gedən reaksiyaya nisbətən metan yandıqda çoxlu enerji ayrılırdı, bundan istifadə etməklə sonsuz miqdarda enerji almaq olardı. Bunu belə başa düşmək olur ki, müəyyən miqdar metan yandırmaqla alınan istiliyin az hissəsindən yandırılan metanı əksinə gedən reaksiya vasitəsilə bərpa etmək olardı və bunu yenidən təkrar etməklə sonsuz, daimi enerji əldə etmiş olardıq. Aydınır ki, bizim bu mühakiməmiz enerjinin saxlanması qanunu ilə ziddiyyət təşkil edir. Elə maddələr var ki, onların əmələgəlmə entalpiyasını həmin maddənin alınma reaksiyasına əsasən təyin etmək olmur. Ona görə də həmin maddələrin əmələgəlmə entalpiyası termokimyayın ikinci qanununa əsasən nəzəri olaraq təyin edilir.

Termokimyayın ikinci qanunu 1840-cı ildə rus kimyaçısı H.Hess tərəfindən kəşf edilmişdir. Həmin qanun belə ifadə edilir: *iki və ya daha çox aralıq reaksiyaların entalpiyalarının cəmi, bilavasitə ilkin haldan son hala aparan reaksiyanın entalpiyasına bərabərdir*. Qrafiti oksigenə yandırdıqda CO₂-in əmələgəlməsi iki yolla gedə bilər:



Eksperimental olaraq CO-nun əmələgəlmə entalpiyasını təyin etmək olmur. Lakin başqa yolla alınan təmiz CO-nun CO₂-yə çevrilməsi reaksiyasının entalpiyasını eksperimental olaraq təyin etmək olur. Hess qanununa əsasən, CO-nun əmələgəlmə entalpiyasını hesablayaq:

$$\Delta H_3^0 = \Delta H_1^0 + \Delta H_2^0; \quad \Delta H_2^0 = -566 \text{ kC}$$

$$\Delta H_3^0 = -786 \text{ kC}; \quad \Delta H_1^0 = ?$$

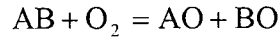
$$\Delta H_1^0 = \Delta H_3^0 - \Delta H_2^0$$

$$\Delta H_{\text{CO}}^0 = \frac{\Delta H_1^0}{n\text{CO}} = \frac{\Delta H_3^0 - \Delta H_2^0}{n\text{CO}} = \frac{[(-786) - (-566)] \text{ kC}}{2 \text{ (mol)}} = \frac{-220 \text{ kC}}{2 \text{ (mol)}} = -110 \text{ kC/mol}$$

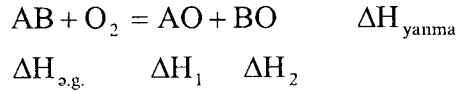
§ 6. Yanma entalpiyası

Maddələrin bir çoxunun, o cümlədən yanacağın vacib xarakteristikalarından biri *yanma entalpiyasıdır*. Yanma entalpiyası 1 mol maddə yandıqda entalpiyanın dəyişməsinə xarakterizə edir. Maddə yandıqda onun tərkibinə daxil olan elementlər axıra qədər oksidləşir. Üzvi maddələr yandıqda onların tərkibində olan karbon CO₂-yə qədər, hidrogen

H₂O -ya qədər oksidləşir. Bu oksidlərin əmələgəlmə istiliyinə karbon və hidrogenin yanma istiliyi kimi baxılır. Fərz edək ki, A və B elementlərindən ibarət olan maddə yanır:



Reaksiyanın yanma entalpiyasını ΔH_{yanma} , AB-nin bəsit maddələrdən əmələgəlmə entalpiyasını $\Delta H_{\text{ə.g.}}$, həmin bəsit maddələrin yanma entalpiyasını ΔH_1 və ΔH_2 ilə işarə etsək, reaksiya tənliyini belə yaza bilərik:



Buradan

$$a) \Delta H_{\text{yanma}} = (\Delta H_1 + \Delta H_2) - \Delta H_{\text{ə.g.}}$$

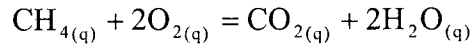
$$b) \Delta H_{\text{ə.g.}} = (\Delta H_1 + \Delta H_2) - \Delta H_{\text{yanma}}$$

a) Kimyəvi birləşmənin yanma entalpiyası, onu əmələgətirən bəsit maddələrin yanma entalpiyalarının cəmi ilə həmin birləşmənin əmələgəlmə entalpiyasının fərqinə bərabərdir;

b) Kimyəvi birləşmənin əmələgəlmə entalpiyası onu əmələgətirən bəsit maddələrin yanma entalpiyalarının cəmi ilə birləşmənin özünün yanma entalpiyasının fərqinə bərabərdir.

Məsələ. Metanın yanma istiliyini hesablayın.

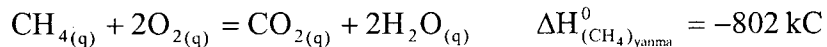
Həlli.



$$\Delta H_{CH_4}^0 = -75 \text{ kC/mol}; \quad \Delta H_{CO_2}^0 = -393 \text{ kC/mol} \quad \Delta H_{H_2O_{(q)}}^0 = -242 \text{ kC/mol};$$

$$\Delta H_{(CH_4)_{\text{yanma}}}^0 = ?$$

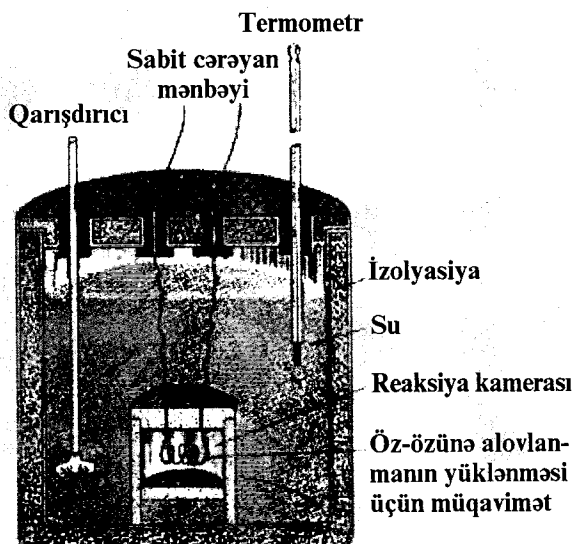
$$\Delta H_{(CH_4)_{\text{yanma}}}^0 = [(-393) + 2(-242)] - (-75) = -802 \text{ kC/mol}$$



Yanma entalpiyası ilə əmələgəlmə entalpiyasının fərqi ondan ibarətdir ki, bu kəmiyyətlər müxtəlif reaksiyaların entalpiyalarıdır. Yanma entalpiyası həmin maddənin oksigenlə reaksiyasına, əmələgəlmə entalpiyası isə reaksiyanın məhsuluna aiddir.

§ 7. Reaksiyanın istiliyinin ölçülməsi

Reaksiyaların istilik effektinin ölçülməsi kalorimetriya adlanır. Belə adlanma istilik və kalori ilə əlaqədardır. İstilik xüsusi cihaz – kalorimetr vasitəsilə ölçülür. Müxtəlif quruluşlu kalorimetrlər var:



Şəkil VI-1. Kalorimetrin ümumi sxemi.

Şəkil VI-1-də kalorimetrin ümumi sxemi verilmişdir. Kalorimetr içərisində müəyyən

miqdarda su olan izolə edilmiş qabdır. Həmin qabın içərisində reaksiya kamerasında, qapalı qabda (buna çox vaxt bomba deyirlər) kütləsi məlum olan maddə artıqlaması ilə götürülən oksigendə təzyiqlik altında yandırılır. Cərəyan buraxmaqla reaksiya qarışığı qabda alovlanır. Yanma reaksiyasından ayrılan istilik ətrafa yayılır, kalorimetrdəki su qızır. Kalorimetrdəki suyun bərabər səviyyədə qızması üçün qarışdırıcı vasitəsilə qarışdırılır. Kalorimetrdəki suyun miqdarını və tədqiq edilən maddənin yanması nəticəsində suyun temperaturunun artmasını bilməklə, həmin maddənin 1 molunun yanması nəticəsində ayrılan istiliyin miqdarını hesablamaq olur.

Yanacaq istiliktörətmə qabiliyyəti. Yanacağın 1 qramı yandıqda ayrılan istilik onun istiliktörətmə qabiliyyəti adlanır. Yanacağın istiliktörətmə qabiliyyəti ondakı karbon və hidrogenin miqdarından asılıdır. Məsələn, daş kömürün (antrasitin) istiliktörətmə qabiliyyəti (31 kC/q) oduncağınkindən (18 kC/q) təqribən iki dəfə çoxdur. Hazırda əsas enerji mənbəyi kimi istifadə edilən kömür, neft və təbii qaz yanar faydalı qazıntılar adlanır. Bəzi yanacaq növlərinin təqribi tərkibi və istiliktörətmə qabiliyyəti cədvəl VI-1-də verilmişdir.

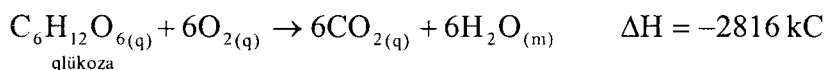
Cədvəl VI-1. Bəzi yanacaq növlərinin təqribi tərkibi və istiliktörətmə qabiliyyəti

Yanacağın növü	Faizlə tərkibi			İstiliktörətmə qabiliyyəti, kC/q
	C	H	O	
Antrasit (kömür)	82	1	2	31
Benzin	85	15	0	48
Hidrogen	0	100	0	142
Oduncaq (şam)	50	6	44	18
Ağac kömürü	100	0	0	34
Təbii qaz	70	23	0	49
Xam neft	85	12	0	45

Neftin əsasını karbohidrogenlər, qalan hissəsini isə tərkibində kükürd, azot və oksigen olan üzvi birləşmələr təşkil edir. Daş kömürün də əsasını nisbi molekulyar kütləsi böyük olan karbohidrogenlər təşkil edir. Onda həmçinin kükürlü, oksigenli və azotlu birləşmələr var. Ona görə də neftin və kömürün yanacaq kimi yandırılması ətraf mühitin çirklənməsinin əsas mənbələrindən biridir.

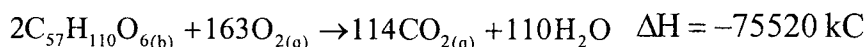
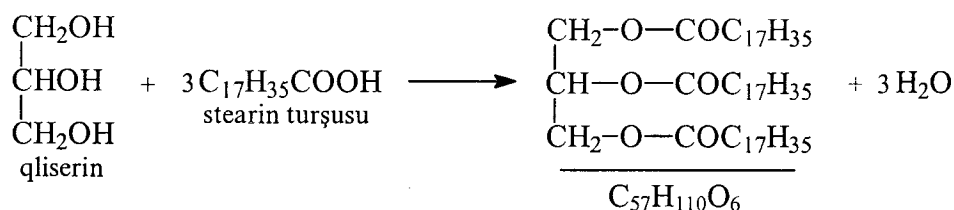
§ 8. Qida məhsullarının kaloriliyi

Qəbul etdiyimiz qida məhsullarının əsasını karbohidratlar, yağlar və zülallar təşkil edir. Orqanizmə lazım olan enerjinin çox hissəsi karbohidratlar və yağların oksidləşməsindən alınır. Polisaxaridlər həzm prosesində qlükozaya qədər hidrolizə uğrayırlar. Qlükoza qanda həll olur, qan vasitəsilə hüceyrələrə gətirilir. Hüceyrə də oksigenlə qarşılıqlı təsirdə olur, oksidləşir, oksidləşmənin son məhsulu CO_2 , H_2O və enerjidir:



Karbohidratların orqanizm tərəfindən asan mənimsənilməsinə baxmayaraq, onların oksidləşməsi prosesində yağlara nisbətən az enerji ayrılır 17 kC/q (4 kkal/q). Karbohidratlar kimi yağlar da metabolizm (maddələr mübadiləsi) prosesində tədricən oksidləşirlər. Onların da oksidləşməsinin son məhsulu CO_2 , H_2O və enerjidir.

Stearin yağı 1 molekulyar qliserindən və 3 molekulyar stearin turşusundan əmələ gələn mürəkkəb efirdir:



Yağların orta kaloriliyi 18 kC/q-a (9 kkal/q) bərabərdir. Qəbul edilən qidanın oksidləşməsindən ayrılan enerji əsasən orqanizmin temperaturunun sabit saxlanmasına, əzələ işinə və hüceyrələrin orqanoidlərinin sintezi prosesinə sərf olunur. Bunlardan artıq qalan enerji yağ formasında ehtiyat üçün saxlanılır. Nə üçün məhz yağ formasında? Bunun iki səbəbi var. Birincisi, yağlar suda həll olmurlar, orqanizmdə saxlanıla bilərlər, ikincisi onlar oksidləşdikdə eyni miqdarda karbohidratlara və zülallara nisbətən çox enerji ayrılır. Obrazlı şəkildə desək, zülallar orqanizmdə əsasən tikinti materialı rolunu oynayır. Lakin onlar oksidləşdikdə karbohidratlar qədər enerji ayrılır 17 kC/q (4 kkal/q). Orqanizmdən zülaldakı azot karbamid $CO(NH_2)_2$ formasında ayrılır. Kalorimetrdə yandırdıqda isə N_2 formasında ayrılır. Ona görə də sonuncu halda çox enerji ayrılır. Orqanizmin enerjiyə olan tələbatı onun vəziyyətindən asılıdır. Fiziki işlə, idmanla daha çox məşğul olduqda enerjiyə tələbat artır. Aktiv fəaliyyətdə olduqda insana sutkada orta hesabla 10000-13000 kC (2500-3000 kkal) enerji lazımdır. Bu isə 24 saat 100 vattlıq elektrik lampasının sərf etdiyi enerjiyə bərabərdir.

Cədvəl VI-2. Qida maddələrindən bəzilərinin tərkibi və kaloriliyi

Qida maddəsi	Təqribi tərkibi, %-lə			Kaloriliyi	
	Zülal	Yağ	Karbohidrat	kC/q	kkal/q
Yaşıl noxud	1,9	-	7,0	1,5	0,38
Yer fındığı	26	39	22	23	5,5
Süd	3,3	4,0	5,0	3,0	0,74
Sosiska	22	30	-	15	3,6
Pendir	28	37	4	20	4,7
Çörək (ağ)	9	3	52	12	2,8
Alma (təzə)	0,4	0,5	13	2,5	0,59
Yumurta	13	10	0,7	6	1,4

Siz bu cədvəldən istifadə etməklə təxmini də olsa görəcəyiniz məşğuliyyət növündən asılı olaraq hansı qidadan nə qədər qəbul edəcəyinizi hesablaya bilərsiniz.

§ 9. Gələcəyin enerji mənbələri

İnkişaf etmiş ölkələrdə əhəlinin adambaşına gündəlik enerji istehlakı təqribən $1,3 \cdot 10^6$ kC-dur. Bu enerji bizim bir gündə qida ilə qəbul etdiyimiz enerjiden 100 dəfə çoxdur. Məlum olduğu kimi, enerji mənbələri müxtəlifdir və zaman keçdikcə bunların rolu dəyişir. XIX əsrin axırlarına qədər sərf edilən enerjinin 90 %-i oduncaqdan alınmışdır. Sonra daş kömürdən daha çox istifadə edilmişdir. Hazırda inkişaf etmiş ölkələrdə istifadə edilən enerjinin 31 %-i təbii qazın, 46 %-i neftin, 19 %-i daş kömürün, 2 %-i hidroelektrik stansiyalarının, 2 %-i atom elektrik stansiyalarının payına düşür.

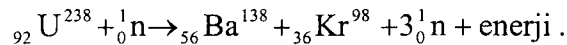
Xəzərin karbohidrogen ehtiyatlarından tam istifadə edildikdə və yeni inşa edilən su elektrik stansiyaları istifadəyə verildikdə təbii qazdan və su elektrik stansiyalarında hasil edilən enerjiden daha çox istifadə ediləcək. Ayrılıqda götürülən bir ölkənin enerji problemini digər ölkəyə aid etmək olmaz. Məsələn, ABŞ-da və Almaniyada daş kömürün ehtiyatı çoxdur. Bu ölkələrdə daş kömürdən sintetik qaz və sintetik benzin alınmasına daha çox diqqət yetirirlər. Neftlə zəngin olan ölkələrdə isə neftin emalına və ondan alınan yanacaq növlərinin səmərəli yandırılmasına üstünlük verilir. Neft, təbii qaz və daş kömürün ehtiyatları bizim planetdə tükənməz deyil.

Gələcəyin enerji mənbəyi kimi hidrogenə daha çox diqqət yetirilir. Bunun səbəbi hidrogenin istilik törətmə qabiliyyətinin yüksək olması və ekoloji cəhətdən ən təmiz yanacaq növü olmasıdır. Hidrogen yandıqda su əmələ gəlir və ətraf mühit çirklənmir. Lakin ondan hələlik geniş miqyasda istifadə edilməməsinin səbəbi, bizim planetdə sərbəst halda ehtiyatının olmamasıdır. Hidrogenin çox hissəsi suyun və karbohidrogenlərin parçalanmasından alınır. Bu zaman sərf olunan enerji alınan hidrogeni yandırdıqda ayrılan

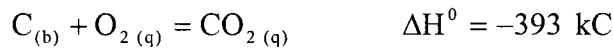
enerjidən çoxdur. Əgər gələcəkdə atom enerjisindən və günəş enerjisindən istifadə edilməsinin ucuz, əlverişli yolu tapılırsa hidrogenin sənaye miqyasında istehsalı daha geniş vüsət ala bilər. Hidrogeni mövcud qaz nəql edən kəmərlərlə uzaq məsafələrə vermək olar və hazırda istifadə edilən qurğularda yandırmaq olar. Dünyada ən böyük enerji mənbəyi günəş enerjisidir. Günəş enerjisindən istifadə edilməsinin çətinlikləri, onun səpələnmiş vəziyyətdə olması və hava şəraitindən asılı olaraq daimi olmamasıdır. Bundan əlavə hələlik günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirən qurğuların məhsuldarlığının yüksək olmamasıdır. Lakin bu sahədə intensiv tədqiqatlar aparılır və ümid etmək olar ki, yaxın gələcəkdə günəş enerjisindən yüksək məhsuldarlıqla istifadə edən qurğular yaradılacaq.

§ 10. Atom enerjisi

Kimyəvi reaksiyalarda atomların nüvəsi dəyişmir. Ona görə də belə hesab etmək olar ki, nüvə reaksiyaları çoxlu miqdarda enerji çevrilməsi ilə müşayiət olunmalıdır. Nüvə reaksiyalarından birinin tənliyi belədir:



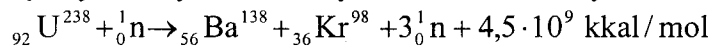
Konkret olaraq 1 mol ${}_{92}\text{U}^{238}$ -ə neytronla təsir etdikdə $1,89 \cdot 10^{10}$ kC enerji ayrılır. Bir mol ağac kömürünü yandırdıqda 393 kC istilik ayrılır:



Bunları müqayisə edək

$$\frac{1,89 \cdot 10^{10}}{393} = 4,8 \cdot 10^7 \text{ dəfə çox enerji ayrılır.}$$

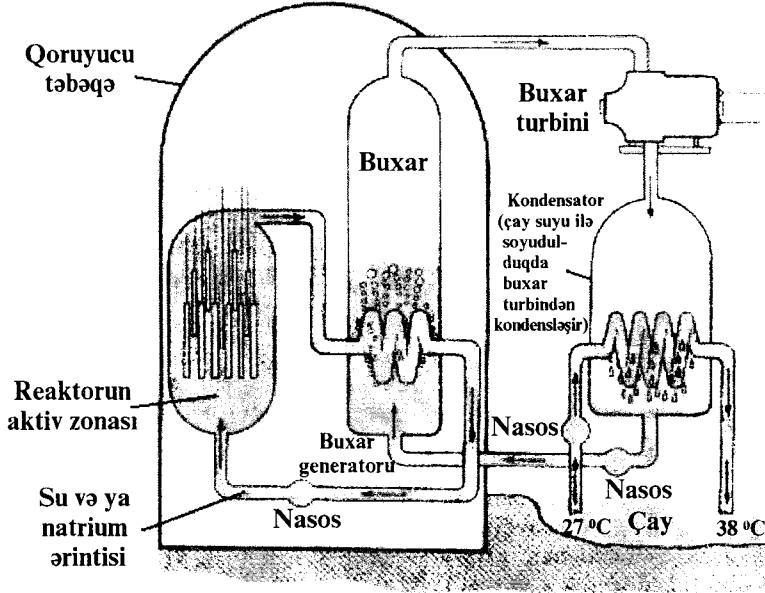
Yuxarıdakı nüvə reaksiyasında uran atomuna neytronla təsir etdikdə barium və kripton atomlarından əlavə üç neytron ayrılır. Bu neytronların hər biri yeni uran atomuna təsir edir:



Bu tənlik üç dəfə təkrar olunur, hər tənlikdən yenidən üç neytron alınır, bunların da hər biri yeni nüvə reaksiyasına səbəb olur. Bir sözlə, zəncirvari reaksiya baş verir. Bu reaksiyaların hamısından birlikdə ayrılan enerjini təsəvvür etmək çətindir. Lakin nüvə reaksiyalarında ayrılan enerjinin kilocoullarla ölçülən istilik effekti (entalpiyası) astronomik rəqəmlər olsa belə, hər atom reaktorunda ayrılan enerji dəqiq hesablanır. Müasir Atom Elektrik Stansiyalarının (AES) gücü 500 MVt-dan çoxdur. Bu enerji 80000 «Jiquli» avtomobilinin gücünə ekvivalentdir, yaxud 3000 ton kömürün yandırılmasından ayrılan enerjiyə bərabərdir. Əgər biz AES-i kömürlə təchiz etməli olsaydıq, hər üç saatdan bir 50 vaqon kömür sərf etməli olardıq. Bəs AES necə qurulmuşdur? Onun iş prinsipi artıq bizə aydındır. Yanacaq kimi ${}_{92}\text{U}^{235}$ izotopundan istifadə edilir. Həmin izotopu neytronla bombardman etdikdə ayrılan enerji elektrik enerjisinə çevrilir.

Müasir AES-lər çox böyük qurğudur, onların fasadının (üz tərəfinin) uzunluğu 400 metr, reaktor blokunun hündürlüyü 56 metrdir. Bunu hündür bir evlə müqayisə etmək olar. Atom reaktorunda istifadə edilən uran və digər materialları çox yüksək dərəcədə təmizləyirlər. Atom reaktorunda istifadə edilənə qədər uran ərimə temperaturu 1850°C -dən yüksək olan kövrək metal hesab edilirdi. Təmiz metal aldıqda məlum oldu ki, o yumşaq, plastik metaldır. Ərimə temperaturu 1132°C -dir. AES-lərdə reaktorun çoxu uran 235-dən istifadə prinsipi əsasında qurulmuşdur. U^{235} təbii uranın 0,7 %-ni təşkil edir. Qalan hissə (99,3 %) U^{238} -in payına düşür. Nüvə yanacağı istilikayırıcı elementlərdə yerləşdirilir. İstilikayırıcı elementlər diametri 8–10 mm, divarının qalınlığı 1,0 mm olan sirkonium əsaslı xəlitədən hazırlanan borulardır. Həmin boruların uzunluğu bir neçə metr olur. Onların sayı reaktorda 30–40 minə çatır. Bu borularda uran 4-oksidi UO_2 şəklində 200 ton uran yerləşdirilir. Reaktor işlədikdə istilikayırıcı elementlərdə (borularda) temperatur 2000°C , təzyiq onlarla atmosfer olur və bura güclü neytron axını daxil olur. İstilikayırıcı elementlərin xaricinə su axını verilir. Boruların xarici divarında temperatur $700\text{--}800^\circ\text{C}$ olur.

Su buxarı istiliyi istilikayıran elementlərdən aparır, turbinlərdə elektrik enerjisi hasil edilir. 2000 °C-də UO_2 urana və oksigenə parçalanır. Neytronlarla U^{235} -in reaksiyasından çox müxtəlif elementlər əmələ gəlir. Bunlara misal olaraq bromu, kriptonu, rubidiumu, stronsiumu, ittriumu, sirkoniumu, niobiumu, molibdeni, texnesiumu, ruteniumu, telluru, yodu, ksenonu, seziumu, bariumu, seriumu, neodiumu, stibiumu və s. göstərmək olar. Ümumiyyətlə, uranın parçalanma reaksiyasından 30-dan çox element əmələ gəlir. Bunlar istilikayıran elementlərin daxilində çox sərt şəraitdə müxtəlif çevrilmələrə məruz qalırlar.



Şəkil VI-1. Atom elektrostansiya qurğusunun sxemi. Reaktorun aktiv zonasında ayrılan istilik soyuducu maye ilə, məsələn, su və ya natrium ərintisi vasitəsilə buxar generatoruna keçirilir. Əmələ gəlmiş buxar generator turbininin təsirindən elektrik cərəyanını keçirir.

Reaktorun aktiv zonasını təşkil edən sirkonium xəlitəsindən hazırlanan borular, istilikayıran elementlər üç ildən tez bərkliyini itirməməlidir. Əgər boruların hermetikliyi, yaxud forması çox az da olsa dəyişilsə proses ləngiyər, yaxud sürətlənər, bir sözlə nəzarətdən çıxar. Sirkonium borularından yalnız reaktorun aktiv zonasında istifadə edilir. Ümumiyyətlə, bir AES-də 50000 tona yaxın polad borudan istifadə edilir. AES-də konstruksiya materiallarının təmizliyinə xüsusi diqqət yetirilir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, istilikayıran elementlər, aktiv zonanın əsasını təşkil edən borular sirkonium əsaslı xəlitədən hazırlanır. Sirkonium və hafnium xassəcə bir-birinə çox oxşar metallardır. Ona görə də hafnium sirkoniumdan əsr yarım sonra XX əsrdə kəşf olunmuşdur. Təbiətdə hafnium qarışığı olmayan sirkonium yoxdur. Reaktorda bu metalların funksiyaları müxtəlifdir. Hafnium neytronu udur, sirkonium isə neytronla qarşılıqlı təsirdə olmamalıdır. Əgər sirkoniumda 1,5 % hafnium olarsa, onun neytronu udma qabiliyyəti 20 dəfə artır. Buradan görünür ki, AES-də istifadə edilən sirkonium hafniumdan çox diqqətlə təmizlənməlidir. AES-də konstruksiya materialı kimi qrafitdən də geniş miqyasda istifadə edilir. Təbiətdə qrafit çoxdur. Lakin təbiətdə tapılan qrafit AES-də istifadə üçün yaramır. Ona görə ki, təbiətdə tapılan qrafitdə dövrü sistem cədvəlində karbonla yanaşı olan element, bor olur. Tərkibində çox az da olsa bor olan qrafit AES-də istifadə üçün yaramır. Deməli, elementin tək analoqu deyil, dövrü sistem cədvəlindəki qonşusu da onun AES-də tətbiqinin qarşısını alır.

Atom enerjisindən istifadə etdikdə ən başlıca problem təhlükəsizlik texnikası və ətraf mühitin çirklənməkdən mühafizəsidir. Nüvə reaktoru işləyərkən onda parçalanma məhsulları toplanır. Həmin məhsullar neytronu uduqlar, reaktorun məhsuldarlığını aşağı salırlar. Ona görə də dövrü olaraq reaktorun işini dayandırmaq, onu yeni yanacaq ehtiyatı ilə təmin etmək və parçalanma məhsullarını kənar etmək lazım gəlir. Əsas çətinlik reaktorun parçalanma məhsullarının saxlanmasıdır. Parçalanma məhsullarının radioaktivliyi çox yüksəkdir. Onların canlı aləm üçün təhlükəsiz hala düşməsi üçün 24000 ildən çox vaxt tələb olunur. Radioaktiv tullantıların təhlükəsiz hala salınması üçün hazırda intensiv tədqiqatlar aparılır.

Perspektivli üsullardan biri radioaktiv tullantıları şüşəyəbənzər keramik daş halına salmaq və sonra onları yerin ən dərin qatına basdırmaqdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, həmin tullantılar hələ uzun müddət radioaktiv olaraq qalacaqlar. Radioaktiv çevrilmə

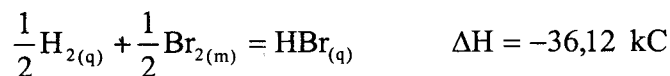
nəticəsində tullantının örtüyü əriyə bilər və parçalanma məhsulları qurunt suları vasitəsilə ətraf mühitə düşə bilər. Hələlik bu sualların cavabı yoxdur. Nüvə sınaqlarının və radioaktiv tullantıların insanlar və ümumiyyətlə, bütün canlı aləm üçün ən başlıca təhlükə olmasına baxmayaraq nüvə dövlətləri öz nüvə arsenallarını artırmaqda davam edirlər. 1981-ci ildə ABŞ-ın 30000 atom bombası olmuşdur. Atom enerjisinə aid olan materialın bir qədər geniş izah etməyimizin səbəbini akademik V.A. Leqasovun aşağıdakı sözləri ilə əsaslandırmaq olar. «İstənilən fiziki ideya maddələrdə, konstruksiyalarda və texnikada materiallaşdırıldıqdan sonra işləyir, həyata keçirilir. Yekunda bunların hamısı kimyaçıdan asılı olur. Məsələn, atom energetikasındakı proseslərin dördü üçü filizdən uranın alınmasından başlayaraq radioaktiv tullantıların saxlanması qədər hamısı kimyəvi proseslərdir».

E N E R J İ



Məsələlər

Məsələ 84.



Reaksiya tənliyini 1 mol hidrogen üçün yazın. Həmin tənliyə əsasən hansı nəticə çıxarmaq olar.

Məsələ 85. Etanın yanma entalpiyasını hesablayın. $\text{C}_2\text{H}_{6(\text{q})}$, $\text{CO}_{2(\text{q})}$ və $\text{H}_2\text{O}_{(\text{q})}$ -nin əmələgəlmə entalpiyası uyğun olaraq -85 kC/mol , -393 kC/mol , -242 kC/mol -dur.

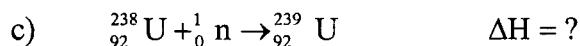
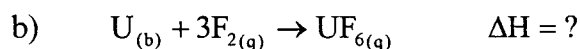
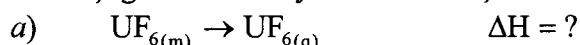
Məsələ 86. Alüminium tozu ilə Fe_2O_3 tozu arasında ekzotermik reaksiya gedir. Bu reaksiya «termit» reaksiya adlanır. Ayrılan istiliyin təsirindən alınan dəmir közərir və əriyir. Al_2O_3 və Fe_2O_3 -ün əmələgəlmə entalpiyası müvafiq olaraq -1675 kC/mol və -824 kC/mol -dur. «Termit» reaksiyasının entalpiyasını hesablayın.

Məsələ 87. 1 l suyu 0°C -dən 100°C -yə qədər qızdırmaq üçün neçə qram alüminium tozu yandırmaq lazımdır?

Məsələ 88. Suya nisbətən havanın istilik tutumu dəfələrlə kiçikdir. Ona görə də qurbağa qurudan suya keçdikdə orqanizmi çox tez soyumalıdır və özünü narahat hiss etməlidir. Lakin qurbağalar özlərini quruda olduğu kimi suda da rahat hiss edirlər. Sizcə bunun səbəbini necə izah etmək olar?

Məsələ 89. «Nüvə sintezi» reaksiyasında iki nüvə o dərəcədə yaxınlaşırlar ki, yeni böyük nüvə əmələ gəlir. Deyterium ${}^2_1\text{H}$ və tritium ${}^3_1\text{H}$ nüvələrindən helium ${}^4_2\text{He}$ nüvəsi əmələ gəlir. Bu reaksiyada $4,05 \cdot 10^7 \text{ kkal}$ enerji ayrılır. Reaksiya tənliyini yazın və bu qədər enerji almaq üçün nə qədər hidrogen yandırmaq tələb olduğunu hesablayın. 1 mol hidrogen yandıqda $57,8 \text{ kkal}$ enerji ayrılır.

Məsələ 90. Aşağıdakı reaksiya tənlikləri üçün entalpiyaların qiymətini seçin:



(-505 kkal ; $-1,7 \cdot 10^6 \text{ kkal}$; $+7,2 \text{ kkal}$)

Məsələ 91. Aşağıdakı reaksiya tənliklərinə əsasən qrafitin almaza çevrilməsinin entalpiyasını təyin edin:



Məsələ 92. Balinaların ekvatora yaxın olan sulara deyil, Arktika və Antraktidanın sularında yaşamalarının səbəbini nə ilə izah etmək olar?

Məsələ 93. Kalorimetrik ölçmə ilə müəyyən edilmişdir ki, 500 q uran yandıqda 10^{13} kalori istilik verir. 500 q kömürün yanma istiliyi $5 \cdot 10^6$ kaloridir. 1 kq uranla 1 kq kömürün yanma istiliyini müqayisə edin.

VII FƏSİL

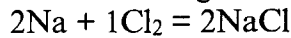
KİMYƏVİ REAKSİYALARIN QANUNAUYGUNLUQLARI

§ 1. Kimyəvi reaksiya nədir?

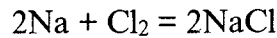
Biz kimyəvi çevrilmələr aləmində yaşayırıq. Həmin çevrilmələr yerin dərinliklərində, səthində, okeanlarda, atmosferdə və kosmosda baş verir. Zavodlarda, daxiliyanma mühərriklərində, sobalarda, tarlalarda, məişətdə və orqanizmdə gedən reaksiyaların çoxunu idarə edə bilirik. Həmin reaksiyaların qanunauyğunluqlarını araşdırmazdan əvvəl kimyəvi reaksiyanın mahiyyətini aydınlaşdıraq.

Kimyəvi reaksiya bir maddənin digərinə çevrilməsi prosesidir.

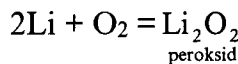
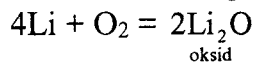
Dəmir rütubətli havada paslanır. Biskivit hazırladıqda turşumuş süddən və içməli sodadan istifadə edilir. Turşumuş süddə olan süd turşusunun soda ilə reaksiyasından ayrılan karbon qazı xəmirin məsaməliliyini artırır. Bunlar kimyəvi reaksiyalardır. İçərisində xlor olan bankaya qızdırılmış natrium metalını daxil etdikdə ağ toz alınır. Həmin toz natrium-xloridin çox kiçik kristallarından ibarətdir. Bu çevrilməni kimyəvi tənliklə ifadə etmək üçün reaksiyaya daxil olan maddələrin (reagentlərin) formulları bərabərliyin sol tərəfində, reaksiya məhsullarının formulları isə sağ tərəfində yazılır:



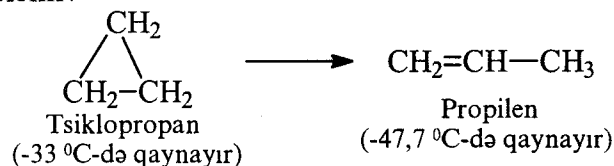
Reaksiya tənliyində maddənin formulu qarşısındakı ədəd stexiometrik əmsal adlanır. Əmsallarda 1 ədədi yazılmır, onun yazılmaması reaksiyada maddənin bir molunun iştirak etməsi kimi qəbul edilir:



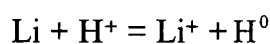
Mikromiqyasda iki natrium atomu ilə bir xlor molekulunun atomlara parçalanmasından alınan iki xlor atomu ilə birləşib iki şərti NaCl molekulu əmələ gətirdiyini göstərir. Ona görə də deyirik ki, əslində iki natrium ionu (kationu) Na^+ və iki xlorid ionu (anionu) Cl^- əmələ gəlir. Maddənin formulu mütərizədə yazılmasa da stexiometrik əmsal bütün formula aiddir. Məsələn, yuxarıdakı 2NaCl yazılışı $2a \cdot 2b = 2(ab)$ cəbri yazılışından fərqli olaraq $2(\text{NaCl})$ kimi qəbul edilir. Stexiometriya kimyanın reaksiyaya daxil olan maddələrin kütlə və həcm nisbətlerini öyrənən bölməsidir. Yunancadan tərcümə etdikdə «stexiometriya» tərkib hissəsi və ölçmək mənasını verir. Kimyəvi reaksiyaların bəzilərində əsas məhsullarla yanaşı az miqdarda əlavə məhsul əmələ gəlir. Belə ki, litium metalını oksigendə yandırdıqda litium-oksiddən əlavə az miqdarda litium-peroksid də əmələ gəlir:



Elmi-tədqiqatlarda və sadə maddələr aldıqda mümkün qədər əlavə reaksiyaları nəzərə almaq lazım gəlir. Kimyəvi reaksiyalara yuxarıda verdiyimiz tərif XVIII-XIX əsrlərdə doğru olardı. Hər bir elmin inkişafı onun anlayışlarının dərinləşməsinə və genişlənməsinə səbəb olur. Müasir təsəvvürlərə görə kimyəvi reaksiyalarda molekulların tərkibinə daxil olan atomların sayı və xarakteri dəyişir, molekulda atomların vəziyyətinin dəyişməsi yeni maddə alınması ilə nəticələnir:

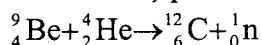


İkiqat rabitələri bərabərlik işarəsilə səhv salmamaq üçün üzvi kimyada bərabərlik əvəzinə ox işarəsi qoyulur. Kimyəvi reaksiyaların elə tipi məlumdur ki, onlarda atomların sayı deyil, yükləri dəyişir. Məsələn, qaz fazasında neytral litium atomu valent elektronunu müsbət yüklü hidrogen ionuna verərək onu reduksiya edir. Nəticədə litium ionu və neytral hidrogen atomu əmələ gəlir:



Atomların kimyəvi təbiəti dəyişməz qalmaqla hissəciklərin tərkibi, quruluşu, yaxud yükünün dəyişilməsilə gedən proseslərə kimyəvi reaksiyalar deyilir.

Bu tərif nüvə reaksiyalarını əhatə etmir. Nüvə reaksiyalarında atomların nüvəsi və buna müvafiq elektron quruluşu dəyişir. Nəticədə başqa element əmələ gəlir:



Nüvə reaksiyalarının qanunauyğunluqları atom fizikası kursunda nəzərdən keçirilir. Əlkimyəçilər (IV-XVI əsrlər) kimyəvi reaksiyaları maddələrdə hiss orqanları vasitəsilə duyula bilən dəyişikliklər (rəngin, iyin, dadın və s. dəyişməsi) kimi başa düşmüşlər. Kimyaçılar dəqiq fiziki üsullarla nəinki bir çox kimyəvi reaksiyaların mexanizmini öyrənmişlər, hətta təbiətdə olmayan müasir bəşəriyyət həyatını yüngülləşdirən və bəzi hallarda ağırlaşdıran yeni-yeni maddələr sintez etmişlər. Hazırda elmə 15 milyondan çox maddə məlumdur. Dünya kimyaçıları orta hesabla gündə 800 yeni maddə sintez edirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, bu alınan maddələrin tam sayını göstərmir. Elə maddələr var ki, onların alınması haqqında məlumat geniş mətbuatda bildirilmir, yaxud həmin maddənin alınması təfəsilatı ilə təsvir edilmir. Tarixdən məlumdur ki, barıt, kağız və farfor istehsalı Avropada qədim Çindən 6-11 əsr sonra mənimsənilmişdir. Bu işə elmin və sənayenin inkişafına öz ləngidici təsirini göstərmişdir. Sənayenin ləng inkişaf etməsinə, aparılan proseslərin mahiyyətinin dərk edilməməsinin də az təsiri olmamışdır. Azərbaycan kimyaçılarından akademiklər Y.Məmmədəliyev, M.Nağıyev, Ə.Quliyev, V.Əliyev və başqaları çox böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyəti olan maddələr almışlar.

§ 2. Kimyəvi reaksiyaların sürəti

Elə reaksiyalar var ki, onlar çox tez gedir, hətta onların başa çatması üçün saniyənin mində biri belə kifayət edir. Belə ki, təbii qazla hava qarışığı olan otağa yanan kibritlə daxil olduqda çox ani bir vaxtda partlayış baş verir.

Təcrübə. Sınaq şüşəsinə 2-3 ml natrium-hidroksid məhlulu tökün və onun üzərinə bir neçə damcı fenoltalein məhlulu əlavə edin. Sonra məhlulun moruğu rəngi yox oluncayadək çalxalamaqla damcı-damcı xlorid turşusu məhlulu əlavə edin. Neytrallaşma reaksiyasının tərifini yadınıza salın, apardığınız reaksiyanın tənliyini tərtib edin və onun təxminən hansı müddətə başa çatdığını təyin edin.

Göründüyü kimi, yanma reaksiyalarının çoxu və məhlullarda gedən reaksiyaların əksəriyyəti qısa vaxtda başa çatır. Kimyəvi reaksiyaların digər qrupu çox gec gedir. Dəmirin açıq havada paslanması, fotosintez, bitki və heyvan qalıqlarının çürüməsi, rezinin oksidləşməsi, dağ süxurlarının aşınması və s. reaksiyaların başa çatması üçün aylar, illər və hətta yüz illərlə vaxt tələb olunur. Əgər avtomobil 3 dəqiqədə 2 km yol gedərsə, onun orta sürəti 2 km/3 dəq yaxud 40 km/saat olur. Analogi olaraq kimyəvi reaksiyaların sürəti müəyyən zaman vahidində vahid həcmdə reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılıqlarının dəyişməsi ilə ölçülür. Əgər reaksiya aparılan qabın həcmi V, reaksiyaya daxil olan maddələrin molları sayı n olarsa, onların qatılıqlarını hesablamaq olar:

$$C = \frac{n}{V}; \text{ mol/} \ell.$$

Qazların qatılığı onların parsial təzyiqləri ilə düz mütənasibdir. Ona görə də qaz halında maddələr iştirak edən reaksiyaların sürəti müəyyən zaman vahidində parsial təzyiğin dəyişməsilə ölçülür. Parsial təzyiq dedikdə bir-biri ilə reaksiyaya girməyən qaz qarışığının ümumi təzyiqində bir qazın payına düşən təzyiq nəzərdə tutulur. V həcmli qabda aparılan reaksiyada $\Delta t = t_2 - t_1$ zamanında $\Delta n = n_2 - n_1$ mol maddə reaksiyaya daxil olarsa, reaksiyanın sürəti:

$$g = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} \quad (1)$$

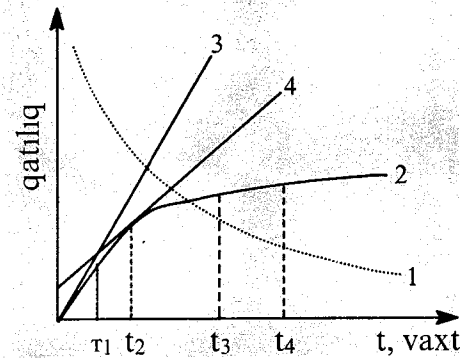
burada, $\frac{\Delta n}{V}$ -maddələrin molyar qatılıqlarının dəyişməsinə $\Delta c = c_2 - c_1$ bərabər olduğundan,

$$\vartheta = -\frac{\Delta c}{\Delta t} \quad (2) \text{ olar.}$$

Mənfi işarəsini ona görə yazırıq ki, reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılıqlarının azalmasına baxmayaraq reaksiyanın sürəti yalnız müsbət kəmiyyət ola bilər. Reaksiya məhsullarının qatılığı artdığından reaksiyanın sürətini bərabərliyin sağ tərəfi, yəni reaksiya məhsulları üçün yazdıqda müsbət olur:

$$\vartheta = +\frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Reaksiyaya daxil olan və alınan maddələrin qatılıqlarının dəyişməsinə qrafik olaraq göstərmək olar (şəkil VII-1):



Şəkil VII-1. Reaksiyaya daxil olan (1) və alınan maddələrin (2) qatılıqlarının dəyişməsi. 3,4 - $t=0$ və $t=t_2$ anında sürət.

$A=B+C$ reaksiyasının sürətini hesablamaq üçün A, B və C maddələrinin qatılığını bilmək lazımdır. Reaksiyanın gedişində ilkin maddələrin qatılığı azalır ($\Delta c_{\text{ilkin}} < 0$), reaksiya məhsullarının qatılığı isə artır ($\Delta c_{\text{məhsul}} > 0$).

$$\vartheta = -\frac{\Delta c_A}{\Delta t} = +\frac{\Delta c_B}{\Delta t} = +\frac{\Delta c_C}{\Delta t} \quad (3)$$

Fərz edək ki, $t_1=0$ anında həcmi 2ℓ olan qabda ($V=2 \ell$) 4 mol A maddəsi var ($c_1 = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol}/\ell$). On dəqiqədən sonra ($t_2=10$) qabda 3,2 mol ($c_2 = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ mol}/\ell$) A

maddəsi qalmışdır, 0,8 mol B və C maddələri ($\Delta c = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ mol}/\ell$) əmələ gəlmişdir. Deməli,

qatılığın dəyişməsi $c_2 - c_1 = 1,6 - 2 = -0,4 \text{ mol}/\ell$, reaksiyanın sürəti $\vartheta = -\frac{-0,4}{10} = 0,04 \text{ mol}/\ell \cdot \text{dəq}$

yaxud $2,4 \text{ mol}/\ell \cdot \text{san}$ olur.

§ 3. Kimyəvi reaksiyanın sürətinə təsir edən amillər

Kimyəvi reaksiyaların sürətinə bir sıra amillər təsir edir. Bunlardan ən vaciblərini nəzərdən keçirək. Sinkin həcmələri və qatılıqları eyni olan xlorid və asetat turşuları ilə reaksiyasından hidrogen eyni sürətlə ayrılır. Xlorid turşusu ilə reaksiya asetat turşusuna nisbətən sürətlə gedir. Bunun səbəbi xlorid turşusunun qüvvətli, asetat turşusunun isə zəif turşu olmasıdır. İkinci misal: Flüor qazı (F_2) suyu və hətta buzu yandırır. Xlorun su ilə reaksiyası isə çox zəif gedir, suda həll olan xlorun bir hissəsi reaksiyaya girməmiş qalır. Flüor və xlor xassəcə və quruluşca bir-birinə oxşar olan halogenlərə aiddir. Deməli, kimyəvi reaksiyaların sürəti reaksiyaya daxil olan maddələrin təbiətindən asılıdır. Yəni fəal maddələrin iştirak etdiyi reaksiya daha sürətlə gedir. Artıq Siz bilərsiniz ki, yanma reaksiyaları havada olduğuna nisbətən oksigenlə dolu olan qabda daha sürətlə gedir. 1967-ci ildə «Apollon» kosmik gəmisinin modulunda sınaq uçuşunda yangından üç amerikalı kosmonavt həlak olmuşdur. Buna səbəb kosmonavtlar olan kabinənin havasının 100 % oksigendən ibarət olması olmuşdur. Kiçik sürtünmədən, yaxud qığılcımdan yangın baş

vermişdir. Bundan sonra kosmik gəmilərin atmosferini 60 % oksigen və 40 % azotdan ibarət hava ilə doldurmuşlar. Belə fərz edək ki, A və B maddələri arasında gedən reaksiyada bir molekul A ilə bir molekul B qarşılıqlı təsirdə olur. Həmin reaksiyada A-nın qatılığını 1 M-dan 2 M-a qədər artırıqda reaksiyanın sürəti iki dəfə artır. Eyni ilə B-nin qatılığını artırıqda da reaksiyanın sürəti artır. Maddələrin qatılıqlarını artırıqca onların bir-birinə toqquşmalarının sayı və buna müvafiq reaksiyanın sürəti artır. $2A+B$ reaksiyası üzrə molekulların sayından asılı olaraq bir-birinə toqquşmalarının sayı aşağıda göstərilmişdir.

A molekulunun sayı	B molekulunun sayı	Mümkün olan toqquşmaların sayı
2	1	1
3	1	3
4	1	6
5	1	10
6	1	15
n	1	$\frac{n(n-1)}{2}$
n	2	$\frac{n(n-1)}{2} \cdot 2$

A və B maddələri arasında gedən reaksiyanın sürətini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\mathcal{V} = k[A] \cdot [B]$$

$[A] \cdot [B]$ hasilində [] işarəsi maddələrin tarazlıq qatılıqlarını göstərir və maddələrin tarazlıq qatılıqları reaksiyanın sürəti ilə düz mütənasibdir. Burada k sabiti mütənasiblik əmsalıdır, maddələrin qatılığı ilə reaksiyanın sürətinin ifadə edildiyi vahidlərin fərqi nəzərə almağa imkan verir. Bunu daha ətraflı aydınlaşdırmaq üçün belə bir müqayisə edək. Düzbucaqlının sahəsi onun uzunluğu ilə eninin hasilinə bərabərdir.

$$\text{Sahə} = k \cdot \text{uzunluq} \cdot \text{en}$$

Fərz edək ki, düzbucaqlının uzunluğu 3 sm, eni 2 sm-dir. Lakin onun sahəsini m^2 -lə hesablamaq tələb olunur. 1 sm^2 ilə 1 m^2 arasındakı nisbət mütənasiblik əmsalı ilə əlaqələndirilir.

$$\text{Sahə} = k \cdot 3 \text{ sm} \cdot 2 \text{ sm} = k \cdot 6 \text{ sm}^2$$

1 $m^2 = 10000 \text{ sm}^2$ olduğundan

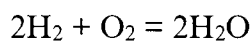
$$k = \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ sm}^2} \text{ yazmaq olar.}$$

$$\text{Sahə} = \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ sm}^2} \cdot 6 \text{ sm}^2 = 0,0006 \text{ m}^2$$

Reaksiyanın sürəti və reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılıqları məlum olduqda onun mütənasiblik əmsalını hesablamaq olur.

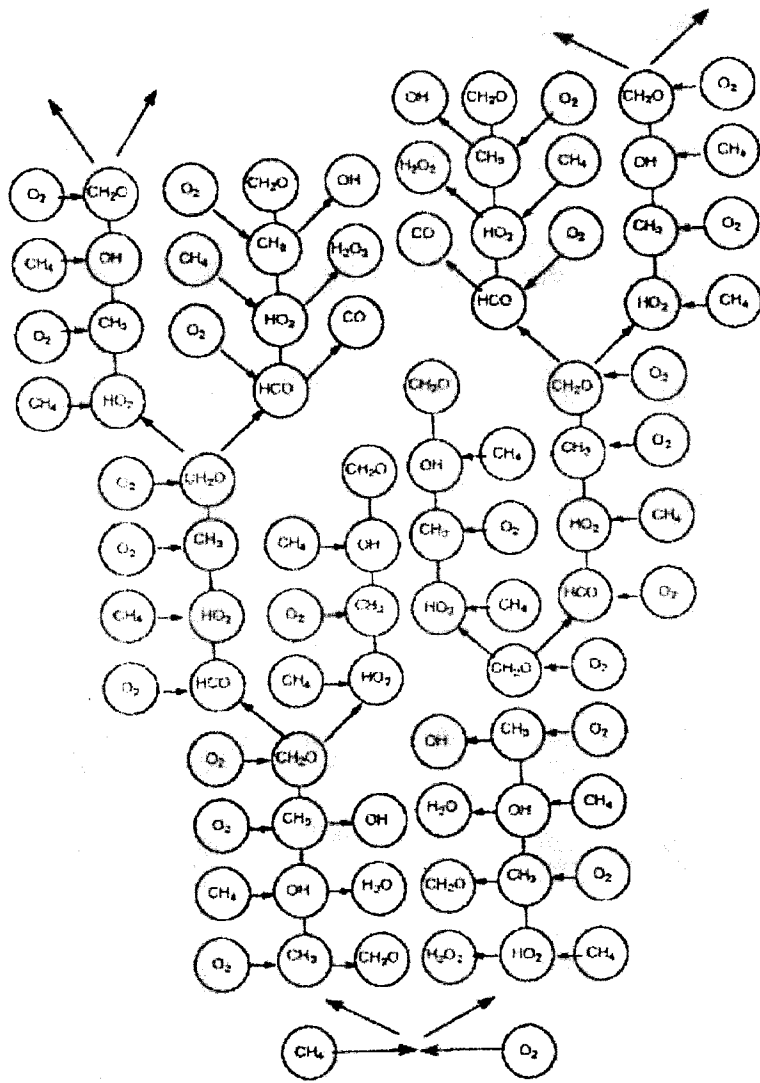
$2A + B = C$ reaksiyasının sürətini $\mathcal{V} = k[A]^2[B]$ şəklində yazmaq olar.

Kimyəvi reaksiyaların sürəti reaksiyaya daxil olan maddələrin (qaz və maye halda) molyar qatılıqlarının reaksiya tənliyindəki əmsalının qüvvəti hasilinə düz mütənasibdir. Bu tərif kütlələrin təsiri qanununu ifadə edir. Kütlələrin təsiri qanununu bütün reaksiyalara tətbiq etmək olmaz:



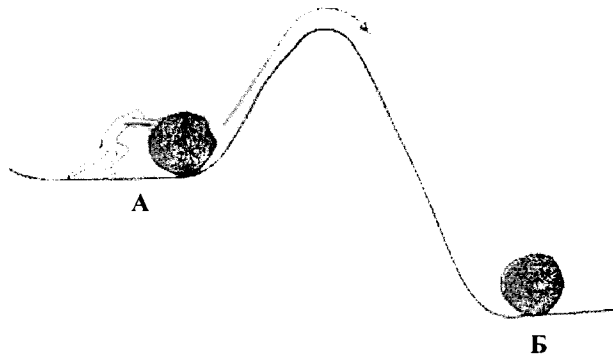
$$\mathcal{V} = k[H_2]^2[O_2]$$

yazılışı reaksiyanın həqiqi sürətini əks etdirmir, ona görə də səhvdir. Həmin reaksiya bir neçə mərhələdən ibarətdir və hər mərhələnin sürətini ayrıca ifadə etmək olur. Şəkil VII-2-də N.N.Semyonova görə metanın CH_4 formaldehidə CH_2O qədər oksidləşməsinin sxemi verilmişdir. Göründüyü kimi, bu reaksiya bir neçə mərhələdən ibarətdir. Bu reaksiyaların mexanizmləri ilə Siz ali məktəb kursunda ətraflı tanış olacaqsınız.



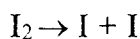
Şəkil VII-2. N.N.Semyonova görə metanın CH_4 formaldehidə CH_2O qədər oksidləşməsinin sxemi

Temperaturu artırıqda kimyəvi reaksiyaların çoxunun sürəti artır. İlin isti fəsilərində bitkilərin böyüməsi daha sürətlə gedir. Xörək isti suya nisbətən qaynar suda daha tez hazırlanır. Qida məhsullarını xarab edən reaksiyaları ləngitmək üçün soyuducularda saxlayırlar. Molekullar kimyəvi reaksiyaya daxil olmaları üçün müəyyən qədər enerji almalıdırlar. Onlar bu enerjinin hesabına bir kimyəvi vəziyyətdən digərinə keçirlər. Bunu şəkil VII-3-dəki vəziyyətlə müqayisə etmək olar.

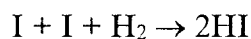


Şəkil VII-3. Daş parçasının diyərləndirilməsinin köməyi ilə reaksiyanın energetik profilinin təsviri. Daş parçasının daha aşağı enerjili B vəziyyətində sakit halda olması üçün onu potensial baryerdən keçirmək lazımdır.

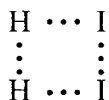
B vadisində olan daşın potensial enerjisi A vadisindəki daşın potensial enerjisindən azdır. B vadisinə gəlmək üçün daş parçası müəyyən enerji almalıdır. Əks halda, o, qarşıdakı aşırımı (baryeri) keçə bilməz. Bu mühakiməmizi konkret olaraq hidrogenlə yodun birləşməsi reaksiyasında davam etdirək. H_2 ilə I_2 birləşməsi üçün iki enerji baryeri aradan qaldırılmalıdır. Bunlardan birincisi I_2 molekulunun atomlara parçalanmasıdır. Bunun üçün 35,5 kkal/mol enerji sərf edilir, udulur:



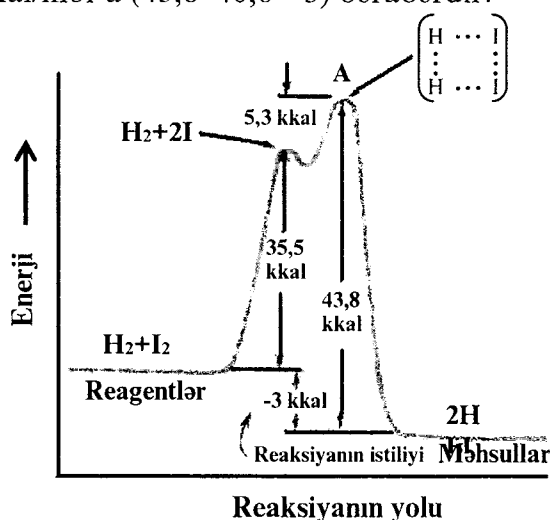
Bundan sonra ikinci baryer birinciye nisbətən yüksək olmayıb, asan fəth edilməlidir. Bu zaman sərbəst yod atomları hidrogen molekulu ilə birləşir, bunun üçün 5,3 kkal/mol enerji sərf olunur:



Deməli, fəth edilən enerji baryerləri (bundan sonra aktivləşmə enerjisi deyəcəyik) birlikdə 40,8 kkal/mol-a ($35,5+5,3=40,8$) bərabərdir. H_2 molekulu ilə yod atomları birləşdikdə ilkin və son məhsullara nisbətən aralıq kompleks (aktiv kompleks) əmələ gəlir. Həmin kompleksdə hidrogenlərlə yod arasındakı rabitə mahiyyətinə görə demək olar ki, hidrogenlər arasındakı rabitələrə bərabərdir.



Həmin kompleksin H_2 və I_2 molekullarına parçalanması və onlardan reaksiya məhsulunun (hidrogen-yodid molekullarının) əmələ gəlmə ehtimalı eynidir. Hidrogen-yodid əmələ gəldikdə 43,8 kkal/mol enerji ayrılır. Deməli, reaksiyanın istilik effekti 3 kkal/mol-a ($43,8-40,8=3$) bərabərdir.



Şəkil VII-4. $H_2 + I_2 = 2HI$ reaksiyası üçün potensial enerji diaqramı.

Deməli, temperaturu artırdıqca reaksiyanı başa çatdırmaq üçün tələb olunan enerjisi minimum enerjiden çox olan molekulların sayı artır. Temperaturu hər 10 °C artırdıqda reaksiyanın sürəti 2-4 dəfə artır (Vant-Hoff qaydası) $v_{(son)} = v_{(ilkin)} \cdot \gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}}$. Əgər temperaturu 10 °C artırdıqda reaksiyanın sürəti 2,6 dəfə artırsa, 150 °C-də reaksiyanın sürəti $2,6^{15} = 1677260$ dəfə artır. Kimyəvi reaksiyaların sürətinə təsir edən amillərdən biri də maddələrin xırdalanma dərəcəsidir. İri odun parçasına nisbətən ağac ovuntusu sürətlə yanır. Açıq havada qalan dəmir parçasının oksidləşməsi (paslanması) üçün aylar və hətta illərlə vaxt tələb olunduğu halda çox narın hala salınmış (xırda toz halında) dəmir tozu havada öz-özünə alışıb yanır.

Kimyəvi reaksiyaları qısa vaxtda başa çatdırmaq üçün çox vaxt maddələrin suda məhlullarından istifadə edilir. Bu zaman maddələr molekullara, yaxud ionlara (ion tip birləşmələrdə) qədər parçalanırlar. Ona görə də onlar arasında reaksiya bərk hala nisbətən dəfələrlə sürətlə gedir.

§ 4. Kataliz

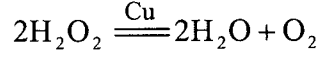
Kimyəvi reaksiyaların çoxu gec başa çatır. Reaksiyanı sürətləndirmək üçün əvvəlki paraqraflardakı qeyd etdiyimiz amillərdən əlavə katalizatorlardan da istifadə edilir.

Müasir təsəvvürlərə görə, *katalizator* aktiv kompleksin tərkibinə daxil olmaqla reaksiyanın sürətini dəyişən, lakin reaksiya məhsullarının tərkibinə daxil olmayan maddələrdir. Reaksiyanın sürətinin katalizator vasitəsilə artırılması prosesi *kataliz* adlanır.

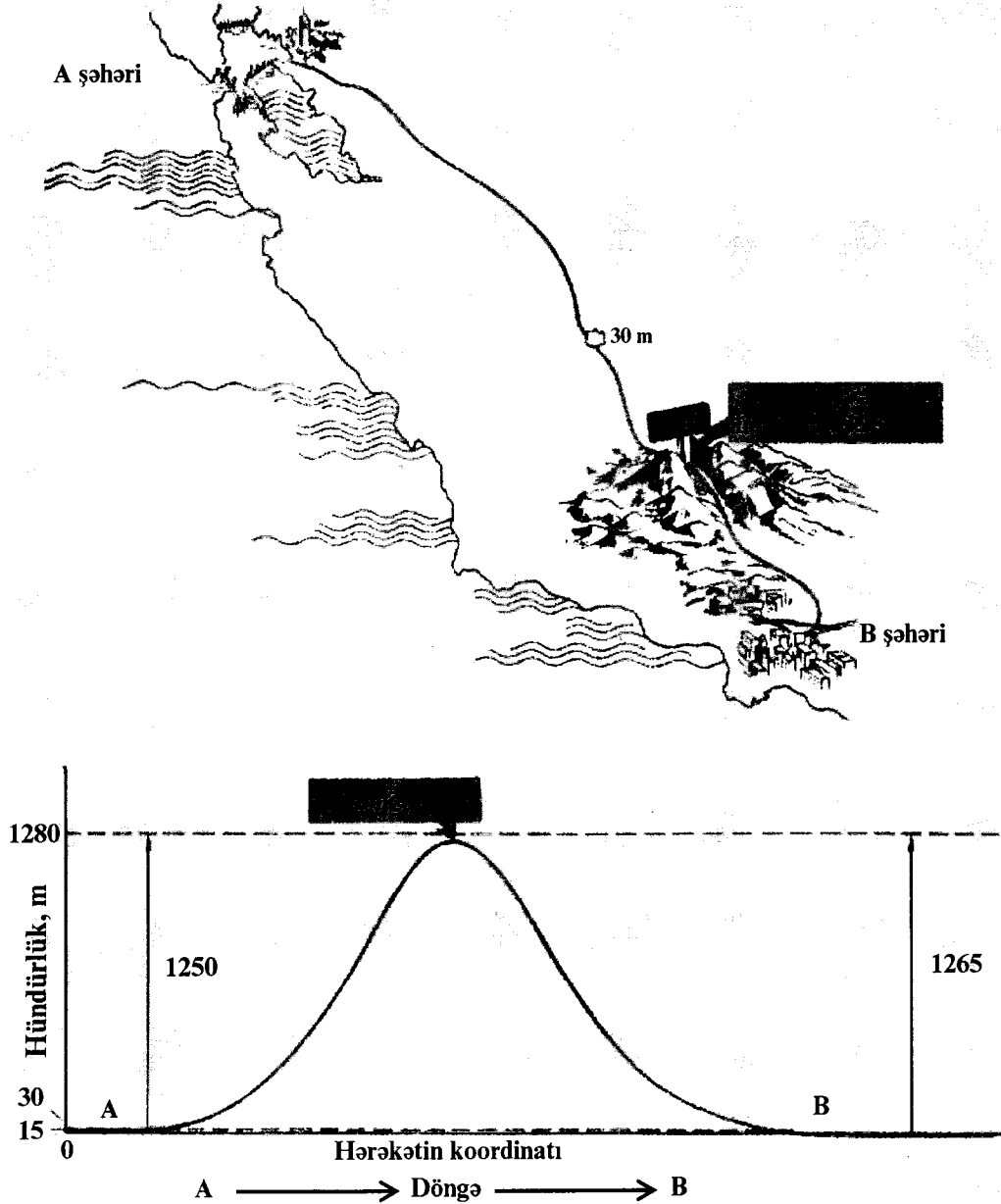
Hidrogen-peroksidi suda həll etdikdə işıqda tədricən suya və oksigenə parçalanır:



Bu reaksiyanı sürətləndirmək üçün azca mis, yaxud dəmir tozundan istifadə etmək kifayətdir. Reaksiyadan sonra həmin metalların tozunun kütləsi reaksiyadan əvvəlki kütləsinə bərabər olur. Katalizatorların iştirakı ilə gedən reaksiyalar *katalitik reaksiyalar* adlanır. Çox vaxt katalizatorun kimyəvi formulu reaksiya tənliyində bərabərliyin üstündə yazılır:

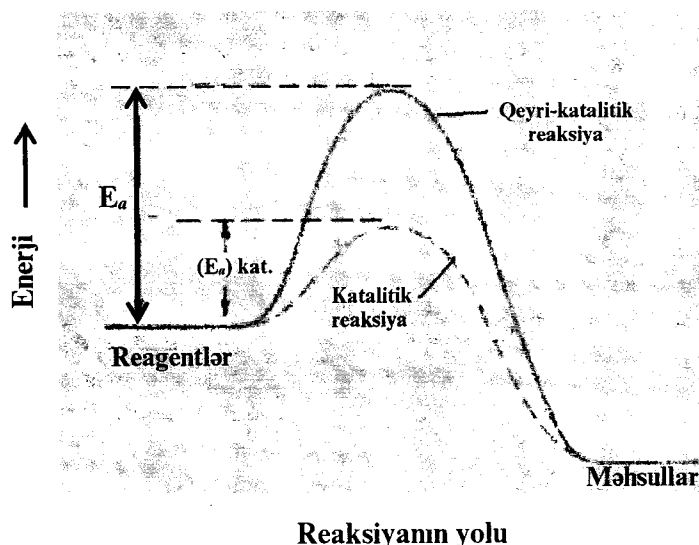


Katalizatorun təsir mexanizmini təsəvvür etmək üçün şəkil VII-5-ə diqqət yetirək.



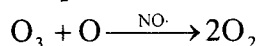
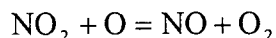
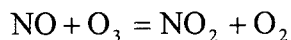
Şəkil VII-5. A və B şəhərləri arasında döngənin sxemi.

A şəhərindən B şəhərinə getmək üçün iki yol var. Bunlardan biri dağlardan keçir. Avtomobillə bu yolu getmək çətindir. Bu yol çətin olduğundan dəniz kənarı ilə ikinci yol çəkilmişdir. Birinci yola nisbətən bu yol bir qədər uzundur. Lakin o çətin aşırımlardan keçmir. Deməli, insanlar ikinci yolla getməyi üstün tutacaqlar. Yəqin Siz hiss etdiniz ki, katalitik reaksiyalar ikinci yola, katalizator iştirak etməyən reaksiyalar isə birinci yola bənzəyir. Katalizator reaksiyanın aktivləşmə enerjisini azaldır. Bunu qrafiki olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Şəkil VII-6. Katalitik və qeyri-katalitik reaksiyaların energetik profili. Verilmiş misalda katalizatorun təsiri reaksiyanın aktivləşmə enerjisinin azalmasına səbəb olur. Diqqət yetirmək lazımdır ki, katalizator reagentlərin və məhsulların enerjisini dəyişmir.

Qrafikdən aydın olur ki, katalizator reaksiyaya daxil olan və reaksiya məhsullarının enerjisini dəyişdirmir. Onun başqa, nisbətən asan yolla getməsinə təmin edir. Eyni zamanda, onun əks istiqamətdə getməsinə də asanlaşdırır. Misin iştirakı ilə hidrogen-peroksidin parçalanması heterogen katalizə aiddir. Heterogen katalizdə reaksiyaya daxil olan maddələrlə katalizator müxtəlif fazalarda olur. Reaksiya maddələri bir-birindən ayıran fazaların səthində gedir. Homogen katalizdə katalizator reaksiyaya daxil olan maddələrlə homogen (bircinsli) faza – qaz qarışığı, yaxud məhlul əmələ gətirir. Avtomobillərin əmələ gətirdiyi azot oksidləri vasitəsilə atmosferin ozon qatının dağılması homogen katalizə misaldır:



Ozon qatı yeri canlılara öldürücü təsir göstərən ultrabənövşəyi şüaların təsirindən qoruyur. İnsanın, bitkilərin və heyvanların orqanizmlərində gedən reaksiyaların çoxu katalitik reaksiyalardır. Həmin reaksiyalarda iştirak edən katalizatorlara *fermentlər*, yaxud *biokatalizatorlar* deyilir. Orqanizmdə həmin katalizatorların istər çatışmaması, istərsə də normadan artıq miqdarı bir sıra təhlükəli xəstəliklərə səbəb olur. Kimya sənayesində istehsal olunan məhsulların böyük əksəriyyətinin əsasını katalitik reaksiyalar təşkil edir. Ona görə də kimyaçıların böyük bir qrupu yeni katalizatorların alınması və onların tətbiqi sahəsində çalışırlar. Katalizator olaraq metallardan, metal oksidlərindən, qeyri-metallardan, üzvi maddələrdən və s. geniş istifadə edilir.

Nəticə. Katalizatorlar vasitəsilə reaksiyanı aşağı temperaturalarda aparmaq olar. Katalizator tətbiq etmədikdə reaksiya daha yüksək temperaturda gedir. Bu işə əlavə enerji itkisinə səbəb olur. Katalizator reaksiyaya daxil olan maddələrin molekullarını bir-birinə yaxınlaşdırır və onları reaksiyanın getməsi üçün əlverişli şəraitdə saxlayır.

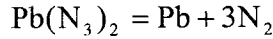
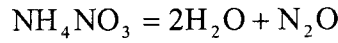
§ 5. Kimyəvi tarazlıq

Kimyəvi reaksiyaların mahiyyəti reaksiyaya daxil olan ilkin maddələrin qarşılıqlı təsirindən reaksiya məhsullarının əmələ gəlməsidir.

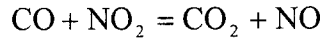
İlkin maddələr → Reaksiya məhsulları

Lakin bu həmişə belə olmur. Elə reaksiyalar var ki, onlarda reaksiya məhsullarının ilkin maddələrə çevrilməsi də baş verir, başqa sözlə desək, reaksiya dönən olur. Dönənliyinə görə kimyəvi reaksiyalar iki yerə bölünür: dönən və dönməyən reaksiyalar. Dönməyən reaksiyalar yalnız bir istiqamətdə gedir. Dönən reaksiyalar isə eyni zamanda, iki istiqamətdə gedir. Yəni reaksiya məhsullarının qarşılıqlı təsirindən yenidən ilkin maddələr alınır. Dönməyən reaksiyalara misal olaraq ammonium-nitrat və qurğuşun-azidin

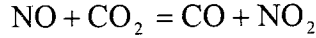
parçalanmasını göstərmək olar:



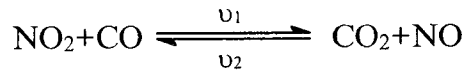
Bu reaksiyaların məhsullarından ilkin maddələrin alınması cəhdi müsbət nəticə vermir. Lakin nəzəri cəhətdən bütün reaksiyaları dönən hesab etmək olar. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, praktikada bəzi reaksiyalar yalnız bir istiqamətdə gedir. Bu zaman reaksiya məhsullarından biri reaksiya mühitindən çıxır. Karbon-monooksidlə azot-dioksidin qarşılıqlı təsiri dönən reaksiyalardandır:



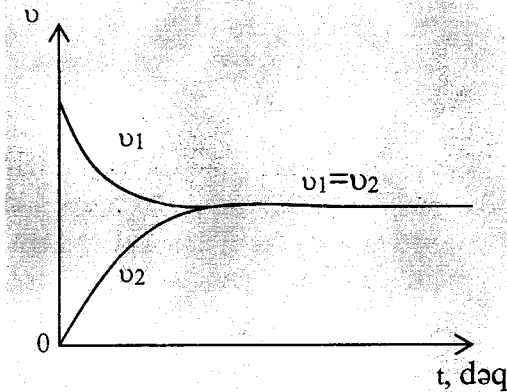
Azot 4-oksidi (NO_2) qonur rənglidir, digər qazlar CO , CO_2 və NO isə rəngsizdir. CO və NO_2 -ni qarışdırdıqda reaksiya getməyə başlayır, NO_2 -nin qonur rəngi solğunlaşır, lakin tamamilə yox olmur. Reaksiya məhsullarının CO_2 və NO -nun miqdarı get-gedə artır. Müəyyən vaxtdan sonra azot 4-oksidi rənginin solğunlaşması dayanır. Yəni reaksiyanın gedişində dəyişiklik müşahidə olunmur. Bunun səbəbi reaksiya məhsullarının CO_2 və NO -nun qarşılıqlı təsirindən qonur rəngli NO_2 və rəngsiz CO -nun əmələ gəlməsidir:



Yəni sərf olunduğu qədər yenidən NO_2 əmələ gəlməsidir. Deməli, tarazlıq yaranmışdır. Ona görə də bərabərliyi əks istiqamətli iki ox işarəsi ilə əvəz etməklə iki tənlik əvəzinə birini yazmaq əlverişlidir:



Əvvəlcə düzünə gedən reaksiyanın sürəti yüksək olur. Sonra onun sürəti azalır. Reaksiya məhsullarının miqdarı artdıqca onlar bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olurlar və müvafiq sürətdə əksinə gedən reaksiyanın sürəti artır. Nəhayət düzünə (v_1) və əksinə (v_2) gedən reaksiyalar eyni zamanda gedir və onların sürəti bir-birinə bərabər olur. Başqa sözlə desək, kimyəvi tarazlıq yaranır:

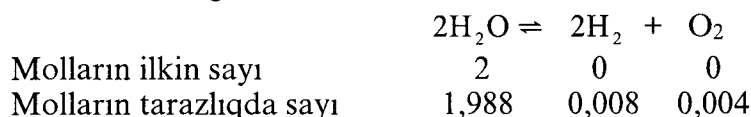


Şəkil VII-7. Kimyəvi tarazlığın qrafik təsviri.

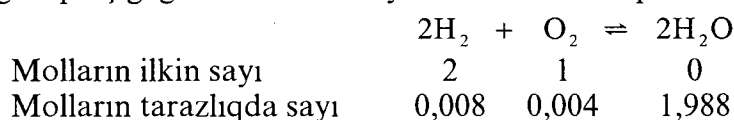
Reaksiyanın bu vəziyyəti *tarazlıq halı* adlanır.

Sükunətdə olan tarazlıqdan fərqli olaraq kimyəvi tarazlıq *dinamik tarazlıqdır*. Tərəzinin gözlərinə eyni çəki daşları qoyduqda sükunətdə olan tarazlıq yaranır. Dinamik tarazlığı daha aydın təsəvvür etmək üçün spirtin suda məhluluna bir qədər yod kristalları əlavə edək. Əvvəlcə rəngsiz olan məhlulun aşağı hissəsi tezliklə qırmızı-qonur rəngə boyanır. Onu şüşə çubuqla qarışdırdıqda rəng məhlulun bütün həcmi əhatə edir, yod kristallarının həcmi kiçilir. Qarışdırmanı dayandırdıqdan bir qədər sonra məhlulun rəngi stabilləşir və yod kristallarının kiçilməsi dayanır. Bizə elə gəlir ki, daha heç nə baş vermir. Əslində bir-birinin əksi olan iki proses fasiləsiz davam edir. Yod molekulları kristaldan sabit sürətlə məhlulə keçir. Məhluldakı yod molekulları yodun kristallarının səthinə toxunduqda orada qalır. Deməli, məhlulə keçən yod molekullarının sayı məhluldan kristalla keçən molekulların sayına bərabər olur və bu proses fasiləsiz olaraq davam edir. Kimyəvi reaksiyalarda da belə olur, tarazlıq yarandıqda ilkin maddələrin reaksiyaya girməmiş hissəsi və alınan maddələrin miqdarı şərait dəyişilmədikcə sabit qalır. Eyni şəraitdə hər bir kimyəvi prosesin özünəməxsus tarazlıq halı olur. 2000 °C 1 atm. təzyiqdə qapalı qabda su buxarlarının 0,6 %-i

hidrogenə və oksigenə parçalanır. Deməli, həmin şəraitdə 2 mol suyun 0,012 molu parçalanır, 1,988 molu parçalanmamış vəziyyətdə qalır. Uyğun olaraq 0,012 mol H₂ və 0,006 mol O₂ əmələ gəlir.



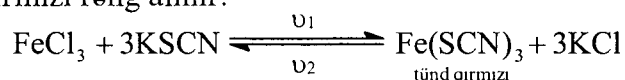
Həmin şəraitdə (2000 °C, 1 atm.) qabda su buxarı əvəzinə 2 mol hidrogen və 1 mol oksigen qarışığı götürüldükdə də yuxarıdakı tarazlıq halı alınır:



Nəticə. Eyni şəraitdə kimyəvi tarazlığın yaranması ilkin maddələrin yaxud reaksiya məhsullarının götürülməsindən asılı deyil.

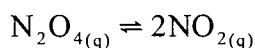
§ 6. Kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsi

Kimyəvi tarazlığın yarandığı şərait dəyişmədikdə sabit qalır. Reaksiyada iştirak edən maddələrin birinin qatılığı dəyişdikdə digər maddələrin də qatılığı dəyişir və tarazlıq yenidən bərpa olunur. Biz reaksiyada iştirak edən maddələrin qatılığını və tarazlığın yarandığı temperaturu dəyişməklə onu idarə edə bilərik, yəni onu istənilən tərəfə yönəldə bilərik. Kimyəvi stəkana bərabər həcmdə duru dəmir 3-xlorid və kalium-rodanid KSCN məhlulları tökdükdə qırmızı rəng alınır:

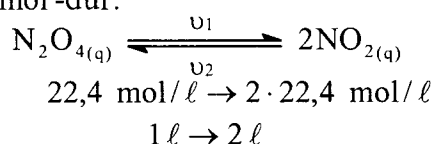


Həmin məhlulu üç bərabər yerə bölürük. Birini müqayisə üçün saxlayırıq. İkinciye kalium-rodanid məhlulu əlavə etdikdə məhlulun rəngi daha da tündləşir. Reaksiyaya daxil olan maddələrdən birinin (KSCN) qatılığı artdığına görə tarazlıq həmin maddənin sərf olunması istiqamətinə, yəni ona edilən təsiri aradan qaldırmağa doğru yönəlir. Üçüncü məhlula kalium-xlorid məhlulu əlavə etdikdə məhlulun rəngi tədricən solğunlaşır. Bunun səbəbi məhlulu qırmızı rəngə boyayan dəmir 3-rodanidin kalium-xloridlə reaksiyasının sürətinin (ν_2) artması nəticəsində tarazlığın sola doğru yönəlməsidir.

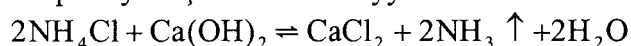
Qaz halında maddələrin iştirak etdiyi reaksiyalarda təzyiqi artırıb yaxud azaltmaqla tarazlığın istiqamətini dəyişmək olur:



Bu reaksiyada bir mol N₂O₄-dən iki mol NO₂ alınır. Bildiyimiz kimi, normal şəraitdə qazların molyar həcmi 22,4 l/mol -dur.

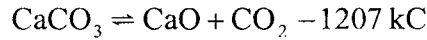


Göründüyü kimi, düzünə gedən reaksiyada həcm artır, əksinə gedən reaksiyada isə azalır. Tarazlıq yarandıqdan sonra ($\nu_1 = \nu_2$) təzyiqi artırıqda əksinə gedən reaksiyanın sürəti artır və həcm azalır (avtomobilin yükü çox olduqda şinin yastılanmasını yadınıza salın). Təzyiqi artırıqda maddələrin qatılığı artır. Ona görə də tarazlıq ona edilən təsirin aradan qaldırılması istiqamətinə doğru yönəlir. Ammonium-xloridlə NH₄Cl kalsium-hidroksid Ca(OH)₂ qarışığını qapalı qaba yerləşdirdikdə müəyyən vaxtdan sonra tarazlıq yaranır:

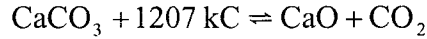


Bu reaksiyada yalnız ammoniyak NH₃ qaz halındadır. Qabda təzyiqli müəyyən həddə çatdıqda ammoniyakın əmələ gəlməsi dayanır. Qabın ağzını açdıqda tarazlıq demək olar ki, tamamilə sağa doğru yönəlir. «Buruna çəkilən» duzlar qarışığının hazırlanması bu prosesə əsaslanmışdır.

Temperaturun kimyəvi tarazlığa təsirini kalsium-karbonatın parçalanması misalında aydınlaşdırmaq:



Reaksiya tənliyindən görüldüyü kimi, CaCO_3 -ün bir molunun (100 q/mol) parçalanması üçün 1207 kC enerji sərf olunur. Ona görə həmin tənliyi başqa formada yazmaq olar:

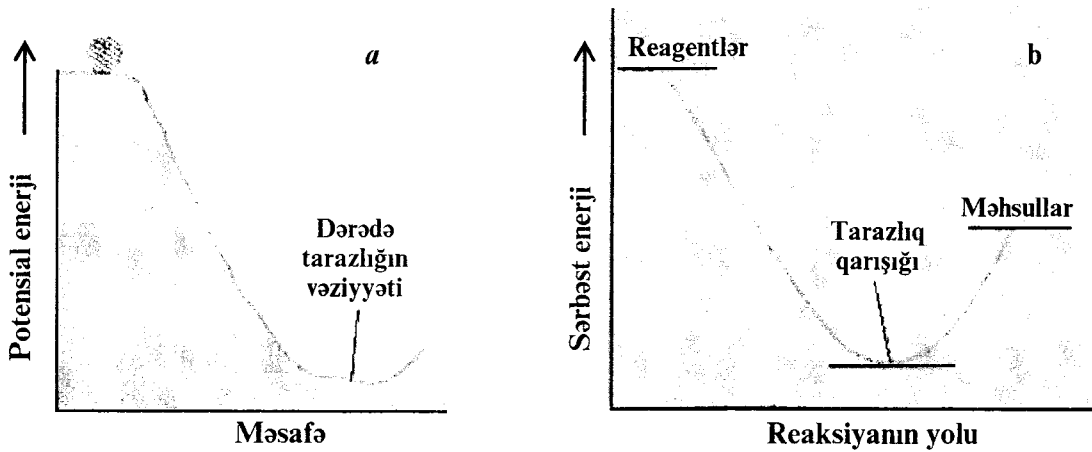


Deməli, bu reaksiyanın başa çatması üçün, yəni tarazlığın sağa doğru yönəlməsi üçün yalnız CaCO_3 kifayət deyil, onun bir moluna 1207 kC enerji sərf olunmalıdır. Biz burada istiliyi düzünə gedən reaksiyada iştirak edən ikinci maddə kimi təsəvvür edə bilərik. Temperaturu artırıdınca tarazlıq onun aradan qaldırılması istiqamətinə yönəlir. Başqa sözlə, CaCO_3 -ün parçalanması reaksiyasının sürəti, onun əmələ gəlməsi reaksiyasının sürətindən üstün olur. Ona görə də əhəng yandıran kürələrdə əhəngdəşimi (CaCO_3) bir neçə gün qızdırmaqla əhəng (CaO) almaq olur.

Nəticə. Tarazlıq vəziyyətində olan sistemi qızdırdıqda tarazlıq endotermik (istiliyin udulması ilə gedən) reaksiya istiqamətinə, soyutduqda isə ekzotermik (istiliyin ayrılması) reaksiya istiqamətinə doğru yönəlir.

§ 7. Kimyəvi reaksiyaların hərəkətverici qüvvələri

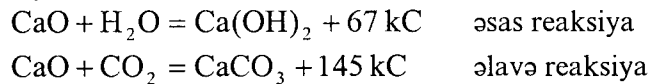
Kimyəvi reaksiyalar nə üçün baş verir? Bu sual kimya ilə maraqlanan hər kəsi düşündürür. Həmin suala cavab verməzdən əvvəl şəkil VII-8-ə diqqət yetirək. Kürəcik *a* vəziyyətində qala bilməz. O diyirlənərək *b* vəziyyətinə keçir. Bu vəziyyət onun üçün daha əlverişlidir. Bunun səbəbi odur ki, mexaniki sistemlərin potensial enerjisi minimum (ən az) olduqda davamlı olurlar. Kürəciyin *a* vəziyyətindəki potensial (gizli) enerjisi *b* vəziyyətindəkinə nisbətən çoxdur. Həmin potensial enerji əvvəlcə kürəciyin hərəkətinə səbəb olan kinetik enerjiyə, sonra isə molekulların istilik enerjisinə çevrilir.



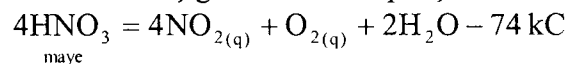
Şəkil VII-8. Təpədən diyirlənən daşın potensial enerjisinin dəyişməsi (a) və öz-özünə baş verən reaksiyanın (b) sərbəst enerjisinin dəyişməsi arasında oxşarlıq. «a» halında tarazlığın vəziyyəti sistemin malik olduğu minimum potensial enerji ilə təyin olunur.

Kimyəvi reaksiyalarla bu hadisə arasında oxşarlıq var. Kimyəvi reaksiyalar onda iştirak edən maddələrin daxili enerjilərinin azalması istiqamətində öz-özünə gedir. Bu zaman enerji ayrılır və həmin reaksiyalar ekzotermik reaksiyalar adlanır. Həmin enerji haradan götürülür? Hər bir maddənin müəyyən daxili enerjisi var. Daxili enerjiyə molekulların bir-birinə nisbətən hərəkət enerjisi, molekulda elektronların və atomların enerjisi və s. daxildir. Maddələrin daxili enerji ehtiyatı onların təbiətindən, kütləsindən və mövcud olduğu şəraitdən asılıdır. Reaksiyaya daxil olan maddələrin daxili enerjilərinin cəmi reaksiya məhsullarının daxili enerjilərinin cəmindən çox olduqda enerji ayrılır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, ekzotermik reaksiya baş verir. Əksinə, reaksiyaya daxil olan (ilkin) maddələrin daxili enerjilərinin cəmi reaksiya məhsullarının daxili enerjilərinin cəmindən az olduqda reaksiyanın başa çatması üçün əlavə enerji tələb olunur (udulur) və həmin reaksiya

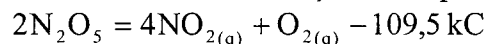
endotermik reaksiya adlanır. Aşağı temperaturlarda belə ekzotermik reaksiyalar öz-özünə gedir. Məsələn, sönməmiş əhəng CaO havada uzun müddət qaldıqda keyfiyyətini itirir:



Kimyəvi reaksiyaların hamısının səbəbini yalnız minimum daxili enerjiyə can atmaqla izah etmək olmaz. Belə ki, bir sıra endotermik (istiliyin udulması ilə gedən) proseslər adi şəraitdə gedir. Halbuki onların baş verməsi üçün enerji udulmalı idi. Həmin proseslərə duzların suda həllolmalarını, maddələrin buxarlanmasını, havanın tərkibinə daxil olan molekulların yerin ətrafında atmosfer əmələ gətirməsini və s. göstərmək olar. Duzlar suda həll olduqda kristal qəfəsin dağılması üçün enerji sərf olunur, havanı təşkil edən molekullar yerin səthinə düşsəydilər potensial enerjiləri ən az olardı. Kimyəvi reaksiyada çoxlu miqdarda hissəciklər iştirak edir. Həmin hissəciklərin çoxluğunu təsəvvür etmək üçün Avogadro sabitini ($N_A=6,02 \cdot 10^{23}$) yadımıza salaq. Enerji udulmasına baxmayaraq hissəciklərin sayı çox olduqca onların nizamsızlığa meyli daha da artır. Deməli, kimyəvi reaksiyaların ikinci səbəbi reaksiyada iştirak edən hissəciklərin nizamsızlığa can atmasıdır. Nitrat turşusu otaq temperaturunda işığın təsirindən parçalanır:



Alınmış NO_2 turşunu solğun sarı rəngə boyayır. Reaksiya tənliyindən görüldüyü kimi, qaz halında beş mol maddə alınır. Həcm birdən-birə xeyli artır. Müvafiq surətdə nizamsızlıq da artır. Reaksiya endotermikdir. Buna baxmayaraq ikinci amil onun getməsinə təmin edir. Daha bir misal. Azot 5-oksidi davamsız maddədir. Çox vaxt partlayışla parçalanır:



Çoxlu miqdarda istilik udulmasına baxmayaraq molekulların nizamsızlığı təmin edildiyinə görə reaksiya qısa vaxtda başa çatır. Yəni ikinci amil birincinin qarşısını alır.

Nəticə. Kimyəvi reaksiyaların getməsinin birinci amili maddələrin daxili enerjilərinin azalması, ikinci amili hissəciklərin nizamsızlığa (entropiya) – daha çox ehtimal olunan hala meyl etməsidir. Bunlardan biri üstün olduqda reaksiya həmin istiqamətdə gedir.

§ 8. Mümkün olan və olmayan reaksiyalar

Əgər sistemdə enerji dəyişikliyi baş vermirsə, istilik ayrılırsa, prosesin istiqaməti entropiyanın artması ilə müəyyən edilir. Sistemdə entropiya sabit qalırsa prosesin istiqaməti enerjinin azalması ilə təyin edilir.

Sabit həcmdə maddənin daxili enerjisi (U) və sabit təzyiqdə entalpiyası (H) ayırılır.

$\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$ reaksiyasında 1 mol qaz halında olan fosgendən 2 mol maddə karbon-monooksid və xlor əmələ gəlir. Həcm iki dəfə artır və genişlənir, qaz iş görür. Burada alınan qazların daxili enerjisinə nisbətən entropiyanın qiyməti yüksəkdir. Daxili enerji maddənin 1 molunda olan enerjidir. O, maddədəki bütün hərəkət enerjilərinin cəminə bərabərdir. Bura molekulların, atomların, elektronların və nüvə hissəciklərinin hərəkəti daxildir. Çox vaxt kimyəvi təcrübələr sabit təzyiq və temperaturda aparılır. Bu halda sabit təzyiqdə gedən reaksiyada eyni zamanda entalpiya və entropiya dəyişir, proses isə reaksiyanın hərəkətverici qüvvəsinin azalması istiqamətinə doğru gedir. Əgər təzyiq sabit qalırsa, reaksiyanın ümumi hərəkətverici qüvvəsi *sərbəst enerji* yaxud, *izobar potensial* (G) adlanır. Standart halda onu ΔG^0 ilə işarə edirlər. Beynəlxalq müqaviləyə əsasən 1961-ci ildən izobar potensial «Gibbs sərbəst enerjisi» adlanır. Onun vahidi kC/mol-dur. Bu kəmiyyət maddənin eyni zamanda entalpiyasını (enerjisini) və entropiyasını (nizamsızlıq dərəcəsini) ifadə edir. Həmin kəmiyyətləri birləşdirən, termodinamikanın əsas tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$G=H-TS \quad \text{yaxud} \quad \Delta G=\Delta H-T\Delta S$$

Sabit temperaturda reaksiya o vaxt gedə bilər ki, Gibbs enerjisi azalsın yəni ilkin maddələrə nisbətən reaksiya məhsullarının Gibbs enerjisi az olsun. Standart halda (P=1 atm.; T=298 K) bəsit maddələrin Gibbs enerjisi sifirə bərabər qəbul edilmişdir. Reaksiyanın

Gibbs enerjisinin dəyişməsi ΔG reaksiya məhsullarının Gibbs enerjilərinin cəmindən ilkin maddələrin Gibbs enerjilərinin cəmini çıxmaqla tapılır. $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$ reaksiyasının standart Gibbs enerjisinin dəyişməsini və reaksiyanın istiqamətini təyin edək. Bunun üçün cədvəl VII-1-dən tapırıq ki, CO üçün $\Delta G^\circ = -137,3 \text{ kC/mol}$, CO_2 üçün $\Delta G^\circ = -394,4 \text{ kC/mol}$ və O_2 üçün $\Delta G^\circ = 0$. Buradan $\Delta G^\circ = -394,4 - (-137,3) = -257,1 \text{ kC/mol}$ reaksiyanın ΔG° -si mənfi kəmiyyətdir. Deməli, $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$ reaksiyası gedə bilər. Həmin reaksiya standart şəraitdə öz-özünə gedir.

Cədvəl VII-1. Bəzi maddələrin Gibbs enerjisinin standart qiyməti

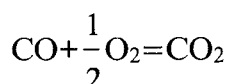
Maddə	$\Delta G^\circ, \text{ kC/mol}$	Maddə	$\Delta G^\circ, \text{ kC/mol}$
$\text{AgCl}_{(b)}$	-109,7	$\text{CaO}_{(b)}$	-604,2
$\text{Ag}_2\text{O}_{(b)}$	-10,8	$\text{H}_2\text{O}_{(q)}$	-228,6
$\text{BaO}_{(b)}$	-528,0	$\text{H}_2\text{O}_{(m)}$	-237,6
$\text{CO}_{(q)}$	-137,3	$\text{CH}_2\text{O}_{(q)}$	-181,1
$\text{CO}_2_{(q)}$	-394,3		

CO_2 -dən və sudan formaldehidin əmələ gəlməsi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$ mümkün deyil, reaksiya öz-özünə getmir. Ona görə ki, ΔG° -nin qiyməti müsbətdir:

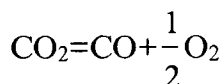
$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{CH}_2\text{O}} - (\Delta G^\circ_{\text{CO}_2} + \Delta G^\circ_{\text{H}_2\text{O}}) = -181,1 - (-394,4 - 237,2) = 450,5 \text{ kC/mol}.$$

Deməli, öz-özünə gedən reaksiyalarda tarazlıq yaranana qədər Gibbs enerjisinin dəyişməsi ΔG° mənfi olmalıdır. Tarazlıq halında onun dəyişməsi sıfır bərabər olur. ΔG° müsbət olan reaksiyalar yalnız enerji sərf edilməsi ilə gedir. Tarazlıq halında Gibbs enerjisinin dəyişməsinin sıfır bərabər olmasını ($\Delta G^\circ = 0$) bilərək, reaksiyanın əks istiqamətə getməsi şəraitini hesablamaq olar.

Standart şəraitdə karbon-monooksidin yanması reaksiyası soldan sağa gedir:



Reaksiyanı əks istiqamətə aparmaq olarmı? Standart şəraitdə əks reaksiyanın Gibbs enerjisinin dəyişməsini hesablayaq:



Çox vaxt cədvəllərdə Gibbs enerjisinin standart şəraitdə qiymətini deyil, entalpiyanın ΔH° və entropiyanın ΔS° qiyməti verilir. Cədvəl VII-2-dən 1 mol CO_2 üçün ΔH və ΔS -in qiymətini tapaq: $\Delta H = \Delta H^\circ_{\text{CO}} - \Delta H^\circ_{\text{CO}_2} = -110500 - (-393510) = 283010 \text{ kC/mol}$.

$$\Delta S = (\Delta S^\circ_{\text{CO}} + \frac{1}{2}\Delta S^\circ_{\text{O}_2}) - \Delta S^\circ_{\text{CO}_2} = (197,4 + 102,52) - 213,6 = 86,32 \text{ C/mol-dər. İndi istənilən}$$

temperatur üçün ΔG -ni hesablamaq olar: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Otaq temperaturunda (25°C) $\Delta G = 283010 - 298 \cdot 86,32 = 257287 \text{ (C/mol)}$. Gibbs enerjisinin dəyişməsinin müsbət qiyməti göstərir ki, otaq temperaturunda karbon-dioksidin parçalanması mümkün deyil. Tarazlıq yaranması üçün yəni Gibbs enerjisinin dəyişməsinin sıfır bərabər olması üçün lazım olan temperaturu hesablayaq. Bunun üçün $\Delta G^\circ = 0$ qəbul edək:

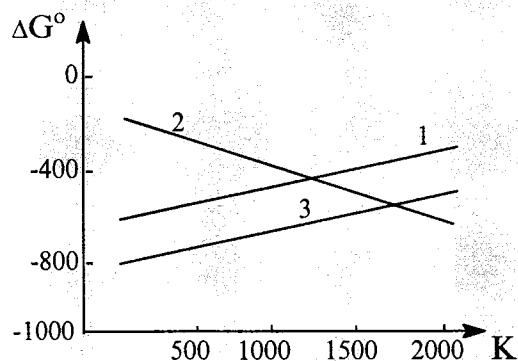
$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{283010}{86,32}; \quad T = 3278 \text{ (K)}$$

Tarazlıq 3000°C -də başlayır. Yalnız 3000°C -dən yüksək temperaturda CO öz-özünə parçalana bilər. Həmin temperaturda (3000°C) isə CO_2 -nin parçalanması və CO-nun oksidləşməsi mümkündür.

Cədvəl VII-2. Standart termodinamik kəmiyyətlər

Maddə	ΔH° , kC/mol	ΔS° , C/mol-dər	Maddə	ΔH° , kC/mol	ΔS° , C/mol-dər
Ag _(b)	0	42,69	KI _(b)	-327,61	104,35
Al _(b)	0	28,31	KMnO _{4(b)}	-813,37	171,71
Cu _(b)	0	33,3	K ₂ Cr ₂ O _{7(b)}	-2030	291,21
Cl _{2(b)}	0	223,0	MgO _(b)	-601,24	26,94
Fe _(b)	0	27,15	Si _(b)	0	31,88
H _{2(q)}	0	130,6	O _{2(b)}	0	205,03
Mg _(b)	0	32,55	CO _(q)	-110,5	197,4
Cr ₂ O _{3(b)}	-1141	81,1	CO _{2(q)}	-393,51	213,6
CuS _(b)	-48,5	66,5	CH _{4(q)}	-74,85	186,19
Cu ₂ O _(b)	-167,36	93,93	CrO _{3(b)}	-594,5	72
Cu ₂ S _(b)	-82,01	119,24	NO _(q)	90,37	210,62
FeO _(b)	-263,63	58,79	NO _{2(q)}	33,89	240,45
Fe ₂ O _{3(b)}	-821,32	89,96	N ₂ O _(q)	81,55	220,0
Fe ₃ O _{4(b)}	-1117,71	151,46	PbO _{2(b)}	-276,6	76,44
FeS _(b)	-95,40	67,36	SO _{2(q)}	-296,9	248,1
HBr _(q)	-35,98	198,40	SO _{3(q)}	-395,2	256,23
HCl _(q)	-92,30	186,70	ZnO _(b)	-349,0	43,5
HNO _{3(m)}	-173,0	156,16	Ag ⁺	105,90	73,93
HF _(q)	-268,61	173,51	Br ⁻	-120,92	80,71
HI _(q)	25,94	206,30	Al ³⁺	-524,7	-313,4
H ₂ O _(q)	-241,84	188,74	Cl ⁻	-167,46	55,10
H ₂ O _(m)	-285,84	69,96	ClO ⁻	-107,65	47,53
H ₂ O _{2(m)}	-187,02	105,86	ClO ₃ ⁻	-98,32	163,2
H ₂ S _(q)	-20,15	205,64	MnO ₄ ⁻	-518,4	190,0
H ₂ SO _{4(m)}	-811,30	156,90	SO ₄ ²⁻	-907,51	17,2
HgCl _{2(b)}	-230,12	144,32	S ²⁻	41,8	-26,8
Hg ₂ Cl _{2(b)}	-264,85	195,81	MnO _{2(b)}	-519,65	53,14
KClO _{3(b)}	-391,20	142,97	NH _{3(q)}	-46,19	192,50

Aşağıdakı misal maraqlıdır. Gibbs enerjisinin müxtəlif temperaturlarda hesablanması vanadium 5-oksidin hansı şəraitdə reduksiya edilməsi haqqında nəticə çıxarmağa imkan verir. Bunun üçün reaksiyasının müxtəlif temperaturlarda 500 K-dən 2000 K-ə qədər Gibbs enerjisini hesablayaq. Ordinat oxunda ΔG° (kC/mol O₂), absis oxunda isə temperaturu (K) qeyd edək və Gibbs enerjisinin temperaturdan asılılığı qrafikini quraq. Asılılıq düz xətlə ifadə olunur: temperatur artdıqca Gibbs enerjisi artır (şəkil VII-9).



Şəkil VII-9. 1) $4/5V_{(b)}+O_{2(q)}=2/5V_2O_{5(b)}$
 2) $2C_{(qrafit)}+O_{2(q)}=2CO_{(q)}$
 3) $Si_{(b)}+O_{2(q)}=SiO_{2(kvars)}$
 reaksiyaları üçün Gibbs enerjisinin (kC/mol) temperaturdan (K) asılılığı.

Həmin qrafikdə $2C_{(qrafit)}+O_{2(q)}=2CO_{(q)}$; $Si_{(b)}+O_{2(q)}=SiO_{2(kvars)}$ reaksiyaları üçün Gibbs enerjisinin temperaturdan asılılığını qeyd edək. Bunlardan birincidə temperatur artdıqca

ΔG^0 azalır. Bu onu göstərir ki, temperatur artdıqca qrafitin reduksiyaedicilik qabiliyyəti artır. İkinci reaksiyada isə əksinə olur. Deməli, temperatur artdıqca qrafitə nisbətən silisiumun reduksiyaedicilik qabiliyyəti az olur. Qrafikdən görünür ki, 1200 K temperaturdan aşağıda qrafit vanadium 5-oksidi reduksiya etmir. Silisium isə həmin temperaturda vanadium 5-oksidi reduksiya edəcək. Lakin 1900 K-dən yüksək temperaturda karbon silisiuma nisbətən qüvvətli reduksiyaedicidir.

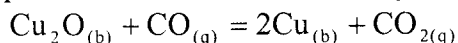
Əgər Gibbs enerjisinin dəyişməsinin mütləq qiyməti çox böyükdirsə, çox yüksək temperaturda belə reaksiyanın əks istiqamətə getməsi mümkün deyil.

ΔG -nin qiyməti yüksək olmadıqda (40-80 kC/mol) reaksiyanın getməsi istiqamətini dəyişmək olar. Deməli, reaksiyaların hərəkətverici qüvvəsi sistemin tarazlığa can atmasıdır və bu, bir vəziyyətdən digərinə keçdikdə Gibbs enerjisinin dəyişməsi ilə ifadə edilir. Reaksiyanın getmə dərəcəsi də Gibbs enerjisi vasitəsilə asanlıqla təyin edilir. Ona görə ki, onunla tarazlıq sabiti arasında sadə asılılıq var:

$$\Delta G = -RT \ln K$$

Bu tənliyi istənilən temperatur üçün tətbiq etmək olar. Əvvəlcə standart şərait üçün ΔG -nin dəyişməsi təyin edilir, sonra hesablamalar digər şərait üçün aparılır. Gibbs enerjisini hesablamaq üçün cədvəllər tərtib edilmişdir. Həmin cədvəllərdə maddələrin entalpiyası və entropiyası verilmişdir. Bəzi oksidləşdiricilər və reduksiyaedicilər, həmçinin ionların suda məhlulunda həmin kəmiyyətlər cədvəl VII-2-də verilmişdir. Cədvəllərdən istifadə etməklə çoxlu sayda reaksiyaların Gibbs enerjisinin dəyişməsinə və həmçinin tarazlıq sabitini, reaksiyanın istiqamətini və getmə dərəcəsini hesablamaq olar. ΔG -nin hesablanması misallar göstərək.

Misal 1. Qurğuşun əridilməsi prosesində Cu_2O -nun reduksiya edilməsi əlavə reaksiyası gedir:



Reaksiyanın entropiyası və entalpiyasının standart dəyişməsinə həmçinin həmin vəziyyətlərə əsasən ΔG^0 -ni hesablayın.

Entropiyanın dəyişməsinə hesablayaq:

$$\Delta S^0 = (2S_{\text{Cu}}^0 + S_{\text{CO}_2}^0) - (S_{\text{Cu}_2\text{O}}^0 + S_{\text{CO}}^0) = 2 \cdot 33,3 + 213,6 - 93,93 - 197,4 = -11,13 \text{ C/mol-dər.}$$

Entalpiyanın dəyişməsinə hesablayaq:

$$\Delta H^0 = (2\Delta H_{\text{Cu}}^0 + \Delta H_{\text{CO}_2}^0) - (\Delta H_{\text{Cu}_2\text{O}}^0 + \Delta H_{\text{CO}}^0) = 0 - 393,51 + 167,36 + 110,5 = -115,65 \text{ kC/mol.}$$

Standart Gibbs enerjisinin dəyişməsinə tapaq:

$$\Delta G^0 = -115650 + 298 \cdot 11,13 = -112334 \Rightarrow \Delta G^0 = -112,334 \text{ kC/mol. Reaksiya öz-özünə gedir.}$$

Misal 2. 25 °C-də $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ reaksiyasının Gibbs enerjisinin dəyişməsinə hesablayın.

Standart şəraitdə entropiyanın dəyişməsinə hesablayaq:

$$\Delta S^0 = (2S_{\text{Fe}_3\text{O}_4}^0 + S_{\text{CO}_2}^0) - (3S_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^0 + S_{\text{CO}}^0) = 2 \cdot 151,46 + 213,6 - 3 \cdot 89,96 - 197,4 = 49,24 \text{ C/mol-dər.}$$

Entalpiyanın dəyişməsinə hesablayaq:

$$\Delta H^0 = (2\Delta H_{\text{Fe}_3\text{O}_4}^0 + \Delta H_{\text{CO}_2}^0) - (3\Delta H_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^0 + \Delta H_{\text{CO}}^0) = -2 \cdot 1117,71 - 393,51 + 3 \cdot 821,32 + 110,5 = 54,47 \text{ kC/mol} = -54470 \text{ C/mol.}$$

$$\Delta G^0 = -54470 - 298 \cdot 49,24 = -69143 \Rightarrow \Delta G^0 = -69,143 \text{ kC/mol.}$$

Termodinamik hesablamalar yalnız kimyəvi tarazlığın necə tez yaranmasını təyin edə bilmir. Bəzi reaksiyalar o qədər gec gedirlər ki, onların mümkün olmasına baxmayaraq, katalizator tətbiq etmək lazım gəlir, yaxud onların aparılmasından imtina edilir.

Məsələlər

Məsələ 94. $\text{A}_{(q)} + 2\text{B}_{(q)} = \text{C}_{(q)} + \text{D}_{(q)}$ reaksiyasında reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığını 2 dəfə artırırdıqda reaksiyanın sürəti neçə dəfə artar?

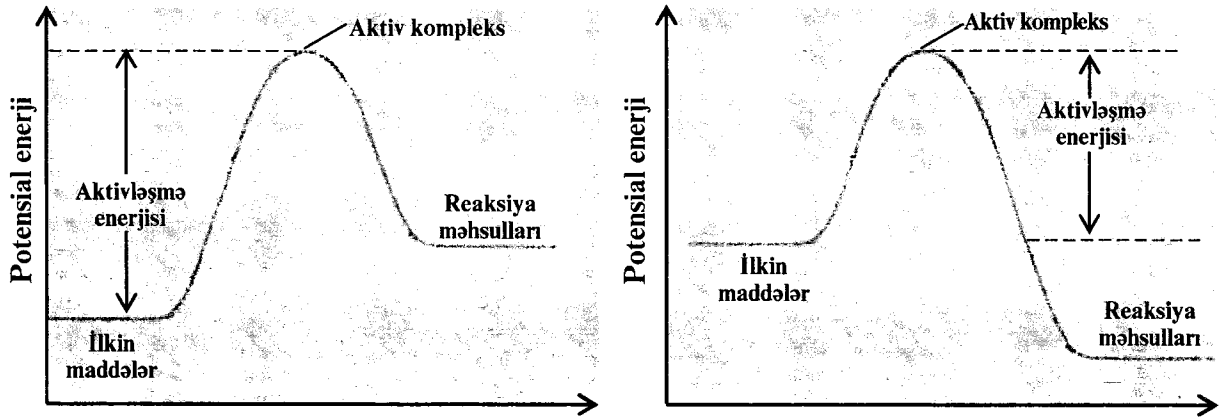
Məsələ 95. Hidrogen və xlorun ilkin qatılıqları müvafiq olaraq 1 və 0,5 mol/ℓ-dir. Xlorun 40 %-i reaksiyaya daxil olduqdan sonra hidrogenin, xlorun və hidrogen-xloridin qatılıqları

necə olacaqdır?

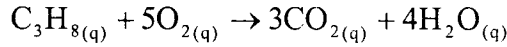
Məsələ 96. Temperaturu 10 °C artırıqda reaksiyanın sürəti 3 dəfə artır. Temperaturu 50 °C artırıqda reaksiyanın sürəti neçə dəfə artır?

Məsələ 97. Yüksək dağ zirvələrində yumurta bişirmək nə üçün çətindir?

Məsələ 98. Aşağıdakı diaqramlardan hansı ekzotermik, hansı isə endotermik reaksiyanı əks etdirir?



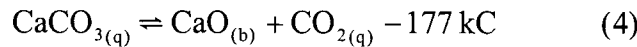
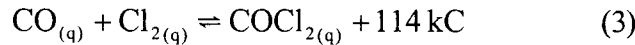
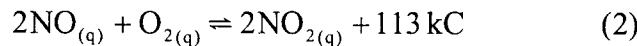
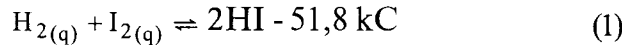
Məsələ 99. Propanın C_3H_8 yanma reaksiyasının tənliyini həmin reaksiyanın mexanizmi hesab etmək olarmı?



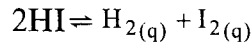
Məsələ 100. Şamın yanma reaksiyasını necə sürətləndirmək olar?

Məsələ 101. Qapalı qabda 4 mol/l azot və 8 mol/l hidrogen var. 4 mol/l ammoniyak əmələ gəldikdən sonra kimyəvi tarazlıq yaranmışdır. Tarazlıq yarandığı anda qabda təzyiqli necə dəyişmişdir?

Məsələ 102. Təzyiqli və temperaturu artırıqda aşağıdakı reaksiyalarda tarazlıq hansı tərəfə yönəlir?

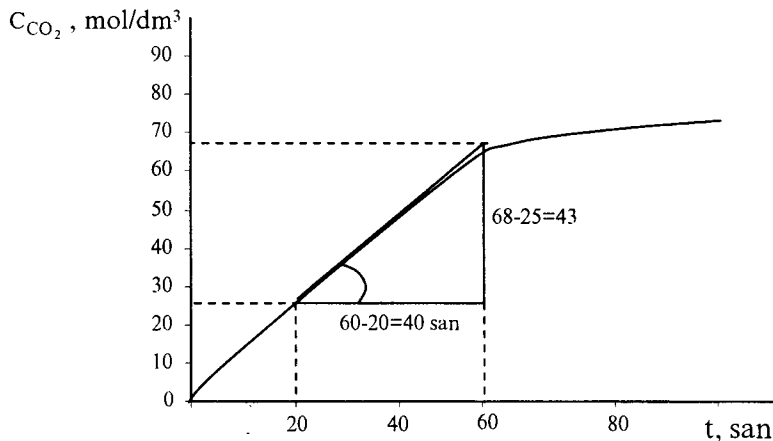


Məsələ 103. Bir litrlik qapalı qabda 2 mol HI parçalanaraq H_2 və I_2 əmələ gətirir.



400 °C-də reaksiyanın tarazlıq sabiti 1/64-ə bərabərdir. Həmin temperaturda H_2 -nin qatılığı neçə mol olar?

Məsələ 104. Duru xlorid turşusunun mərmər qırıntıları ilə reaksiyasının sürət əyrisinə əsasən reaksiya başladıqdan 30 saniyə sonra sürətini təyin edin.



Məsələ 105. Nə üçün şamı kibritlə yandırılar?

VIII FƏSİL

MƏHLULLAR

Məhlullar təbiətdə, texnikada və məişətdə geniş yayılmışdır. Kimya və tibb laboratoriyalarında, zavodlarda məhlullardan geniş istifadə edilir. Kimyəvi reaksiyalar məhlullarda asan gedir. Məhlul dedikdə çox vaxt maddələrin suda həll olmuş forması, başqa sözlə desək, maye məhlullar nəzərdə tutulur. Lakin qaz və bərk məhlullar da var. Hava azot, oksigen, arqon, karbon qazı və az miqdarda digər maddələrin qaz halında məhluludur. Qızıl əşyaların çoxu, üzük, zinət əşyaları və s. qızilla misin bərk məhluludur. Onlarda qızılın faizlə miqdarı deyil, əyarı (probu) göstərilir. Məsələn, əyarı 916 olan qızıl üzükdə hər 1000 hissədən kütlə ilə 916-sı qızılın payına düşür. Bu 91,6 % edir. Bunlarda kristal qəfəsdə mis atomları qismən qızıl atomları ilə əvəz olunmuşdur. Polad az miqdarda karbonun dəmirdə bərk məhluludur. Maye məhlullar daha geniş yayılmışdır. Dəniz suyu bir sıra maddələrin suda məhluludur. Onlarda Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- və SO_4^{2-} ionları üstünlük təşkil edir.

Məhlul nədir?

Məhlul iki və ya daha çox molekulyar, yaxud ion quruluşlu maddələrin və onların qarşılıqlı təsiri məhsullarından ibarət homogen qarışıqdır. Məhlulun tərkib hissələrini gözlə görmək olmur. Kimyəvi birləşmədən fərqli olaraq məhlulun müəyyən tərkibi, yəni kimyəvi formulu yoxdur. Bunu nəzərə alsaq belə demək olar: Məhlul müəyyən tərkibi olmayan homogen sistemdir – dəyişən tərkibli fazadır.

§ 1. Məhlulların qarışıqlardan fərqi

Məhlul iki və ya daha çox maddəni qarışdırmaqla alınır. Lakin hər qarışıq məhlul deyil. Əgər qarışıq davamlı deyilsə, tədricən onu təşkil edən maddələrə ayrılır. Sınaq şüşəsinə bir qədər su töküüb sonra onun üzərinə az miqdarda günəbaxan yağı əlavə edək və baş barmağımızla sınaq şüşəsinin ağzını tutaraq çalxalayaq və sakit qoyaq. Az vaxtda bir-biri ilə qarışmayan iki maye altda su, üstə yağ ayrılır. Məhlullardan fərqli olaraq qarışıq təşkil edən maddələri gözlə görmək olur. Qarışıqlar heterogen sistemdir. «Heterogen» eynicinsli olmayan deməkdir. Məhlullar isə homogenidir (bircinslidir). Ən güclü mikroskop vasitəsilə suda şəkər molekullarını aşkar etmək olmur. Yaxud üzəri pas təbəqəsindən təmizlənmiş polad nümunəsində karbon hissəciklərini görmək olmur. Məhlulların ən vacib əlaməti onların homogenliyidir, yəni bircinsli olmasıdır. Bu əlamət yalnız məhlullara aid deyil. Məsələn, təmiz su homogen sistemdir. Onun bütün nümunələri eyni tərkibli və eyni fiziki xassəyə malikdir. Belə oxşarlığına görə məhlulu kimyəvi birləşmə hesab etmək olarmı?

Kimyəvi birləşmənin əmələ gəlməsinin əlamətlərindən biri istilik effektidir. Birləşmə əmələ gəldikdə istilik ayrılır, yaxud udulur. Bu əlamətinə görə məhlullar kimyəvi birləşmələrə oxşayırlar. Qatı sulfat turşusunu suda həll etdikdə çoxlu istilik ayrılır. Ammonium-nitratı NH_4NO_3 suda həll etdikdə istilik udulur. İdman yarışlarında kiçik zədələrdə ağrını aradan qaldırmaq üçün içərisində ammonium-nitrat olan paketlərdən istifadə edilir. Bərk NH_4NO_3 nazik polietilen paketə qoyulur və içərisində su olan qalındıvarlı paketə yapışdırılır. Nazik paket asanlıqla aşınır: NH_4NO_3 suya tökülür. Bu zaman temperatur aşağı düşür. İdmançının bədəninə zədələnən yerində soyuma, keyləşmə baş verir.

Bəzi maddələrin məhlulunu hazırladıqda rəng dəyişməsi baş verir. İki kimyəvi stəkan götürək, onlardan birinə yarisinə qədər su, digərinə aseton (asetonun kimyəvi formulu CH_3COCH_3 -dür, ketonlara aiddir) tökək. Bunların hər ikisinə azca parlaq qırmızı rəngli kobalt-xlorid CoCl_2 duzunun kristallarını əlavə edək. Su olan stəkandakı məhlul solğun-çəhrayı rəngə, aseton olan stəkandakı məhlul isə parlaq göy rəngə boyanır. Rəngin dəyişməsinin səbəbi Co^{2+} ionu ətrafında xlorid ionlarının Cl^- su molekulları ilə əvəz edilməsidir. Bu duzdan «rəngsiz» mürəkkəb hazırlamaq üçün istifadə edilir. Onun solğun-

çəhrayı məhlulu ilə sarı kağıza yazılan yazı görünür. Həmin kağızı qızdırdıqda hərflər göy rəngdə görünür. Bu da maraqlıdır ki, CoCl_2 duzu hopdurulmuş göy rəngli kağız rütubətli havada çəhrayı rəngə boyanır və tezliklə yağış yağacağı gözlənir.

İstilik hadisələri və rəng dəyişməsi məhlulları kimyəvi birləşmələrə yaxınlaşdırsa belə onları kimyəvi birləşmə hesab etmək olmaz. Məhlulla kimyəvi birləşmə arasındakı əsas fərq aşağıdakılardır.

1. Məhlulu fiziki üsullarla tərkib hissələrinə ayırmaq olur. Məsələn, buxarlandırmaqla xörək duzu məhlulundan təmiz halda duzu və suyu ayırmaq olur.
2. Kimyəvi birləşmələrin tərkibi sabitdir. Məhlullar isə dəyişkən tərkibliyədir. Sulfat turşusunun tərkibi H_2SO_4 , suyun tərkibi H_2O , metan qazının tərkibi CH_4 -dən ibarətdir. Məhlulların tərkibi geniş hədd daxilində dəyişir. Şirinçay hazırladıqda bir stəkan suya bir-iki çay qaşığı şəkər tozu tökdükdə, yaxud dörd-beş qaşığı tökdükdə hər iki halda suda şəkərin miqdarını fərqləndirmədən şirinçay adlandırırıq.

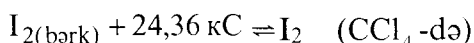
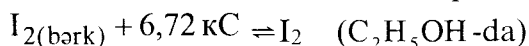
Bunlardan belə nəticə çıxarmaq olar: *Məhlul tərkibi geniş hədd daxilində dəyişən, aralarında kimyəvi qarşılıqlı təsir baş verən, molekulardan, ionlardan və digər hissəciklərdən ibarət olan homogen sistemdir.* Həllolma fiziki-kimyəvi prosesdir. Məhlulların bircinsli olması və digər xassələri həll olan maddənin hissəciklərinin ölçüsündən asılıdır. Əgər həll olan maddənin hissəciklərinin ölçüsü molekulaların ölçüsündən böyükdürsə, belə məhlul davamsız olur, tədricən müxtəlifcinsli olur. Həmin maddənin sıxlığı suyun sıxlığından azdırsa, məhlulun üzərində toplanır, çoxdursa dibinə çökür. Üzlü südü bir neçə saat saxladıqda ondakı yağın bir hissəsi üzündə toplanır, qaymaq əmələ gəlir. Yaxud bulanlıq su sakit qaldıqda müəyyən vaxtdan sonra durulur, qum, gil və s. hissəcikləri dibə çökür. Həll olan maddənin hissəciklərinin ölçüsü $5 \cdot 10^{-7}$ metrədən böyük olduqda asılqan alınır. Asılqanı maye maddə hissəcikləri əmələ gətirdikdə *emulsiya*, bərk maddə hissəcikləri əmələ gətirdikdə isə *suspenziya* adlanır. Məhlulları əmələ gətirən maddələr molekulara qədər parçalanıbsa, həqiqi yaxud *molekulyar məhlul* adlanır. Məhlul dedikdə, çox vaxt molekulyar məhlul nəzərdə tutulur.

Cədvəl VIII-1. Molekulyar məhlullarla suspenziyaların fərqi

Həqiqi məhlul	Kolloid məhlul	Suspenziya
Molekulyar – dispers sistemdir. Hissəciklərin ölçüsü $< 1 \cdot 10^{-9}$ metr. Hissəciklərini optiki üsulla aşkar etmək olmur və filtr kağızından keçir.	Kolloid – dispers sistemdir. Hissəciklərin ölçüsü $1 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 10^{-7}$ metr arasında olur. Hissəciklərini ultramikroskopla aşkar etmək olur. Hissəcikləri filtr kağızından keçir.	Kobud – dispers sistemdir. Hissəciklərin ölçüsü $> 5 \cdot 10^{-7}$ metr. Hissəciklərini vizual yaxud mikroskop vasitəsilə görmək olur. Hissəcikləri filtr kağızından keçə bilmir.

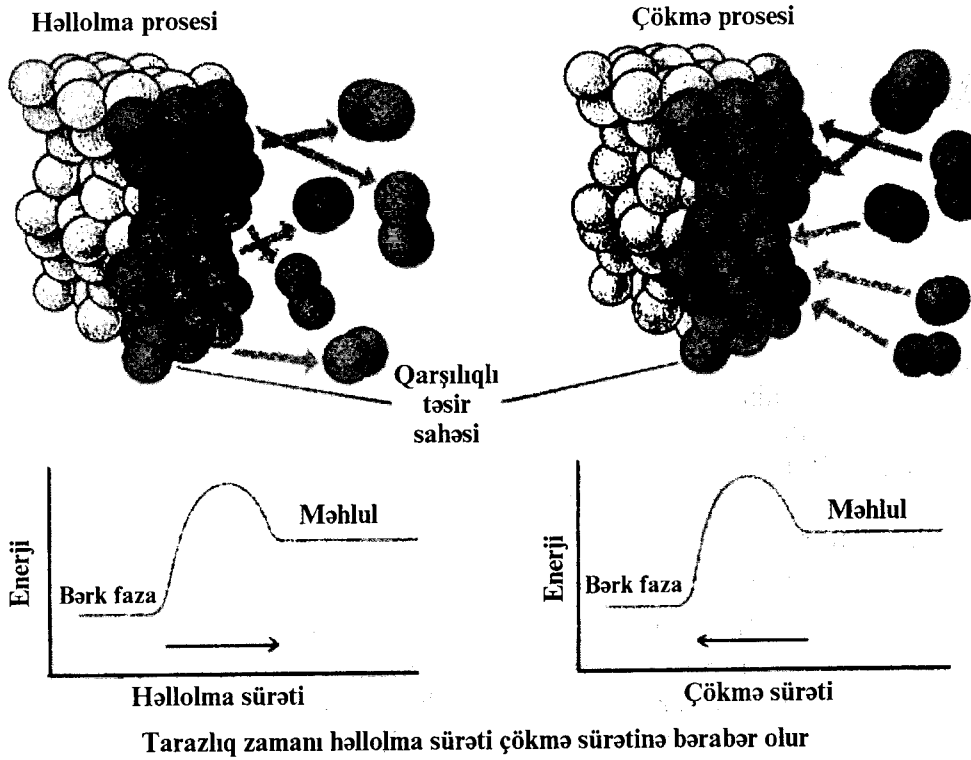
§ 2. Həllolma prosesinə təsir edən amillər

Gündəlik praktikadan məlumdur ki, şəkərin bütöv kristalı eyni kütləli şəkər tozuna nisbətən suda gec həll olur. Yaxud dilimizin üzərinə bir qədər şəkər tozu qoysaq, şəkərin kristalına nisbətən onun daha şirin olduğunu hiss edirik. Bu o demək deyil ki, şəkər tozu bütöv kristala nisbətən daha şirindir. Bunun səbəbi şəkər tozunun suda asan həll olmasıdır. Bərk maddələr suda həll olarkən onların kristalları dağılır, nizamsız hala düşür. Həllolma prosesində nizamsızlıq daha da artır. Nizamsızlığa meyl həllolmaya səbəb olur. Həllolma prosesinə təsir edən üçüncü amil temperaturdur. Eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, yod etil spirtində və karbon 4-xloriddə həll olduqda enerji udulur. Yod molekulaları məhlulda nizamsız halda paylanmasına nisbətən kristal formada potensial enerjisi az olur.



Hər hansı sistemin enerjisi az olduqca daha davamlı olur. Az enerjiyə meyli olmaq nizamsızlığın əksinə yönəlmişdir. Deməli, nizamsızlığa meyl maddənin həllolmasına, potensial enerjisinin azalmasına meyl isə onun məhluldan ayrılıb kristallaşmasına səbəb

olur. Bu iki proses bərabərləşdikdə tarazlıq yaranır. Tarazlıq halında olan sistemə xarici təsir edildikdə, tarazlıq həmin təsirin aradan qaldırılması istiqamətinə yönəlir. Yodu spirtdə, yaxud karbon 4-xloriddə həll etdikdə enerji udulur. Qızdırdıqda proses istiliyin udulması, yəni yodun həllolması istiqamətinə yönəlir, həmin proses sürətlənir.



Şəkil VIII-1. Həllolma prosesində dinamik tarazlıq halı.

Temperaturu artırdıqda nizamsızlıq artır. Deməli, həllolma sürətlənir. Təcrübi (empirik) yolla müəyyən edilmişdir ki, «oxşar oxşarda həll olur». Bunun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, kovalent rabitəli maddə digər kovalent rabitəli maddədə yaxşı həll olur. Maye havada azotla oksigen bir-birində həll olmuşlar. Onların hər ikisinin molekulları qeyri-polyardır. Benzin və dizel yanacağı kovalent rabitəli karbohidrogenlərin qarışığıdır. Aşağı molekullu spirtlər CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ və s. suda yaxşı həll olurlar. Su molekulu və həmin spirtlərin molekulları polyardır. Ali spirtlərin molekulları demək olar ki, qeyri-polyardır. Ona görə də onlar praktik olaraq suda həll olurlar.

§ 3. Məhlulları xarakterizə edən terminlər

Məhlulun tərkib hissələrindən biri həlledici, qalanları isə həll olan maddələr hesab edilir. Həlledicidə həll olan maddə hissəcikləri bərabər səviyyədə paylanmışdır. Həlledici məhlulun əsas tərkib hissəsi hesab edilir. Çox vaxt həlledici həll olan maddədən çox olur. Maddələrdən hansını həlledici, hansını isə həll olan maddə hesab etmək olar? Əgər məhlul hazırlamaq üçün aqreqat halları müxtəlif olan maddələr götürülsə, alınan məhlul həmin şəraitdə hansı maddənin aqreqat halında olursa həmin maddə həlledici hesab olunur. Əgər sirup (şirə) hazırlamaq üçün 40 q su və 50 q şəkər götürülsə, alınan məhlul otaq temperaturunda maye halda olduğundan miqdarı az olmasına baxmayaraq su həlledici hesab olunur. Palladium metalında çoxlu miqdarda (1 həcm palladiumda təqribən 800 həcm) hidrogen həll olur. Hidrogen palladiumda atomar (H) halda olur. Qızdırdıqda isə molekulyar H_2 ayrılır. Alınan məhlul bərk halda olduğundan palladium həlledici, hidrogen isə həll olan maddə hesab olunur. Maddələrdən hər ikisi eyni aqreqat halında olduqda hansını həlledici, hansını isə həll olan maddə hesab etmək olar? Epoksid yapışqanı

hazırlamaq üçün 5 ml yapışqan və 95 ml aseton götürülərsə aseton həlledicidir. Deməli, miqdarı çox olan maddə həlledici, az olan isə həll olan maddə hesab olunur. Məhlul hazırlamaq üçün götürülən mayelərdən biri sudursa miqdarı az olsa belə o, həlledici hesab olunur. Elə mayelər var ki, onlar bir-birində istənilən nisbətdə həll olurlar. Məsələn, su ilə aseton, su ilə sulfat turşusu, su ilə etil spirti bir-birilə istənilən nisbətdə qarışırlar. Anilin $C_6H_5NH_2$ və dietil efiri $C_2H_5-O-C_2H_5$ suda az miqdarda həll olurlar. Bir-biri ilə qarışmayan iki mayeyə həmin mayələrin hər ikisində həll olan üçüncü maddə əlavə etdikdə həmin maddə hər iki mayədə özünün həllolma qabiliyyətinə uyğun nisbətdə həll olur. Məsələn, su və xloroform $CHCl_3$ bir-biri ilə qarışmayan mayelərdir. Yod bu iki mayenin hər ikisində həll olur. Lakin yod suda az həll olur, xloroformda isə suya nisbətən 130 dəfə yaxşı həll olur. Bundan istifadə edərək suda həll olan yodu xloroform vasitəsilə ayırmaq olur. Bu proses *ekstraksiya* adlanır. Sonra buxarlandırmaqla yodu xloroformdan ayırırlar. Kimya sənayesində və laboratoriya praktikasında ekstraksiya üsulundan geniş istifadə edilir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, bəzi maddələr bir-birində istənilən nisbətdə həll olurlar. Elə maddələr də var ki, onlar bir-birində məhdud miqdarda həll olur. Məsələn, 20 °C-də 100 q suda 35,8 q xörək duzu həll olur. Bu həmin temperaturda xörək duzunun həllolma qabiliyyətidir. Əgər 100 q suda 10 q-dan çox maddə həll olursa həmin maddə yaxşı həll olan, 1 q-dan az həll olursa az həll olan, 0,01 q-dan az həll olursa praktik olaraq həll olmayan maddə adlanır. Asan həll olan maddələrə misal olaraq xörək duzunu (20 °C-də 100 q suda 35,8 q $NaCl$ həll olur), mis kuporosunu $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (20,7 q), az həll olan maddələrdən gipsi $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (0,195 q), kalsium-karbonatı $CaCO_3$ (0,00013 q) göstərmək olar. Mütləq həll olmayan maddə yoxdur. Suyu onda həll olan hər hansı bərk maddəni, məsələn, bir qədər şəkər tozunu əlavə etdikdə həllolma prosesi baş verir, homogen sistem əmələ gəlir. Şəkər suyu, su isə şəkəri durulaşdırır. Yenə də şəkər tozu əlavə etdikdə bir qismi həll olur, məhlulda onun miqdarı artır. Nəhayət, elə bir an gəlir ki, həll olmur, məhlulda şəkərin miqdarı artmır. Şəkərin artığı ilə məhlul arasında dinamik tarazlıq yaranır, qabın dibinə çökən şəkər molekullarının bir hissəsi məhlula keçir, məhluldan həmin sayda molekullar kristalda toplanır. Bunu sübut etmək üçün həll olmayan $CaSO_4$ olan məhlulda az miqdarda $Ca^{35}SO_4$ çöküntü halında olan $Ca^{32}SO_4$ ilə qarışdırılır. ^{35}S izotopu radioaktivdir, az bir vaxtda, həmin izotop məhlulda və çöküntüdə olur. Həll olan maddənin artığı ilə tarazlıqda olan məhlul *doymuş məhlul* adlanır. Həll olan maddənin miqdarı doymuş məhluldakına nisbətən az olan məhlul *doymamış məhlul* adlanır. Məhlulların daha bir növü də var. Bu, ifrat doymuş məhluldur. İfrat doymuş məhlulda həll olan maddənin miqdarı doymuş məhluldakına nisbətən çox olur. İfrat doymuş məhlulu necə hazırlamalı? 20 °C-də 100 q suda 19,2 q, 80 °C-də isə 43,3 q natrium-sulfat Na_2SO_4 həll olur. Əvvəlcə 80 °C-də doymuş məhlul hazırlayaq, 100 q suda 43,3 q Na_2SO_4 həll edək. Sonra həmin məhlulu tədricən 20 °C-yə qədər soyudaq. Bu zaman 43,3-19,2=24,1 q duz çöküntü halında ayrılmalıdır. Lakin belə olmur, duzun artığı məhlulda qalır. Nəticədə ifrat doymuş məhlul alınır. Çox vaxt doymuş məhlulda olduğundan artıq həll olan maddə, bizim misalda 24,1 q Na_2SO_4 , kristalhidrat $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ şəklində ayrılır. İfrat doymuş məhluldan həll olan maddənin artığının çöküntü halında ayrılmasına bir sıra amillər təsir edir. Onları azca silkələdikdə, kiçik toz dənəsi əlavə etdikdə, yaxud şüşə çubuqla qarışdırdıqda kristallaşma baş verir. Bu da maraqlıdır ki, axırıncı halda, yəni həmin məhlulu şüşə çubuqla qarışdırdıqda ayrılan çox kiçik şüşə kristalları maya rolunu oynayır, kristallaşma baş verir. Xarici təsir olmadıqda və sabit temperaturda ifrat doymuş məhlullar uzun müddət dəyişmədən qalır.

Məhlulların yuxarıda qeyd edilən üç növünü bir-birindən asanlıqla fərqləndirmək olur. Onların hər birinə həmin məhlul hazırlanan maddənin kiçik kristalını əlavə etmək lazımdır. Əgər məhlul doymamışdırsa, kristal kiçilir, həll olur, doymuşdursa dəyişmir, ifrat doymuşdursa böyüyür. Laboratoriya praktikasında və məişətdə «qatı» və «duru» məhlul anlayışlarından da istifadə edilir. Məsələn, duru sulfat turşusu mislə reaksiyaya girmir, qatı

məhlulu isə reaksiyaya girir. Aydınır ki, qatı məhlulda həll olan maddənin miqdarı çox olur. Duru məhlulda isə az olur. Lakin bunların arasında dəqiq sərhəd yoxdur. Qatı və duru məhlullar eyni zamanda doymuş və doymamış ola bilərlər. Məsələn, 20 °C-də 100 q suda 0,165 q sönmüş əhəng $\text{Ca}(\text{OH})_2$ həll olur. Bu məhlul həll olan maddənin miqdarına görə duru məhluldur, həmin temperaturda (20 °C) maksimum (0,165 q) həll olduğuna görə doymuş məhluldur. 20 °C-də 100 q suda 100 q kalium-hidroksid həll etdikdə qatı məhlul alınır. Lakin o, doymamış məhluldur. Ona görə ki, 20 °C-də KOH-in həllolma qabiliyyəti 112,4 q-dır. Yəni həmin məhlulda əlavə olaraq 12,4 q KOH həll etmək olar.

Duzların suda həllolmalarının müxtəlifliyi onların təbiətdə tapılmalarına və yataqlar əmələ gətirməsinə öz təsirini göstərir. Geoloji epoxalarda qədim dənizlər quruduqda suda həllolma qabiliyyəti az olduğuna görə əvvəlcə gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sonra daş duz (NaCl) çöküntü şəklində ayrılmışdır. Ona görə də təbii laylarda alt qatda gips, üst qatda daş duzun layı olur. Bəzi yerlərdə yalnız gips olur, xörək duzu yatağı olmur. Bunun səbəbi xörək duzunun yeraltı sulara həll olmasıdır.

Dənizdən bir qədər ayrıldığına görə Qara-Boğaz-Göl körfəzində (Xəzər dənizi) suda duzların (əsasən mirabilitin $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) miqdarı 30 %-ə çatır. Qışda temperatur aşağı düşdüyündən duzun həllolması azalır, kristallaşır. Kimya zavodları üçün ondan xammal kimi istifadə etməyə şərait yaranır. Yayda duzun hasilatı dayandırılır. Ona görə ki, temperatur artdığından duzun suda həllolması artır.

§ 4. Məhlulların qatılığı

Yuxarıda biz duru və qatı məhlullar haqqında qısa məlumat verdik. Bunlarda həll olan maddə və həlledicinin miqdarı dəqiq göstərilir. Məsələn, 60 %-li sulfat turşusu qatı məhlul hesab edildiyi halda 38 %-li xlorid turşusu məhlulu da qatı məhlul hesab edilir. Həll olan maddənin həmçinin həlledicinin kütləsi, həcmi, yaxud molları sayı və s. dəqiq göstərilən məhlullardan daha çox istifadə edilir. Həll olan maddənin kütləsinin yaxud molları sayının məhlulun kütləsinə, yaxud həcminə olan nisbəti onun *qatılığı* adlanır. Məhlulların qatılığının ifadə edilməsinin bir sıra üsulları var. Bunlardan aşağıdakıları daha geniş yayılmışdır.

1. Faizli məhlul. Həll olan maddənin kütlə, yaxud həcmə payı göstərilən məhlul faizli məhluldur. Məsələn, 10 %-li şəkər məhlulunda hər 100 qramdan 90 qramı su, 10 qramı şəkərdən ibarətdir. Spirtlərin qatılığı çox vaxt həcm faizi ilə göstərilir. Tündlüyü 40^0 olan ara q spirtin su ilə 4:6 olan həcm nisbətində hazırlanmışdır, 400 ml etil spirti 600 ml distillə edilmiş su ilə qarışdırılmışdır. Bu da maraqlıdır ki, bu zaman alınan məhlulun həcmi 1000 ml deyil 966 ml olur. Etil spirtinin sıxlığı $\rho = 0,8 \text{ q/sm}^3$ -dir. Suyun sıxlığı $\rho = 1 \text{ q/sm}^3$ -dir. Bunlara əsasən həcmcə 40 %-li etil spirtinin faizlə qatılığını hesablayaq:

$$m = 0,8 \text{ q/sm}^3 \cdot 40 \text{ sm}^3 = 32,0 \text{ q } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

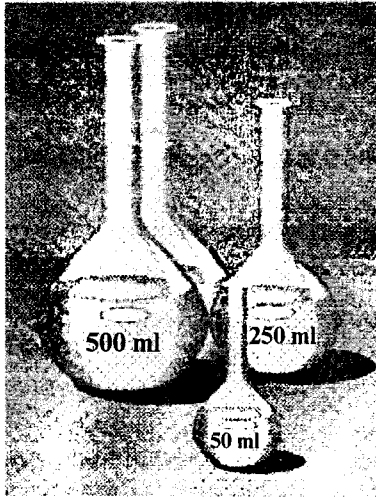
$$m = 1 \text{ q/sm}^3 \cdot 60 \text{ sm}^3 = 60,0 \text{ q } \text{H}_2\text{O}$$

Məhlulun kütləsi $60 + 32 = 92$ qram.

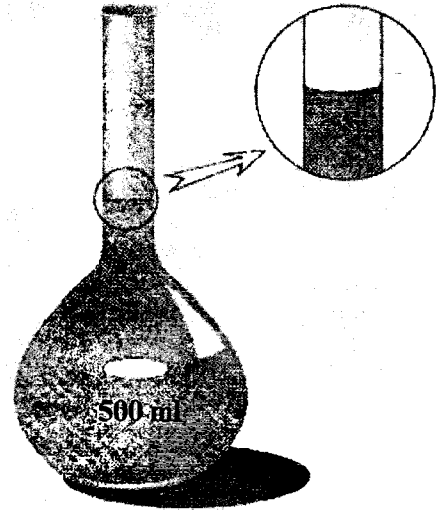
Faizlə qatılığı:

$$\left. \begin{array}{l} 92 \text{ qram məhlulda } 32 \text{ qram spirt var} \\ 100 \text{ ----- } \omega \end{array} \right\} \Rightarrow \omega = \frac{100 \cdot 32}{92} = 34,78 \%$$

2. Molyar məhlul. Bir litr məhlulda həll olan maddənin molları sayı göstərilən məhlul molyar məhluldur. Məhlulun molyar qatılığı həll olan maddənin molları sayının məhlulun həcminə olan nisbətinə bərabərdir. Məhlulun molyar qatılığı M ilə işarə edilir. 0,5 M natrium-hidroksid məhlulu dedikdə, 1 litrində 20 q ($\frac{20}{40} = 0,5 \text{ mol}$) NaOH olan məhlul nəzərdə tutulur. Əgər biz 1 litr suda 20 q NaOH həll edib və alınan məhlulu 0,5 M hesab etsək səhv etmiş olarıq. Bunun üçün 1 litrlik qaba bir qədər distillə edilmiş su töküb onda 20 q NaOH həll etməli və sonra 1 litrlik işarəsinə qədər distillə edilmiş su ilə durulaşdırılmalıdır.



Şəkil VIII-2. Müxtəlif həcmli ölçü kolbaları.



Şəkil VIII-3. Ölçü kolbasında məhlul hazırlayarkən cizginin aşağı sərhədi maye ilə doldurulmalıdır.

3. Molyal məhlul. 1000 qram həlledicidə həll olan maddənin molları sayı göstərilən məhlul molyal məhluldür. Məhlulun molyallığı $M\ell$ ilə işarə edilir. Molyal məhlullardan fizikada daha çox istifadə edilir.

Məsələ. 600 q su olan 0,2 $M\ell$ məhlul hazırlamaq üçün neçə qram qlükoza lazımdır?

Həlli. $Mr(C_6H_{12}O_6) = 180$.

1000 q suda 180 q qlükoza həll etdikdə 1 $M\ell$ məhlul alınır.

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol qlükoza } 180 \text{ q edir} \\ 0,2 \text{ mol } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{0,2 \cdot 180}{1} = 36 \text{ q.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ q suda } 36 \text{ q qlükoza həll etdikdə } 0,2 \text{ } M\ell \text{ məhlul alınır} \\ 600 \text{ q } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{600 \cdot 36}{1000} = 21,6 \text{ q qlükoza.}$$

Deməli, 600 q suda 21,6 qram qlükoza həll edildikdə 0,2 $M\ell$ məhlul alınır.

4. Normal məhlul. Bir litr məhlulda həll olan maddənin qram-ekvivalentinin (QE) sayı göstərilən məhluldür. Normal məhlullar N ilə işarə edilir. 2 N sulfat turşusu dedikdə 1 litrində 2 qram-ekvivalent yəni 98 q H_2SO_4 olan məhlul nəzərdə tutulur.

Məsələ. Həcmi 1 ℓ olan 2 M sulfat turşusu məhlulu 100 litrə qədər durulaşdırılmışdır. Alınan məhlulun normallığını hesablayın.

Həlli. 2M H_2SO_4 -ün neçə qram-ekvivalent etdiyini hesablayaq: $QE_{(H_2SO_4)} = \frac{98}{2} = 49 \text{ q - ekv.}$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol } H_2SO_4 \text{ ----- } 2 \text{ qram-ekvivalent edir} \\ 2 \text{ mol } H_2SO_4 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 4 \text{ qram-ekvivalent.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \ell \text{ məhlulda } \text{-----} 4 \text{ qram-ekvivalent } H_2SO_4 \text{ var} \\ 1 \ell \text{ məhlulda } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1 \cdot 4}{100} = 0,04 \text{ } N \text{ məhlul.}$$

5. Mol payı. Məhlulun komponentlərindən birinin molları sayının, bütövlükdə məhlulu təşkil edən maddələrin mollarının cəminə olan nisbəti mol payı adlanır.

Əgər məhlul iki komponentdən (tərkib hissələrindən) ibarətdirsə onlardan birinin məhluldəki molları sayını (həll olan maddənin) N_a , digərinin (həlledicinin) molları sayını N_b ilə işarə etsək, həll olan maddənin mol payını aşağıdakı formul vasitəsilə hesablamaq

olar: $X_a = \frac{N_a}{N_a + N_b}$. Həllədicinin mol payını $X_b = \frac{N_b}{N_a + N_b}$ formulu ilə hesablamaq olar.

Aydındır ki, $X_a + X_b = 1$ olur. Çoxkomponentli sistem üçün $\sum X_i = 1$ olur.

Məsələ. 200 q etil spirtində C_2H_5OH 50 q yod I_2 həll edilmişdir. Məhluldakı maddələrin mol payını hesablayın.

Həlli.

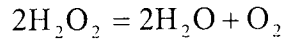
$$M(I_2) = 2 \cdot 127 = 254 \text{ q/mol} \quad N_a = \frac{50 \text{ q}}{254 \text{ q/mol}} = 0,19685 \text{ mol.}$$

$$M(C_2H_5OH) = 46 \text{ q/mol}; \quad N_b = \frac{200 \text{ q}}{46 \text{ q/mol}} = 4,3478 \text{ mol.}$$

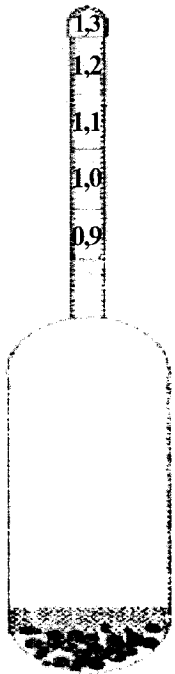
$$X_a = \frac{0,19685 \text{ mol}}{0,19685 \text{ mol} + 4,3478 \text{ mol}} = 0,0433 \quad (I_2).$$

$$X_b = \frac{4,3478 \text{ mol}}{0,19685 \text{ mol} + 4,3478 \text{ mol}} = 0,9566 \quad (C_2H_5OH).$$

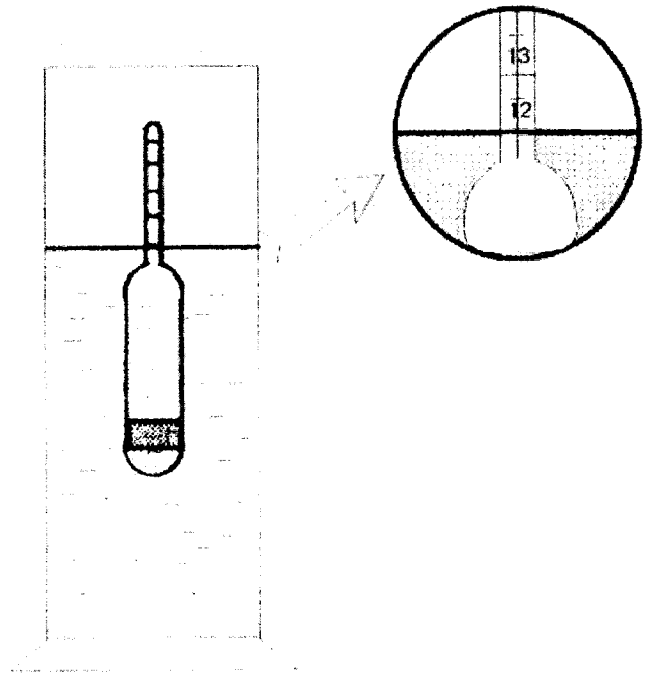
Məhlulların qatılığını yuxarıda göstərilən üsullardan başqa üsullarla da təyin edirlər. Məsələn, satışda olan hidrogen-peroksid məhlulu etiketinin üzərinə «10-həcmli» yazılır. Bu onu göstərir ki, həmin məhlulun 1 həcmi 10 həcm O_2 verir:



Bu təqribən 3 %-li məhlula uyğun gəlir. Məhlulların qatılığını təyin edərkən, onların sıxlıqlarından istifadə edilir. Məhlulun sıxlığını ölçmək üçün istifadə edilən cihaz *densimetr* adlanır. Latınca «densito» sıxlıq deməkdir. Densimetr sözü də buradan götürülmüşdür. Densimetr əvvəllər areometr adlanırdı. Densimetri sıxlığını təyin etmək istədiyimiz məhlul olan qaba salmaq lazımdır. Məhlulun sıxlığı az olduqca densimetr dərinə gedir. Əksinə, məhlulun sıxlığı böyükdürsə dərinə getmir. Əgər densimetr şkalasındakı 1,1 rəqəminə qədər məhlula daxil olubsa, onun sıxlığı 1,1-ə bərabərdir. Sıxlığı məlum olan məhlulun faizlə qatılığını cədvəl VIII-2-dən tapırıq.



Şəkil VIII-4. Mayenin sıxlığını təyin etmək üçün densimetr.



Şəkil VIII-5. Sulfat turşusu məhluluna salınmış densimetr turşunun məhlulda qatılığının 12 % olduğunu göstərir.

Cədvəl VIII-2. 20 °C-də natrium-hidroksid, sulfat, xlorid turşularının və etil spirtinin suda məhlulunun sıxlığı və qatılığı

Natrium-hidroksid		Xlorid-turşusu		Sulfat-turşusu		Etil spirtinin suda məhlulu		
Sıxlığı q/sm ³	Kütlə payı %-lə	Sıxlığı q/sm ³	Kütlə payı %-lə	Sıxlığı q/sm ³	Kütlə payı %-lə	Sıxlığı q/sm ³	Kütlə payı %-lə	Həcm %-i
1,05	4,65	1,05	10,50	1,10	14,7	0,982	10	12,5
1,10	9,20	1,10	20,40	1,20	27,7	0,967	20	24,6
1,15	13,70	1,15	30,01	1,30	39,7	0,948	33,3	40
1,20	18,20	1,17	34,20	1,40	50,5	0,914	50	57,9
1,25	22,80	1,19	38,30	1,50	60,2	0,891	60	67,7
1,30	27,40			1,60	69,1	0,843	80	85,5
1,35	32,10			1,70	77,6	0,789	100	100
1,40	40,00			1,80	87,7			
1,45	42,10			1,83	93,6			
1,50	47,30			1,84	96,0			

Spirtili içkilərin tündlüyünü təyin etmək üçün istifadə edilən spirtometr də densimetr kimi qurulub. Spirtometrin şkalasındakı rəqəmlər dərəcəni (tündlüyü) göstərir. Sütün yağlılığını təyin etmək üçün istifadə edilən cihaz *laktometr* adlanır. «Laktum» latınca süd deməkdir. Aydındır ki, sütün keyfiyyətini təyin etmək üçün spirtometrdən istifadə etmək olmaz. Ona görə ki, həmin cihazlar ayrı-ayrı prinsiplər əsasında hazırlanmışdır.

Cədvəl VIII-3. Bəzi maddələrin suda həll olmaları (20 °C-də)

Maddə		Məhlulun qatılığı		Suda həll olması
Adı	Kimyəvi formulu	Kütlə payı (%)	Molyar qatılığı (mol/ℓ)	
Natrium-xlorid	NaCl	26,4	4,52	H
Natrium-hidroksid	NaOH	52,0	13,02	H
Natrium-karbonat	Na ₂ CO ₃	17,9	1,69	H
Natrium-hidrokarbonat	NaHCO ₃	8,8	1,04	H
Natrium-sulfat	Na ₂ SO ₄	16,1	1,13	H
Kalium-permanqanat	KMnO ₄	5,98	0,38	H
Kalium-yodid	KI	59,1	3,56	H
Kalium-xlorid	KCl	5,5	3,39	H
Kalium-nitrat	KNO ₃	24,0	2,37	H
Kalsium-hidroksid	Ca(OH) ₂	0,16	0,02	A
Kalsium-karbonat	CaCO ₃	0,00056	0,0000057	O
Kalsium-sulfat	CaSO ₄	0,065	0,048	A
Kalsium-fosfat	Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,00077	0,0000025	O
Mis 2-sulfat	CuSO ₄	17,0	1,06	H
Mis 2-hidroksid	Cu(OH) ₂	0,0000023	0,00000024	O
Sink-xlorid	ZnCl ₂	78,5	5,76	H
Sink-sulfat	ZnSO ₄	35,1	2,17	H
Sink-hidroksid	Zn(OH) ₂	0,000038	0,0000038	O
Maqnezium-sulfat	MgSO ₄	5,9	1,92	H
Maqnezium-hidroksid	Mg(OH) ₂	0,00086	0,00015	A
Alüminium-hidroksid	Al(OH) ₃	0,00000019	0,000000025	O

H-həll olur; A-az həll olur; O-həll olmur.

Məsələlər

Məsələ 106. 1,5 kq 5 %-li məhlulda, yoxsa həmin maddənin 1 ℓ 0,1 mol/ℓ məhlulunda həll olan maddənin miqdarı çoxdur?

Məsələ 107. 2 ℓ 5 mol/ℓ NaOH məhlulu 3 ℓ 8 mol/ℓ NaOH məhlulu ilə qarışdırılmışdır. Alınan məhlulun molyar qatılığını təyin edin.

Məsələ 108. 1 ℓ 15 %-li KOH məhlulu hazırlamaq üçün neçə qram KOH və neçə millilitr su lazımdır. Məhlulun sıxlığı 1,14 kq/dm³-dir.

Məsələ 109. 15 %-li məhlul almaq üçün sıxlığı 1,33 kq/dm³ olan 1 ℓ 30 %-li məhlula neçə millilitr su əlavə etmək lazımdır?

Məsələ 110. Şüşə qalpaq altında ağzı açıq qablarda 400 q doymuş maqnezium-sulfat məhlulu və 20 q susuz natrium-sulfat yerləşdirilmişdir. Su buxarını birləşdirmək nəticəsində natrium-sulfat $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristallarına çevrilmişdir. Məhluldan ayrılan $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratının kütləsini təyin edin. Maqnezium-sulfatın suda həllolma qabiliyyəti: 100 q suda 35,5 qramdır.

Məsələ 111. 8 q dəmir 3-oksidi reduksiya etdikdə alınan dəmir 2-oxid lazımı miqdarda 24,5 %-li sulfat turşusunda həll edilmişdir. Alınan məhlul 0 °C-yə qədər soyudulmuşdur. Bu zaman 7 molekul kristallaşma suyu olan kristalhidrat çökmüşdür. Göstərilən temperaturda 13,6 % susuz duz var. Çöküntü halında ayrılan kristalhidratın kütləsini təyin edin.

Məsələ 112. Siz bilirsiniz ki, şüşə suda həll olmur və stəkandan su içirik. Lakin bu təsəvvürün səhv olduğunu sübut edən təcrübə aparmaq olar. Bunun üçün həvəngdəstədə azca şüşə qırıntısını əzib toz halına salaq. Sonra həmin tozu sınaq şüşəsinə töküüb üzərinə bir qədər distillə edilmiş su və fenoltalein əlavə edək və qızdıraq. Bu zaman moruğu rəng alınır. Təcrübənin nəticəsini necə izah etmək olar?

Məsələ 113. Pomidor üçün marinad aşağıdakı tərkibdə hazırlanır: sirkə turşusu 3 %, xörək duzu 1 %, şəkər 10 %. 1 l marinad hazırlamaq üçün nə qədər 9 %-li sirkə, xörək duzu, şəkər və su lazımdır (məhlulun sıxlığını 1 q/sm³-ə bərabər hesab etmək olar)? Bir xörək qaşığı duz, yaxud şəkər 30 q edir.

Məsələ 114. Xiyar üçün marinad aşağıdakı tərkibdə hazırlanır: sirkə turşusu 6 %, xörək duzu 6 %. 1 l marinad hazırlamaq üçün nə qədər 9 %-li sirkə turşusu və xörək duzu lazımdır? Məhlulun sıxlığını 1 q/sm³-ə bərabər hesab etmək olar.

Məsələ 115. Kimyəvi sistem nədir?

Məsələ 116. Nə üçün havanı məhlul və həm də qarışıq hesab etmək olar?

Məsələ 117. Qışda yollara xörək duzu, yaxud ammonium-nitrat tökülməsi nəyə əsaslanmışdır?

Məsələ 118. Şəkəri suda həll etdikdə alınan məhlulda onun hansı xassələri saxlanılır?

Məsələ 119. Temperaturu artırıqda bəzi maddələrin suda həll olmaları azalır. Bunlara misallar göstərin və səbəbini izah edin.

IX FƏSİL

ELEKTROLİTİK DISSOSİASIYA

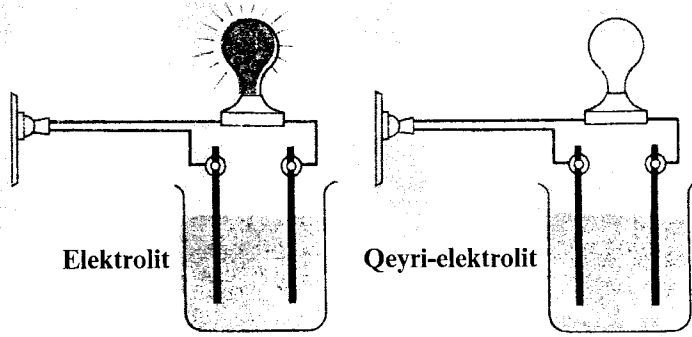
§ 1. Elektrolitlər və qeyri-elektrolitlər

Qazların çoxunu və üzvi maddələri suda və digər həlledicilərdə həll etdikdə dəyişilməmiş vəziyyətdə qalırlar. Onlar həlledicidə ayrı-ayrı molekullar şəklində səpələnmiş vəziyyətdədir. Qazlı suda CO_2 molekullarının çoxu ayrı-ayrı molekullar şəklindədir. Benzin karbohidrogenlərin molekulyar məhluludur. Çay, kofe, sirkə və çaxır molekulyar məhlullardır.

Həll olan maddə ilə həlledicinin qarşılıqlı təsirinin xarakterinə görə məhlullar iki tipə bölünür.

1. İonlu məhlullar. İon tipli maddələrin suda həll olanları ionlu məhlul əmələ gətirir. Məsələn, natrium-xloridi suda həll etdikdə Na^+ və Cl^- ionları olan məhlul əmələ gəlir.
2. Molekulyar məhlullar. Məhlulların bu tipində həll olan maddə molekulları ionlara ayrılırlar. Onlar yalnız həlledici molekulları ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olur, davamsız birləşmələr əmələ gəlir. Həmin birləşmələr *solvatlar* adlanır. Həlledici su olduqda isə hidratlar adlanırlar.

Məhlulun tipini müəyyən etmək üçün onun elektrik keçiriciliyini yoxlayan cihazdan istifadə edilir.



Şəkil IX-1. Elektrolit və qeyri-elektrolit məhlulları arasında fərqi nümayiş etdirən sadə cihaz.

İon olan məhlul elektrik cərəyanını keçirir, ionlar elektrik dövrəsini qapayır, lampa yanır. Elektrik cərəyanının təsirindən müsbət yüklü ionlar bir tərəfə – katoda tərəf, mənfi yüklü ionlar isə digər tərəfə – anoda tərəf hərəkət edirlər. Müsbət yüklü ionlar katoda tərəf cəzb olunduğu üçün kationlar, mənfi yüklü ionlar anoda tərəf cəzb olunduğu üçün anionlar adlanırlar.

Məhlulları elektrik cərəyanını keçirən maddələr elektrolitlərdir. Hansı tip birləşmələr elektrolitlərdir?

İonlar məhlulda əsasən iki yolla əmələ gəlirlər. Əgər suda həll olan maddə ion tiplidirsə, onda ionlar həllolma prosesindən əvvəl mövcud olur. Belə maddələri suda həll etdikdə polyar su molekullarının təsirindən ionlara ayrılırlar. İon tipli maddələr ərinmiş halda da ionlara ayrılırlar və elektrik cərəyanını keçirirlər.

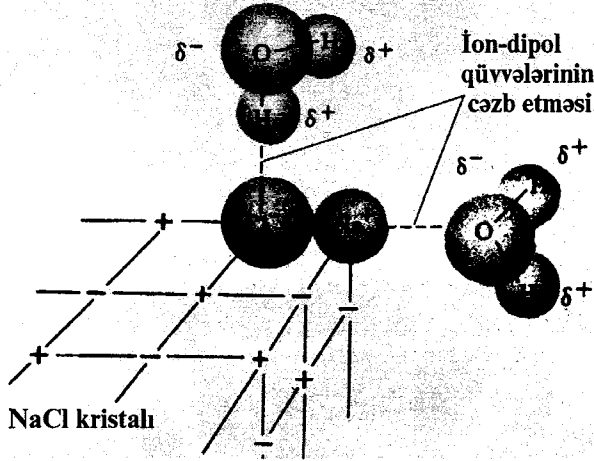
Elektrolitləri suda həll etdikdə və ya əritdikdə ionlara ayrılması prosesi elektrolitik dissosiasiya adlanır.

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinin banisi İsveç alimi S.Arreniusdur. O, duzların və digər maddələrin suda məhlullarının xassələrini öyrənərək 1883-cü ildə belə nəticəyə gəlmişdir ki, bir çox maddələr məhlulda neytral molekullar deyil, ionlar şəklindədir.

Duzlar və qələvilər ion tipli birləşmələrdir. Onlar suda həll olduqda kristal qəfəsi təşkil edən ionlara ayrılırlar. İon tipli birləşmələr yalnız duzlar və qələvilərdən ibarət deyil. Metal oksidləri, peroksidlər, fəal metalların hidridləri, nitridləri, sulfidləri və s. ion tipli birləşmələrdir. Bunların su ilə qarşılıqlı təsirində kimyəvi reaksiya gedir. Elə birləşmələr də var ki, onlar suda həll olana qədər, qaz, maye yaxud bərk halda olmasından asılı olmayaraq ionlardan ibarət deyil. Məsələn, sulfat turşusu maye haldadır və H_2SO_4 molekullarından təşkil olunmuşdur. Xlorid turşusu qaz halında və kifayət qədər soyutduqda bərk halda HCl molekullarından ibarətdir. Lakin bunları və digər turşuları suda həll etdikdə hidrogen ionu və turşu qalıq ionları əmələ gəlir. Duzlar, qələvilər və turşular elektrolitlərdir.

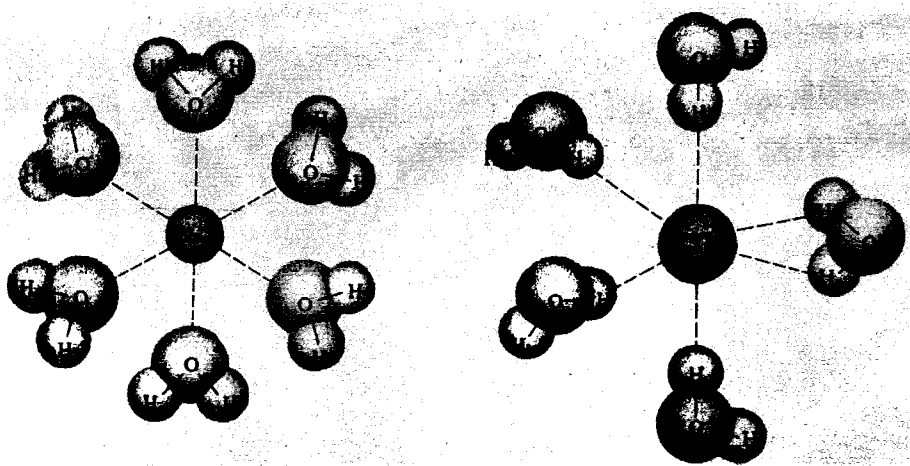
§ 2. Elektrolitik dissosiasiya prosesinin mexanizmi

Həll olan maddəni təşkil edən hissəciklər (ionlar yaxud molekullar) arasında cazibə qüvvələri mövcuddur. Maddəni suda, yaxud digər həlledicilərdə həll etdikdə onu təşkil edən hissəciklərlə həlledici molekulları arasında cazibə qüvvəsi yaranır. Həmin qüvvələr maddəni təşkil edən hissəciklərin arasındakı cazibə qüvvələrindən böyükdürsə maddə həll olur. Natrium-xloridin misalında ion tipli birləşmələrin suda həllolmasının mexanizmini nəzərdən keçirək. Bu duzun kristallarını suya tökdükdə su molekulları NaCl kristalları ətrafında istiqamətlənir. Su molekuluunun mənfi tərəfi Na^+ ionuna tərəf, müsbət tərəfi isə Cl^- ionuna tərəf yönəlir. İon-dipol qüvvələri yaranır. Bunlar Na^+ ionu ilə polyar H_2O molekulu və Cl^- ionu ilə polyar H_2O molekulları arasındakı qüvvələrdir.



Şəkil IX-2. NaCl kristalında Na^+ və Cl^- ionları ilə H_2O molekulları arasında qarşılıqlı təsir.

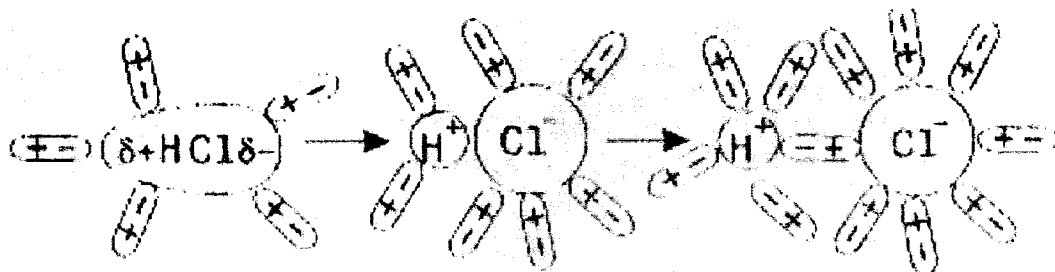
Kristalda Na^+ və Cl^- ionları arasındakı cazibə qüvvələrinə nisbətən ion-dipol qüvvələri üstündür. Ona görə də polyar H_2O molekulları ionları kristaldan qopara bilər. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, kristalın tilində olan Na^+ ionu yalnız üç Cl^- ionu ilə birləşmiş vəziyyətdədir. Üzdə olan Na^+ ionu dörd Cl^- ionu ilə kristalın daxilində olan Na^+ ionu isə altı Cl^- ionu ilə əhatə olunmuşdur. Ona görə də tildə olan Na^+ ionu kristaldan asanlıqla ayrılır. Sonra Cl^- ionu tildə olur və onun məhlula keçməsi asanlaşır. Kristaldan məhlula keçən Na^+ və Cl^- ionları su molekulları ilə əhatə olunurlar. Belə qarşılıqlı təsir *solvatlaşma* adlanır.



Şəkil IX-3. Hidratlaşmış Na^+ və Cl^- ionları. Su molekulları dipollarının mənfi sonluğunu müsbət ionlar əhatə edir. Su molekullarının dipollarının müsbət sonluğunu mənfi ionlar əhatə edir.

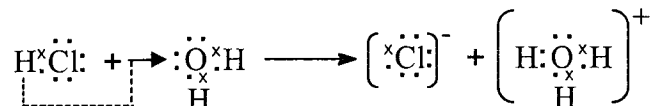
Bizim misalda həlledici su olduğuna görə *hidratlaşma* adlanır. HCl, H₂SO₄, HNO₃ və s. turşuların molekullarında ionlar yoxdur. Lakin onların suda məhlulları elektrik cərəyanını keçirir. Deməli, həmin məhlullarda ionlar var. Suyun hansı xassələri turşuların ionlara parçalanmasına səbəb olur?

İon tipli birləşmələrdə olduğu kimi bu da su molekulunun polyarlığı ilə əlaqədardır. HCl molekulu da polyardır. Hidrogen və xlor atomları arasındakı rabitə polyardır. Ona görə ki, xlorun elektromənfiliyi hidrogenin elektromənfiliyindən böyükdür. Onları birləşdirən elektron cütü qismən xlorə tərəf cəzb olunmuşdur, hidrogen qismən müsbət yüklənir, xlor isə mənfi yüklənir. Hidrogen-xloridi suda həll etdikdə polyar H₂O molekulları HCl molekulu ətrafında istiqamətlənir, elektrostatik cazibə nəticəsində hidratlaşmış H⁺ və Cl⁻ ionları əmələ gəlir:

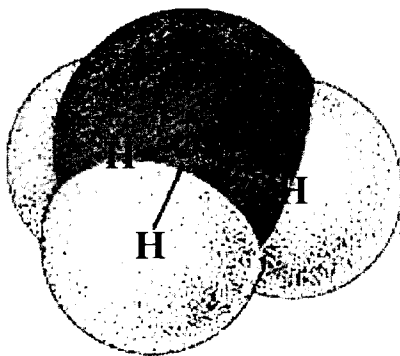


Şəkil IX-4. Polyar HCl molekulları həllolma zamanı parçalanır, H⁺ və Cl⁻ ionlarına dissosiasiya edir.

HCl və H₂O molekullarında kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütləri var. HCl molekulundan ayrılan H⁺ ionu H₂O molekuluna birləşir. Hidrogenin qalan elektronu xlorid ionu əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bunları sxematik olaraq aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



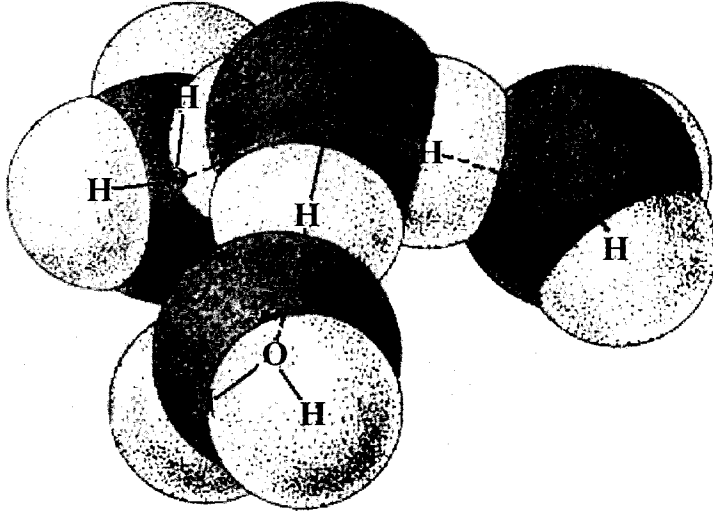
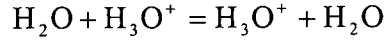
HCl molekulundan H⁺ ionunun ayrılaraq H₂O molekuluna birləşməsinin səbəbini yalnız H₂O molekulunda kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütünün olması ilə izah etmək düzgün olmazdı. Kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü HCl molekulunda da var. H₂O molekulunda -2 yüklü oksigen (O²⁻) müsbət yüklü hidrogenləri (H⁺), xlorun (Cl⁻) hidrogeni (H⁺) cəzb etməsinə nisbətən daha güclü cəzb edir. Kulon qanununa əsasən əks işarəli hissəciklərin arasındakı cazibə qüvvəsi yükün miqdarı ilə düz mütənasibdir. H₂O^{1+ 2-}-da müsbət iki (+2) mənfi ikini (-2) cəzb edir. Hidrogen-xloriddə isə müsbət bir (+1) mənfi biri (-1) cəzb edir. Ona görə də HCl molekulundan H⁺ ionu ayrılaraq H₂O molekuluna birləşir. Alınan H₃O⁺ ionu hidroksonium ionu adlanır. Onun modelini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



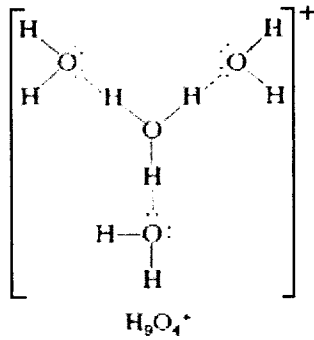
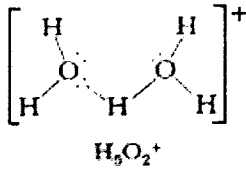
Şəkil IX-5. H₃O⁺ hidroksonium ionunun modeli.

H₃O⁺ ionu da hidratlaşmış şəkildədir. Onda olan hidrogenlərin hər biri ilə bir H₂O

molekulu arasında hidrogen rabitəsi yaranır, nəticədə $H_9O_4^+$ ionu əmələ gəlir. Bunlar kinetik cəhətdən qeyri-sabitdir. Məsələn, hidroksonium H_3O^+ ionunun mövcud olma müddəti 10^{-12} saniyədir. H_3O^+ ionundan ayrılan H^+ digər H_2O molekulu ilə birləşir yeni H_3O^+ ionu əmələ gəlir:



Şəkil IX-6. Üç su molekulu və H_3O^+ ionlarından təşkil olunmuş $H_9O_4^+$ ionunun modeli.



Şəkil IX-7. H_3O^+ ionunu nəzərə almadan suda protonun mövcudluğunun iki mümkün forması. Bu iki hissəciyin mövcudluğu təcrübi müəyyən edilmişdir.

$H_9O_4^+$ -dən başqa $H_5O_2^+$ və $H_7O_3^+$ və s. ionları da olur.

§ 3. Dissosiasiya dərəcəsi

Elektrolitlər məhlulda tamamilə və yaxud qismən ionlara ayrılırlar. Bu proses elektrolitin təbiətindən, məhlulun qatılığından və temperaturdan asılıdır. Elektrolitik dissosiasiyamı miqdarı xarakterizə etmək üçün dissosiasiya dərəcəsi istifadə edilir. İonlara ayrılan molekulların sayının həll olan molekulların ümumi sayına olan nisbəti *dissosiasiya dərəcəsi* adlanır. Dissosiasiya dərəcəsi α ilə işarə edilir:

$$\alpha = \frac{N_{dis.}}{N_{üm.}}$$

$N_{dis.}$ -dissosiasiya etmiş molekulların sayı, $N_{üm.}$ -elektrolitin həll olan molekullarının ümumi sayıdır.

Elektrolitlərin dissosiasiya dərəcəsi $0 < \alpha \leq 1$ arasında dəyişir. Qeyri-elektrolitlərdə

$\alpha = 0$ -dir.

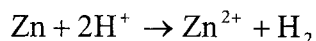
25 °C-də 0,1M asetat turşusu məhlulunun dissosiasiya dərəcəsi 0,013, yaxud 1,3 %-dir. Sianid turşusunun HCN isə həmin temperaturda eyni qatılıqlı məhlulunda dissosiasiya dərəcəsi $7 \cdot 10^{-5}$ yaxud 0,007 %-dir. Elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi elektrolit məhlulunun elektrik keçiriciliyinə əsasən müəyyən edilir. Elektrolit məhlulunun elektrik keçiriciliyi məhluldakı sərbəst ionların qatılığı ilə düz mütənasibdir. Dissosiasiya dərəcəsi asılı olaraq elektrolitlər qüvvətli, orta qüvvətli və zəif elektrolitlərə bölünürlər. Dissosiasiya dərəcəsi 30 %-dən böyük olanlar qüvvətli, 30 %-lə 3 % arasında olanlar orta qüvvətli, 3 %-dən az olanlar isə zəif elektrolitlərdir.

Duzların əksəriyyəti, turşulardan HCl, HBr, HI, HNO₃, H₂SO₄, H₂SeO₄, HClO₃, HBrO₃, HIO₃, HClO₄, HMnO₄, H₂Cr₂O₇, əsaslardan LiOH, NaOH, KOH, RbOH, CsOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂ qüvvətli elektrolitlərdir. H₂S, HCN, HClO, H₃BO₃, H₂CO₃, NH₄OH və s. zəif elektrolitlərdir. Zəif elektrolitlərin elektrolitik dissosiasiya dərəcəsinin müxtəlif üsullarla (qaynama temperaturunun, yaxud elektrik keçiriciliyinin ölçülməsi) təyin edilməsi təqribən eyni nəticə verir. Lakin qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya dərəcəsinə müxtəlif üsullarla təyin etdikdə müxtəlif nəticələr alınır. Deməli, elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi real «həqiqi» dissosiasiya dərəcəsinə xarakterizə etmir, zahiri kəmiyyətdir. Bunlar XX əsrin iyirminci illərində S.Arreniusun elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə yenidən baxılmasına səbəb olmuşdur. Elektrolitik dissosiasiyanın yeni nəzəriyyəsinin yaradılmasında holland alimi P.Debayın tədqiqatlarının əhəmiyyəti daha çox olmuşdur. Elektrolitlərin yeni elektrostatik nəzəriyyəsinə görə, duru məhlulda qüvvətli elektrolit tamamilə ionlara ayrılır, yəni $\alpha = 1$ olur. Lakin dissosiasiya dərəcəsinə eksperimental olaraq təyin etdikdə $\alpha < 1$ olur. Bu onu göstərir ki, həqiqi dissosiasiya dərəcəsi deyil, zahiri dissosiasiya dərəcəsi ölçülür. Məsələn, hər hansı elektrolit üçün $\alpha = 0,7$ alınbsa, S.Arrenius nəzəriyyəsinə görə, məhlulda həmin elektrolitin 70 %-i ionlara parçalanıb, 30 %-i isə dissosiasiya etməmiş molekullar şəklindədir. Elektrostatik nəzəriyyə isə bunu başqa cür izah edir: $\alpha = 0,7$ onu göstərir ki, elektrolitin həll edilən bütün molekulları ionlara ayrılıb, lakin onlardan yalnız 70 %-i sərbəst haldadır, 30 %-i isə bir-birilə elektrostatik qarşılıqlı təsir nəticəsində «birləşmiş» vəziyyətdədir.

Elə maddələr var ki, suda az həll olmalarına baxmayaraq qüvvətli elektrolitlərdir. Bunlara misal olaraq manqan 2-hidroksidi Mn(OH)₂ və gümüş-xloridi AgCl göstərmək olar. 100 q suda $3 \cdot 10^{-4}$ q Mn(OH)₂ həll olur, lakin onun həll olan hissəsi tamamilə Mn²⁺ və OH⁻ ionlarına ayrılır. 100 q suda 0,00015 q AgCl həll olur. Onun həmin miqdarı tamamilə Ag⁺ və Cl⁻ ionlarına dissosiasiya edir. Ona görə də gümüş-xlorid qüvvətli elektrolitlərə aiddir.

§ 4. Elektrolitik dissosiasiyaya təsir edən amillər

1. *Elektrolitin təbiəti (elektrolitin xassəsi).* Eyni qatılıqlı və eyni həcmli xlorid və asetat turşusu məhlulu ilə sinkin reaksiyasının sürəti müxtəlifdir. Xlorid turşusu məhlulundan hidrogen sürətlə çıxır. Asetat turşusu məhlulunda reaksiya zəif gedir. Bu onu göstərir ki, xlorid turşusu məhlulunda H⁺ (H₃O⁺) ionları asetat turşusu məhluluna nisbətən çoxdur:

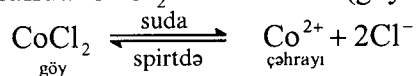


HF, HCl, HBr, HI sırasında HF-dan HI-a tərəf getdikcə hidrogen-halogenid rabitəsinin ionluq dərəcəsi azalır, lakin bunların suda məhlulunda HI-un dissosiasiya dərəcəsi daha yüksəkdir. Bunun səbəbi F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻ sırasında flüordan yoda doğru ionların radiusunun artması və buna uyğun olaraq hidrogenlə halogen arasında cazibənin azalması, dissosiasiyanın asanlaşmasıdır.

2. *Həllədicinin təbiəti yaxud dielektrik sabiti.* Dielektrik sabiti – iki yüklü hissəcik

arasındaki cazibə qüvvəsinin həmin mühitdə vakuumdakına nisbətən neçə dəfə az olmasıdır. Suyun dielektrik sabiti 81-ə bərabərdir. Deməli, iki yüklü hissəcik arasındakı cazibə qüvvəsi havasız şəraitdəkinə nisbətən suda 81 dəfə azdır.

Kobalt-xloridin suda məhlulu çəhrayı rəngdə spirtdə (etil spirtində) məhlulu isə göy rəngdədir. Spirtin dielektrik sabiti 27,8-dir. CoCl_2 -nin suda məhlulunda Co^{2+} ionları (çəhrayı rəngli), spirtdə məhlulunda CoCl_2 molekulları (göy rəngli) çoxdur:

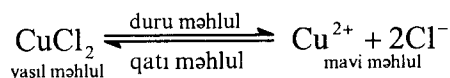


Əks yüklü ionların qarşılıqlı təsirinə həlledicinin təsirinin miqdarı xarakteristikasını, yəni elektrolitik dissosiasiya dərəcəsini Kulon qanunu ilə ifadə etmək olar:

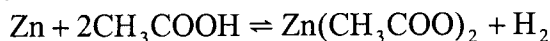
$$F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2 \epsilon}$$

F-ionlar arasındakı cazibə qüvvəsi, Q_1 və Q_2 elektroliti təşkil edən ionların yükü, r-ionlar arasındakı məsafə, ϵ -həlledicinin dielektrik sabitidir.

3. *Məhlulun qatılığı.* Məhlulu durulaşdırdıqda dissosiasiya dərəcəsi artır. Başqa sözlə desək, məhlulda elektrolitin miqdarı az olduqda əks yüklü ionların bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olması, birləşməsi ehtimalı azalır. Bunu aşağıdakı misaldan görmək olar. Uyğun olaraq qatılığı 1,0 mol/l; 0,5 mol/l; 0,1 mol/l və 0,001 mol/l olan nitrat turşusu məhlulunun dissosiasiya dərəcəsi 82 %, 86 %, 92 % və 99,3 %-dir. Susuz CuCl_2 duzu sarı rənglidir, hidratlaşmış Cu^{2+} ionu mavi rənglidir. CuCl_2 -nin duru məhlulu mavi rənglidir. Deməli, dissosiasiya dərəcəsi böyükdür. Həmin duzun qatı məhlulu isə yaşıl rənglidir. Ona görə ki, məhlulda CuCl_2 (sarı) ilə yanaşı Cu^{2+} (mavi) ionları var. Sarı rəngi göy rənglə qarışdırdıqda yaşıl rəng alınır:



4. *Birinci elektrolitə eyni adlı ion olan ikinci elektrolitin əlavə edilməsi.* Sinkin asetat turşusu məhlulu ilə reaksiyasını nəzərdən keçirək:



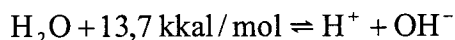
Asetat turşusu məhluluna bərk natrium-asetat duzu əlavə etdikdə hidrogenin ayrılması zəifləyir. Bunun səbəbi CH_3COONa duzunun dissosiasiyasından asetat ionu əmələ gəlməsi və həmin ionların asetat turşusunun dissosiasiyasının tarazlığını sola yönəltməsidir:



Məhlulda H^+ ionları azalır, sinkin hidrogeni çıxarması demək olar ki, dayanır.

Qatı natrium-xlorid məhluluna hidrogen-xlorid qazı yaxud xlorid turşusu məhlulu əlavə etdikdə təmiz NaCl kristalları çökür. Məhlulda Cl^- ionlarının sayı artır, ionlu assosiatlar əmələ gəlir. Bunlar isə natrium-xloridin həllolmasını azaldır. Bu üsulla təmiz NaCl alırlar.

5. *Elektrolitik dissosiasiyaya temperaturun təsiri.* Əgər elektrolitik dissosiasiya endotermikdirsə, yəni istilik udulursa qızdırdıqda dissosiasiya sürətlənir, əksinə olduqda zəifləyir:



Göründüyü kimi, suyun dissosiasiyası istilik udulması ilə müşayiət olunur. Temperaturu 18 °C-dən 100 °C-yə qədər artırıdığımızda suyun dissosiasiyası uyğun olaraq sürətlənir $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-9}$ -dan $1,5 \cdot 10^{-8}$ -ə qədər artır.

Maraqlıdır ki, asetat turşusunun dissosiasiyasının maksimal qiyməti 25 °C-də olur. Həmin temperaturdan yuxarıda və aşağıda dissosiasiyanın qiyməti azalır. Digər elektrolitlərin dissosiasiyası geniş temperatur intervalında dəyişir.

§ 5. Dissosiasiya sabiti

Elektrolitik dissosiasiyanın tənliyini ümumi şəkildə belə yazmaq olar:



Sağa gedən proses dissosiasiya sola tərəf gedən proses assosiasiyadır (ionlar birləşib molekul əmələ gətirir). Kütlələrin təsiri qanunu tətbiq etsək aşağıdakıları yazmaq olar:

$$v_1 = k_1[AB]; \quad v_2 = k_2[A^+][B^-]$$

Dissosiasiya dönən prosesdir, ona görə də tarazlıq yarandıqda $v_1 = v_2$ olur. Buradan

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$$

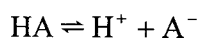
yazmaq olar. K -dissosiasiya sabitidir, onun qiyməti həlledicinin təbiətindən və temperaturdan asılıdır, lakin məhlulun qatılığından asılı deyil.

Tarazlıq sabitinin tənliyindən görünür ki, dissosiasiya etməmiş molekulların sayı çox olduqca dissosiasiya sabitinin qiyməti az olur, əksinə olduqda isə K -nın qiyməti böyük olur. Qeyd etmək lazımdır ki, zəif elektrolitlərdə dissosiasiya sabiti məhlulda həmin elektrolitin qatılığından asılı olmur. Lakin qüvvətli elektrolitlərdə dissosiasiya sabitinin qiyməti məhlulda elektrolitin qatılığından asılı olaraq dəyişir. Məsələn, 25 °C-də uyğun olaraq 3 N; 2 N; 1 N; 0,01 N KCl məhlulunun dissosiasiya sabiti 4,31; 3,52; 2,34; 0,536 olur.

§ 6. Durulaşdırma qanunu

Dissosiasiya dərəcəsi, dissosiasiya sabiti və məhlulların qatılığı bir-birilə Ostvaldın durulaşdırma qanunu ilə əlaqədardır.

Fərz edək ki, zəif turşu məhlulu var və o, aşağıdakı sxem üzrə dissosiasiya edir:



Məhlulun qatılığı C mol/l, dissosiasiya dərəcəsi α olarsa hidrogen ionlarının qatılığı $[H^+] = C\alpha$ olar. Birəşli turşular dissosiasiya etdikdə kationların sayı anionların sayına bərabər olar. Deməli, anionların qatılığı hidrogen ionlarının qatılığına bərabər olur:

$$[A^-] = [H^+] = C\alpha$$

Əgər 1 l məhlulda C mol var idisə, ondan $C\alpha$ ionlara parçalanıb və dissosiasiya etməmiş $C - C\alpha$ molekul qalır. Bunları dissosiasiya sabitinə tətbiq etdikdə aşağıdakıları alırıq:

$$K_d = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C - C\alpha} = \frac{C\alpha^2}{1 - \alpha}$$

Bu tənlik Ostvaldın durulaşdırma qanununun riyazi ifadəsidir. $\alpha < 1$ olduqda tənlik sadələşir, kiçik olduğuna görə α -nı nəzərə almamaq olar. Onda tənlik $K_d = C\alpha^2$ şəklini alır.

Buradan dissosiasiya dərəcəsini tapmaq olar:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}$$

Bunlara əsasən durulaşdırma (qatılığın azalması) qanununu belə ifadə etmək olar: *məhlulu durulaşdırdıqca elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi artır. Zəif elektrolitlərin dissosiasiya sabitindən istifadə etməklə müxtəlif hesablamalar aparmaq olar.*

Məsələ. 0,1 N HCN məhlulunda H^+ ionlarının qatılığını hesablayın.

Həlli. $[H^+] = C\alpha$

α -nın qiymətini $\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}$ yerinə yazsaq,

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_d C^2}{C}} = \sqrt{K_d C} = \sqrt{7,9 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1} = \sqrt{79 \cdot 10^{-12}} = 8,9 \cdot 10^{-6}$$

Cədvəl IX-1. Zəif elektrolitlərin dissosiasiya sabiti

Elektrolit	K_1	K_2	K_3
HNO ₂	$7,1 \cdot 10^{-4}$		
HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$		
CH ₃ COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
HClO	$3,0 \cdot 10^{-8}$		
H ₂ SO ₃	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	
H ₂ CO ₃	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	
H ₂ S	$8,9 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	
H ₃ PO ₄	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$4,4 \cdot 10^{-13}$
HCN	$7,9 \cdot 10^{-10}$		
NH ₄ OH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		

§ 7. Suyun ion hasilı. Hidrogen göstəricisi (pH)

Saf su demək olar ki, elektrik cərəyanını keçirmir. Lakin çox dəqiq cihazlarla müəyyən edilmişdir ki, su az da olsa elektrik cərəyanını keçirir. Deməli, su molekullarının çox az hissəsi dissosiasiya edir:



Suyun dissosiasiya sabiti $K = 1,86 \cdot 10^{-16}$ -ya bərabərdir:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1,86 \cdot 10^{-16}$$

Göründüyü kimi, dissosiasiyaya uğrayan su molekulları çox azdır, ona görə də praktik olaraq dissosiasiya etməmiş su molekullarının miqdarını 1 l (1000 q) hesab etmək olar. Bu

$$\frac{1000 \text{ q}}{18,02 \text{ q/mol}} = 55,55 \text{ mol edir.}$$

$$[H^+][OH^-] = K[H_2O] = 1,86 \cdot 10^{-16} \cdot 55,55 = 10^{-14}$$

Bu onu göstərir ki, müəyyən temperaturda su və sulu məhlullarda hidrogen və hidroksid ionlarının qatılıqları hasilı sabit kəmiyyətdir. Həmin kəmiyyət (25 °C-də) *suyun ion hasilı* adlanır:

$$[H^+][OH^-] = K[H_2O] = 10^{-14}$$

Hər iki ionun qatılığı bərabər olduğundan

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol/l}$$

Əgər saf suya hər hansı turşu əlavə etsək, H⁺ ionlarının qatılığı artar $[H^+] > 10^{-7}$ (10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴ və s. olur) turş mühit yaranır.

Saf suya qələvi əlavə etsək H⁺ ionlarının sayı azalır, OH⁻ ionlarının sayı artır $[H^+] < 10^{-7}$ (10⁻⁸, 10⁻⁹, 10⁻¹⁰ və s. olur) qələvi mühit yaranır.

$[H^+] = 10^{-7} \text{ mol/l}$ olduqda məhlul neytral olur.

Məsələ. 25 °C-də 0,01N HCl məhlulunda H⁺ və OH⁻ ionlarının qatılığını hesablayın.

Həlli. HCl-qüvvətli elektrolitdir, deməli $\alpha = 1$ hesab etmək olar.

$$[H^+] = 0,01 = 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$K[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

OH⁻-nin qiymətini tapaq:

$$[OH^-] = \frac{K[H_2O]}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12} \text{ mol/l.}$$

Suya qələvi əlavə etdikdə OH^- ionlarının qatılığı artacaq, H^+ ionlarının qatılığı azalacaq.

Fərz edək ki, OH^- ionlarının qatılığı 10^{-3} mol/l oldu. Onda H^+ ionlarının qatılığını tapaq: $[\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ mol/l}$.

Mühitin turşuluğunu xarakterizə etmək üçün H^+ və OH^- ionlarının qatılığından deyil, hidrogen göstəricisindən istifadə etmək əlverişlidir. Hidrogen göstəricisi pH ilə işarə edilir. Hidrogen göstəricisi (pH) hidrogen ionlarının mənfi onluq loqarifminə ($p = -\lg$) bərabərdir: $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Hidroksid göstəricisini analogi olaraq $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$ yazmaq olar. Əgər $[\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ mol/l}$ -ə bərabədirsə, $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-4} = 4 \cdot \lg 10 = 4 \cdot 1 = 4$ olar.

Neytral mühitdə $\text{pH} = 7$

Turş mühitdə $\text{pH} < 7$ (6, 5, 4 və s.)

Qələvi mühitdə $\text{pH} > 7$ (8, 9, 10 və s.)

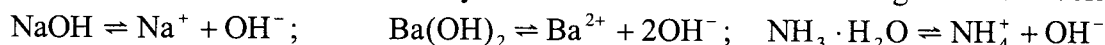
Cədvəl IX-2. Hidrogen göstəricisinin qiymətinin şkalası

pH	$[\text{H}_3\text{O}^+]$	$[\text{OH}^-]$
0	10^0	10^{-14}
1	10^{-1}	10^{-13}
2	10^{-2}	10^{-12}
3	10^{-3}	10^{-11}
4	10^{-4}	10^{-10}
5	10^{-5}	10^{-9}
6	10^{-6}	10^{-8}
7	10^{-7}	10^{-7}
8	10^{-8}	10^{-6}
9	10^{-9}	10^{-5}
10	10^{-10}	10^{-4}
11	10^{-11}	10^{-3}
12	10^{-12}	10^{-2}
13	10^{-13}	10^{-1}
14	10^{-14}	10^0

↑ Turşuluq artır
Neytral mühit
↓ Qələvilik artır

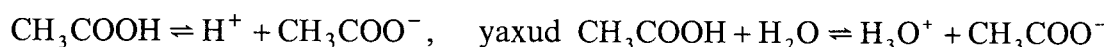
§ 8. Əsaslar, turşular, duzlar və amfoter hidroksidlərin elektrolitik dissosiasiyası

Əsaslar suda məhlulunda dissosiasiya edərək hidroksid ionu əmələ gətirən maddələrdir:

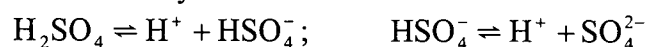


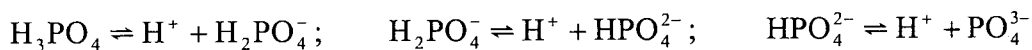
Elə maddələr var ki, onların tərkibində OH^- qrupu yoxdur, lakin əsaslıq xassəsi göstərir. Məsələn, trietilamin $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ əsaslara aid olan bir sıra xassələr göstərir. Geniş mənada əsaslar turşuları neytrallaşdıran maddələrdir.

Turşular suda məhlulunda dissosiasiya edərək hidrogen ionu H^+ əmələ gətirən maddələrdir.

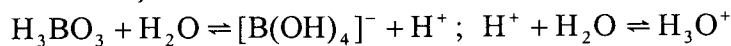


Çoxəsaslı turşular pilləli dissosiasiya edirlər:



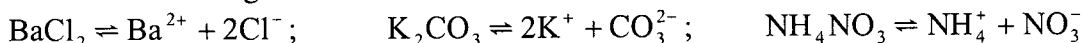


Dissosiasiya hər mərhələdə əvvəlkindən zəif gedir. Belə ki, ortofosfat turşusunun dissosiasiya sabiti birinci, ikinci və üçüncü mərhələlər üzrə uyğun olaraq $7,5 \cdot 10^{-3}$, $6,2 \cdot 10^{-8}$, $4,2 \cdot 10^{-13}$ -ə bərabərdir. Borat turşusu istisna təşkil edir. Onu suda həll etdikdə H^+ ionu H_3BO_3 molekulundan ayrılır. H_2O molekulundan OH^- ionu H_3BO_3 molekuluna birləşir, H^+ ionu məhlula keçir:

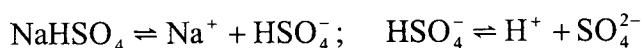


Bütün duzlar elektrolitlərdir, onların əksəriyyətinin dissosiasiyası dönməyən prosesdir. Duzlardan HgCl_2 , CdCl_2 , $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Fe}(\text{N}_3)_3$ zəif elektrolitlərdir.

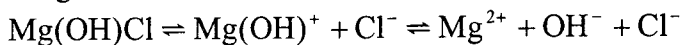
Normal duzların dissosiasiyasından duzu əmələ gətirən əsasın kationu və uyğun turşunun anionu əmələ gəlir:



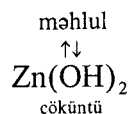
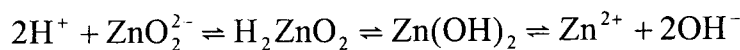
Turş duzların dissosiasiyasından metal kationu və turşu qalığı anionundan əlavə H^+ ionu da əmələ gəlir:



Əsasi duzların dissosiasiyasından metal kationu və turşu qalığı anionundan əlavə hidrokسيد ionu da əmələ gəlir:



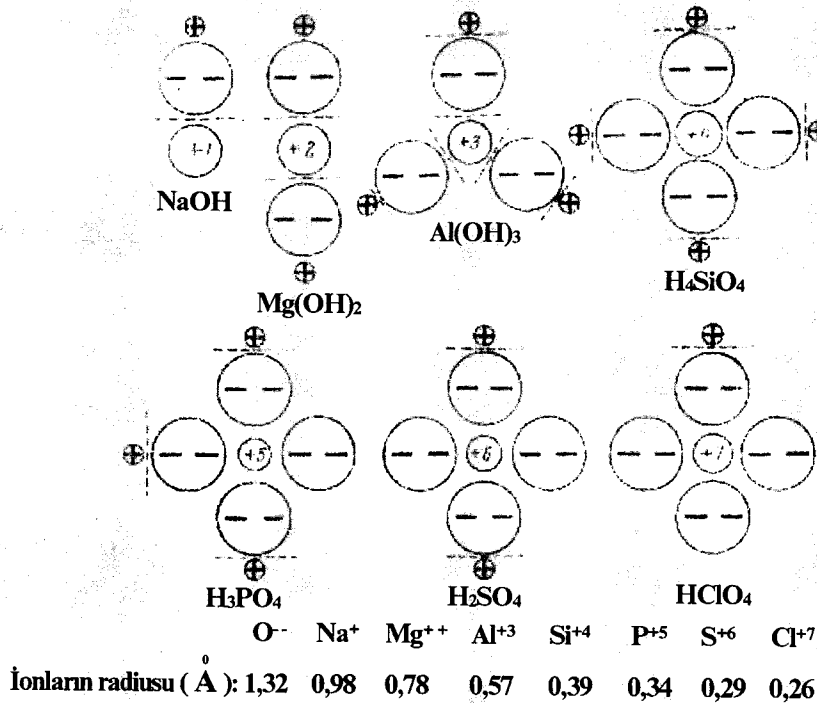
Suda praktiki həll olmayan əsasların bəzilərinin suda həll olan hissəsi turşu və həm də əsas kimi dissosiasiya edirlər. Yəni onların dissosiasiyasından H^+ və OH^- ionları əmələ gəlir. Belə hidrokسيدlər amfoter hidrokسيدlərdir:



Suda məhlulunda hidrokسيدlərin $\text{E}(\text{OH})_x$ - əsas, amfoter hidrokسيد, yaxud turşu tipində dissosiasiyası nədən asılıdır? Bunların hamısında $\text{H}-\text{O}-\text{E}$ rabitələri var. Əgər hidrogenlə oksigen arasındakı rabitə möhkəmdirə elementlə oksigen arasındakı rabitə qırılır, hidrokسيد əsas kimi dissosiasiya edir. Oksigenlə hidrogen və element arasındakı rabitənin möhkəmliyi eyni dərəcədə olduqda hidrokسيد əsas və həm də turşu kimi dissosiasiya edir.

Natrium-hidrokسيد yalnız əsas kimi dissosiasiya edir: $\text{Na}-\overset{+1}{\text{O}}-\overset{-2}{\text{O}}-\overset{-1}{\text{H}}$. Oksigen tərəfindən həm natrium, həm də hidrogen cəzb olunur. Bunların hər ikisinin yükü eynidir, +1-ə bərabərdir, lakin radiusları fərqlidir. Hidrogen ionunun radiusu natrium ionunun radiusundan dəfələrlə kiçikdir. Ona görə də oksigen ionu (O^{2-}) tərəfindən H^+ ionu çox möhkəm cəzb olunur. H^+ ionu O^{2-} ionu tərəfindən daha güclü cəzb olunduqca, Na^+ ionunu dəfətmə qüvvəsi artır. Dissosiasiya yalnız əsas tipində olur, yəni Na^+ və OH^- ionlarına ayrılır. Maqnezium-hidrokسيدdə də dissosiasiya yalnız əsas tipində olur. Alüminium-hidrokسيدdə artıq Na^+ (0,098 nm) və Mg^{2+} (0,074 nm) ionlarına nisbətən Al^{3+} (0,057 nm) ionunun radiusu kiçikdir və yükü böyükdür. Bu iki amil O^{2-} ionu tərəfindən Al^{3+} və H^+ ionlarının eyni dərəcədə cəzb olunmasına səbəb olur. Ona görə $\text{Al}(\text{OH})_3$ həm əsas, həm də turşu kimi dissosiasiya edir. Alüminium-hidrokسيدə, o cümlədən amfoter hidrokسيدlərə turşu əlavə etdikdə H_3O^+ ionu ilə birləşərək H_2O molekulu əmələ gəlməsi üçün OH^- ionu ayrılır. Dissosiasiyanın tarazlığı OH^- ionlarının əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlir. Amfoter hidrokسيد əsas xassəsi göstərir. Əksinə ona, yəni amfoter hidrokسيدə qələvi ilə təsir etdikdə OH^- ionu ilə birləşmək üçün amfoter-hidrokسيد turşu xassəsi göstərir, ondan H^+ ionu ayrılır, H_2O molekulu əmələ gəlir. H_4SiO_4 ortosilikat turşusu suda həll olmur. Onun suda həll olan

hissəsi turşu kimi dissosiasiya edir, məhlulda H^+ ionları üstünlük təşkil edir. Si^{4+} (0,039 nm) ionunun yükü H^+ ionunun yükündən böyükdür və radiusu Al^{3+} ionunun radiusundan kiçikdir. Deməli, H_4SiO_4 -də Si^{4+} - O^{2-} rəbitəsi H^+ - O^{2-} rəbitəsindən daha möhkəmdir, Si^{4+} ionu O^{2-} ionu tərəfindən daha möhkəm cəzb olunur və buna uyğun olaraq Si^{4+} ionu H^+ ionunu dəf edir, H_4SiO_4 turşu tipində dissosiasiya edir, məhlulda H^+ ionları üstünlük təşkil edir. Silisiumdan sonra gələn III dövr elementlərinin baş oksidlərinin hidrokidləri turşulardır. Bunlar $H_3P^{5+}O_4$, $H_2S^{6+}O_4$ və $HC^{7+}lO_4$ turşularıdır. Həmin turşularda turşu əmələ gətirən element atomunun ionunun yükü artdıqca radiusu azalır. Bu amilin hər ikisi O^{2-} ionu tərəfindən hidrogen ionuna nisbətən turşunu əmələ gətirən element atomunun ionunun möhkəm cəzb olunmasına səbəb olur. Uyğun olaraq P^{5+} , S^{6+} , Cl^{7+} ionlarının radiusu 0,34 Å, 0,29 Å və 0,26 Å-ə bərabərdir. Şəkil IX-8-də III dövr elementlərinin baş oksidlərinin hidrokidlərinin dissosiasiyasının tipi punktirlə (qırıq xətt) xətlə göstərilib:

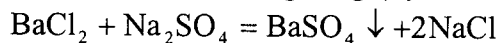


Şəkil IX-8. Mərkəzi ionun yükü və radiusundan asılı olaraq elementlərin hidrokidlərinin dissosiasiyasının tipi (dissosiasiya punktirlə göstərilmişdir).

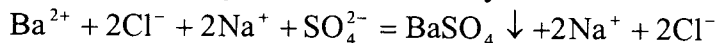
§ 9. Məhlullarda gedən ion-mübadilə reaksiyaları

Məhlulda ionlar arasında mübadilə reaksiyası çox böyük sürətlə gedir. İon mübadilə reaksiyalarında tarazlıq reaksiya məhsullarının əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlir. İon mübadilə reaksiyalarının dörd variantı var. Bunlar aşağıdakılardır.

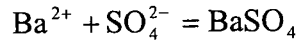
Çöküntünün ayrılması ilə gedən reaksiyalar. Barium-xlorid məhluluna natrium-sulfat məhlulu əlavə etdikdə kristallik barium-sulfat (ağ rəngli) çöküntüsü alınır:



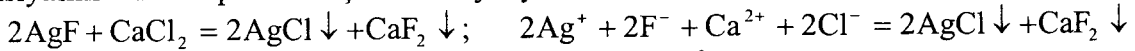
Bu reaksiyanın molekulyar tənliyidir. Həmin reaksiyanın tam ion tənliyi belədir:



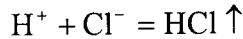
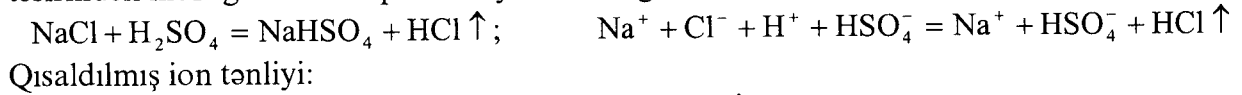
Göründüyü kimi, reaksiyada iştirak edən yalnız Ba^{2+} və SO_4^{2-} ionlarıdır. Na^+ və Cl^- ionları reaksiyada iştirak etmirlər, onlar məhlulda qalırlar. Yalnız məhlulu buxarlandırdıqda $NaCl$ duzu bərk halda alınır. Reaksiyanın yekun ion tənliyi belədir:



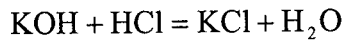
Deməli, bu reaksiyanın mahiyyəti Ba^{2+} ionu ilə SO_4^{2-} ionunun birləşməsidir. Elə reaksiyalar var ki, onlarda alınan maddələrin hər ikisi çöküntü halında olur. Bu halda reaksiyanın tam və qısaldılmış ion tənliyi eyni olur. Məsələn:



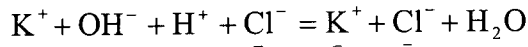
Qaz halında maddə ayrılması ilə gedən reaksiyalar. İstər çöküntü halında, istərsə də qaz halında maddə alındıqda onlar reaksiya sferasından çıxırlar, tarazlıq demək olar ki, tamamilə həmin maddələrin alınması istiqamətinə yönəlir. Qaz halında maddə ayrılmasına misal olaraq qatı natrium-xlorid məhlulu ilə qatı sulfat turşusu məhlulunun qarşılıqlı təsirindən hidrogen-xlorid qazının ayrılmasını göstərmək olar:



Zəif elektrolit (az dissosiasiya edən maddə) əmələ gəlməsi ilə gedən reaksiyalar. Bunlara misal olaraq əsaslarla turşular arasında gedən reaksiyaları (neytrallaşma reaksiyalarını) göstərmək olar:

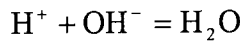


Tam ion tənliyi:

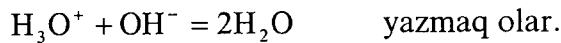


Riyaziyyatda tənliyin sol və sağ tərəfində eyni rəqəmlər, yaxud kəmiyyətlər olduqda onların üzərindən xətt çəkirik və ixtisar olunduğunu deyirik. Kimyəvi tənlikdə isə belə deyil. Bizim misalda K^+ və Cl^- ionları yox olmur, onlar məhlulda qalırlar, lakin reaksiyada iştirak etmirlər.

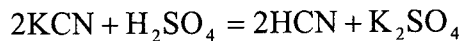
Qısa ion tənliyi belədir:



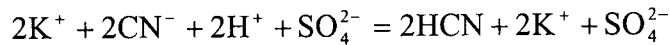
Məhlulda H^+ ionu H_3O^+ şəkilində olduğunu nəzərə alsaq:



Zəif elektrolitin əmələ gəlməsinə ikinci misal:



Tam ion tənliyi:

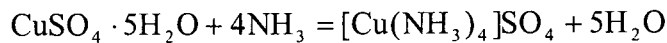


Qısa ion tənliyi:



Kompleks ion əmələ gəlməsi ilə gedən reaksiyalar. Reaksiyanın bu tipində kompleks ion əmələ gəlir və tarazlıq praktik olaraq kompleks ion əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlir.

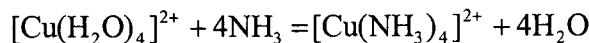
Bunlara misal olaraq mis kuporosu ilə ammoniyak arasında gedən reaksiyanı göstərmək olar:



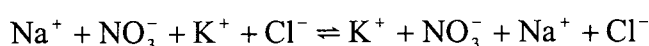
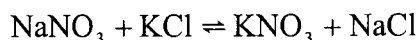
Tam ion tənliyi:



Qısa ion tənliyi:

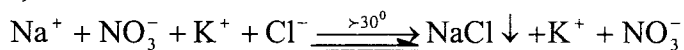


Kimyaya aid bəzi vəsaitlərdə natrium-nitratla kalium-xlorid arasında reaksiyanın praktik olaraq axıra qədər getmədiyi göstərilir. İlk baxışda bu doğrudur, yuxarıda göstərilən şərtlərdən heç biri ödənilmir:



Həmin maddələrin duru məhlullarını götürdükdə belə olur. Lakin onların doymuş

məhlullarında başqa hal müşahidə olunur. Duzların həllolma əyrisinə əsasən 25 °C-də KNO₃-ün həll olması ən aşağıdır, 30 °C-də və ondan yuxarı temperaturda natrium-xloridin həllolması ən azdır. Ona görə də KCl və NaNO₃ duzlarının qaynar, doymuş məhlullarını götürdükdə NaCl çöküntü halında ayrılır. Laboratoriya praktikasnda bu reaksiyadan kalium-nitrat almaq üçün istifadə edilir:



Solve üsulu ilə soda istehsalı natrium-hidrokarbonatın soyuq suda az həll olmasına əsaslanmışdır.

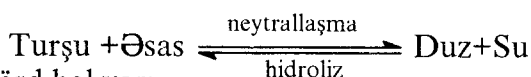
Elə reaksiyalar da var ki, onlarda ilkin maddələr və reaksiya məhsullarında çöküntü halında olanı olur:



Bu reaksiyaların hər ikisində tarazlıq sağa yönəlib. Ona görə ki, AgCl-ə nisbətən AgI-in, BaCO₃-ə nisbətən BaSO₄-ün həllolma qabiliyyəti azdır. Bunlardan belə nəticə çıxarmaq olar ki, məhlullarda gedən ion-mübadilə reaksiyalarında bütün hallarda tarazlıq ən az ion əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlir.

§ 10. Duzların hidrolizi

Hidroliz maddələrin su ilə mübadilə reaksiyasıdır. Hidroliz nəticəsində hidrogen ionlarının qatılığı, yəni pH dəyişir. Hidrolizə müxtəlif maddələr uğrayırlar. Onlara misal olaraq duzları, halogenanhidridləri, karbidləri, karbohidratları, yağları, zülalları və s. göstərmək olar. Dağ süxurlarının aşınması onları təşkil edən mineralların, əsasən silikatların hidrolizi ilə əlaqədardır. Canlı orqanizmlərdə karbohidratlar, yağlar və zülallar hidrolizə uğrayırlar. Qanın tərkibi və funksiyası plazmada həll olan duzların hidrolizindən asılıdır. İstehsalatda hidroliz prosesindən geniş istifadə edilir. Bunlara misal olaraq nişastadan şirniyyat məhsullarının alınmasını, oduncaqdan qlükoza istehsalını, yağlardan sabun istehsalını və s. göstərmək olar. Biz duzların hidrolizini nəzərdən keçirəcəyik. Duzların hidrolizi o vaxt baş verir ki, onları təşkil edən ionlardan biri, yaxud hər ikisi suyu təşkil edən ionlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq az dissosiasiya edən maddə əmələ gətirsin. Bu zaman suyu təşkil edən ionlardan biri H⁺, yaxud OH⁻ ionu sərbəst halda ayrılır, mühit turşu, yaxud qələvi xassəli olur. Hidrolizə neytrallaşma reaksiyasının əksi kimi baxmaq olar:



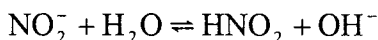
Duzların hidrolizində dörd hal var:

1. Qüvvətli əsasdən və qüvvətli turşudan əmələ gələn duzlar hidrolizə uğramırlar. Onların suda məhlulu praktik olaraq neytral olur pH≈7. Bunlara misal olaraq KMnO₄, BaCl₂, Na₂SO₄, KBr, NaI, CsCl və s. göstərmək olar.

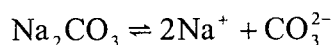
2. Qüvvətli əsasdən və zəif turşudan əmələ gələn duzlar. Bunlar hidrolizə uğrayırlar, məhlul qələvi xassəli olur. Hidrolizin bu halını NaNO₂ və Na₂CO₃ duzları misalında nəzərdən keçirək: NaNO₂ qüvvətli əsasdən NaOH və zəif turşudan HNO₂ əmələ gəlmişdir.



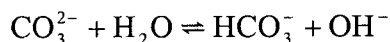
Nitrit ionu suyun dissosiasiyasından əmələ gələn H⁺ ionu ilə birləşir, məhlulda OH⁻ ionunun sayı artır, məhlul qələvi xassəli olur (pH>7). Nitrit ionları H⁺ ionlarını birləşdirdikcə Le-Şatelye prinsipinə əsasən suyun dissosiasiyasının tarazlığı sağa doğru yönəlir. Çox vaxt hidroliz tənliyini tərtib edərkən bunu nəzərə almaq üçün turşu qalığı, yaxud metal ionunun su molekulu ilə reaksiya tənliyi yazılır:



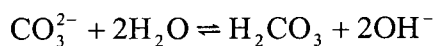
Natrium-karbonatın hidrolizi də iki mərhələdə gedir. Birinci mərhələdə duz dissosiasiyaya uğrayır:



İkinci mərhələdə karbonat ionu hidrokarbonat ionuna çevrilir və məhlulda OH^- ionlarının sayı artır mühit qələvi xassəli olur:

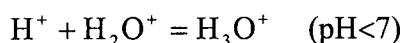


Bəzən səhv olaraq hidrolizin karbonat turşusu əmələ gələnə qədər getdiyini qeyd edirlər. Bu səhvdir, əgər H_2CO_3 əmələ gəlsəydi, OH^- ionları tərəfindən neytrallaşardı. Deməli,

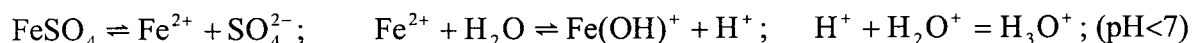


tənliyi doğru deyil. Ona görə ki, karbonatları suda həll etdikdə karbon qazı ayrılır.

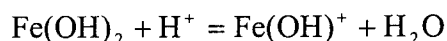
3. Zəif əsasdan və qüvvətli turşudan əmələ gələn duzlar hidrolizə uğrayırlar, məhlul turşu xassəli olur ($\text{pH} < 7$). NH_4NO_3 zəif əsasdan ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) və qüvvətli turşudan (HNO_3) əmələ gəlmişdir. Onun hidrolizini aşağıdakı tənliklərlə ifadə etmək olar:



Duzun kationunun yükü 2+, 3+ olduqda, hidrolizin məhsullarından biri əsasın hidrosikationu olur:

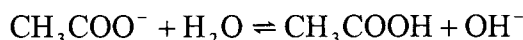
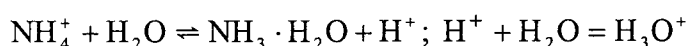
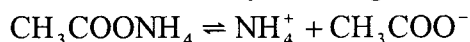


Bundan sonra $\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$ tənliyini yazmaq olmaz. Ona görə ki, əmələ gələn $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -ni çox tez vaxtda H^+ ionu neytrallaşdırır:

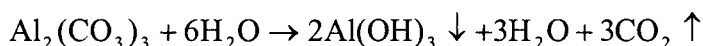
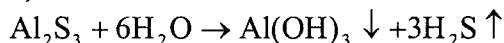


Suda həll olan ikivalentli dəmir duzlarının FeCl_2 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, FeSO_4 və s. hidrolizində $\text{Fe}(\text{OH})_2$ alınmır. Əgər hidroliz $\text{Fe}(\text{OH})_2$ alınmasına qədər getsəydi çöküntü alınardı. 100 q suda $5 \cdot 10^{-5}$ q $\text{Fe}(\text{OH})_2$ həll olur. Bu isə çox azdır.

4. Zəif əsas və zəif turşudan əmələ gələn duzlar. Bu duzlar tamamilə hidrolizə uğrayırlar, onların suda məhlulu praktik olaraq neytral olur. Eyni zamanda, metal ionu turşu qalığı anionu ilə birləşir, nəticədə zəif əsas və zəif turşu əmələ gəlir:



Bu reaksiyaların hər ikisinin sürəti praktik olaraq eyni olur, ona görə də ammonium-asetatın məhlulu neytral olur ($\text{pH} \approx 7$). Zəif əsas və zəif turşudan əmələ gələn duzların bəziləri dönməyən hidrolizə uğrayırlar. Hidrolizin bu halında hidroliz məhsullarından biri yaxud hər ikisi reaksiya sferasından çıxarılır:

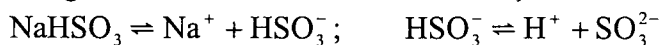


Dönməyən hidrolizə həmçinin qeyri-metalların bəzi birləşmələri də uğrayırlar:

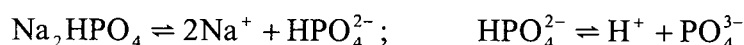


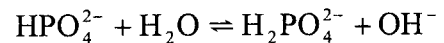
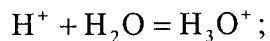
Turş duzların suda məhlullarında eyni zamanda iki proses gedir. Bunlardan biri turşu qalığının dissosiasiyasıdır, digəri onun hidrolizidir. Lakin bunların sürəti müxtəlif olur.

Məsələn, natrium-hidrosulfitin suda məhlulunda birinci proses, yəni dissosiasiyanın sürəti yüksək olur. Ona görə də həmin duzun məhlulu turşu xassəlidir ($\text{pH} < 7$):

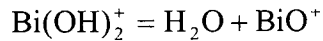


Turş duz olmasına baxmayaraq natrium-hidrofosfatın suda məhlulu qələvi reaksiyalıdır ($\text{pH} > 7$):

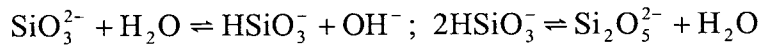
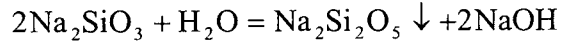




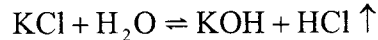
Hidrolizin xüsusi halı kimi vismut və stibium duzlarının hidrolizində oksid duz əmələ gəlməsini qeyd etmək olar:



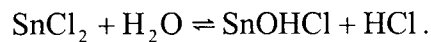
Natrium-silikatın hidrolizində, hidrosilikat əvəzinə dimetasilikat əmələ gəlir:



Biz yuxarıda qüvvətli əsasdan və qüvvətli turşudan əmələ gələn duzların hidrolizə uğramadığını qeyd etdik. Lakin bu, mütləq deyil. Belə ki, yüksək temperaturda kalium-xlorid hidrolizə uğrayır:



Bunun səbəbi hidrogen-xloridin qaz halında reaksiya sferasından çıxması və tarazlığın sağa doğru yönəlməsidir. Məhlulu durulaşdırdıqda və qızdırdıqda hidroliz sürətlənir. Duzun hidrolizinin qarşısını almaq üçün onun qatılığını artırmaq və mümkün olduqca aşağı temperaturda saxlamaq lazımdır. Bunlardan əlavə hidrolizin qarşısını almaq üçün qüvvətli əsasdan və zəif turşudan əmələ gələn duzun məhluluna qələvi əlavə etmək lazımdır. Əgər duz zəif əsasdan və qüvvətli turşudan əmələ gəlibsə, onun hidrolizinin qarşısını almaq üçün turşu əlavə etmək lazımdır. Məsələn, qalay 2-xloridin hidrolizinin qarşısını almaq üçün onun məhluluna xlorid turşusu əlavə edilməlidir. Tarazlıq bu zaman sola, turşunun sərf olunması istiqamətinə yönəlir:



Məsələlər

Məsələ 120. a) $[\text{OH}^-] = 0,010 \text{ M}$; b) $[\text{OH}^-] = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ M}$ məhlulda H^+ ionlarının tarazlıq qatılığını hesablayın.

Məsələ 121. 100°C -də gümüş-xloridin həllolma hasili $1,4 \cdot 10^{-4}$ -ə bərabərdir. Qaynayan suda gümüş-xloridin həllolma qabiliyyətini təyin edin.

Məsələ 122. Kalsium-sulfatın həllolma qabiliyyəti $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ -ə bərabərdir. CaSO_4 -ün həllolma hasilini hesablayın.

Məsələ 123. Hidrogen ionlarının qatılığı $0,0200 \text{ mol/l}$ olan məhlulun pH-nı hesablayın.

Məsələ 124. $\text{pH} = 4,30$ olan məhlulda hidrogen ionlarının qatılığını hesablayın.

Məsələ 125. $0,10 \text{ M}$ asetat turşusu məhlulunda hidrogen ionlarının qatılığını hesablayın. Turşunun dissosiasiya sabiti $1,8 \cdot 10^{-5}$ -ə bərabərdir.

Məsələ 126. Qatılığı 1 mol/l olan kalium-sulfit məhlulunun dissosiasiya dərəcəsi $0,75$ -ə bərabərdir. Məhlulda kalium ionlarının qatılığını hesablayın.

Məsələ 127. Qatılığı $0,001 \text{ mol/l}$ olan NaOH məhlulunun pH-nı hesablayın.

Məsələ 128. Qatılığı $0,01 \text{ mol/l}$ olan KOH məhlulunda H^+ ionlarının qatılığı neçədir?

Məsələ 129. Nə üçün distillə edilmiş suda $\text{pH}=7$ deyil, təqribən $6,3 - 6,5$ intervalında olur?

X FƏSİL

OKSİDLƏŞMƏ-REDUKSIYA REAKSIYALARI

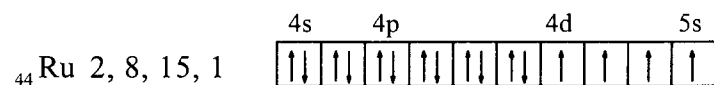
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları çox geniş yayılmışdır. Canlı orqanizmlərdə gedən maddələr mübadiləsi, çürümə, qıvcırma, fotosintez və maddələrin təbiətdə dövrəni oksidləşmə-reduksiya ilə əlaqədardır. Onları həmçinin metalların korroziyasında, istehsalında müşahidə etmək olar. Oksidləşmə-reduksiya prosesi vasitəsilə qələvilər, turşular və digər qiymətli məhsullar alınır. Qalvanik elementlərdə və istilik elementlərində elektrik enerjisi oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları əsasında istehsal edilir. Üzvi kimyanın bir çox sahələrində oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları geniş yayılmışdır və onların özünə məxsus xüsusiyyətləri var. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının mahiyyətini dərk etmək üçün oksidləşmə dərəcəsi və valentliyin mahiyyətini bilmək lazımdır.

§ 1. Valentlik və oksidləşmə dərəcəsi

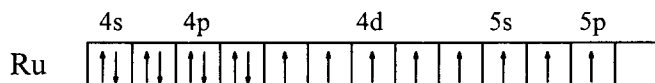
Valentlik və oksidləşmə dərəcəsi molekulda atomun iki xarakteristikasıdır. Valentlik dedikdə elementin kimyəvi rabitə əmələ gətirmək qabiliyyəti başa düşülür. Valentlik molekulda element atomunun digər atomlarla əmələ gətirdiyi rabitələrin sayıdır. Kovalent birləşmələrdə ümumi elektron cütlərinin sayı elementin valentliyidir. İon birləşmələrində valentlik öz mənasını itirir. İon rabitəsi doymamışlığı ilə xarakterizə olunur. İonun kristalında əks yüklü ionların sayı kristal əmələ gətirən elementlərin atomlarının xarici energetik səviyyəsindən asılı deyil. Natrium atomunun xarici energetik səviyyəsində bir elektron var. Xörək duzunun kristalında müsbət bir yüklü natrium ionu altı xlorid ionu ilə birləşmişdir. Bu halda natriumun valentliyi deyil, koordinasiya ədədi altıya bərabərdir. Barium metalı parçasında hər barium atomu səkkiz digər barium atomu ilə birləşmişdir. Lakin heç kəs demir ki, barium səkkiz valentlidir. Element atomunun valentlik imkanları aşağıdakılarla müəyyənləşdirilir:

1. Qoşalaşmamış elektronların olması;
2. Sərbəst orbitalların olması;
3. Kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektronların olması.

d yarım səviyyəsi qismən tamamlanmış d elementləri atomlarının geniş valentlik imkanları var. Həyəcanlanmamış halda rutenium atomunda dörd qoşalaşmamış elektron var:

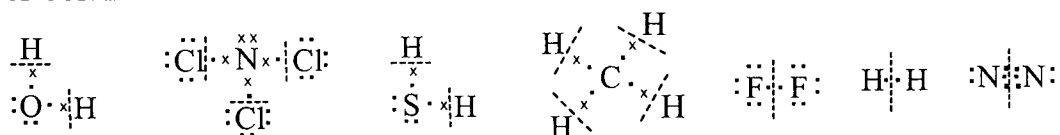


Bu halda rutenium dörd kovalent rabitə əmələ gətirə bilər, yəni dördvalentli ola bilər (RuO_2). Lakin onun üçün dörd valentlik xarakterik deyil. Çox vaxt oyanmış vəziyyətdə rutenium səkkiz valentli olur:

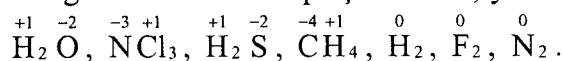


Buradan görünür ki, ruteniumun bir 5p orbitalı sərbəstdir. Deməli, həmin orbital digər elementin kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü üçün akseptor ola bilər. Belə elektron cütü fosforda trietilfosfatda var $\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$. Fosforun xarici təbəqəsi $3s^2 3p^3$ göstərir ki, o üç kovalent rabitə əmələ gətirdikdən sonra, kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü hesabına donor ola bilər. Ona görə də $\text{RuO}_4 \cdot \text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ birləşməsi əmələ gəlir. Bu birləşmədə rutenium doqquz valentli, fosfor isə dörd valentli olur. Hazırda valentlik fərdi maddədə atomların arasındakı qarşılıqlı təsirin bütün növləri kimi başa düşülür. Bu qarşılıqlı təsirlərə energetik faktorlar, elektrostatik

qüvvələr, kovalent qarşılıqlı təsirlər, əvvəlcədən mövcud olan elektron cütünün atomlar arasında yenidən paylanması (donor-akseptor, π -dativ rabitə və s.) aiddir. Oksidləşmə dərəcəsi, molekulun yalnız ionlardan ibarət olmasını fərz etməklə, molekulda atomların şərti yüküdür. İstənilən birləşmədə elementlərin oksidləşmə dərəcəsinə təyin etmək olar. Molekullardan ibarət olan birləşmələrdə elementlərin oksidləşmə dərəcəsinə təyin etmək üçün molekulunu fikrən biratomlu ionlara bölmək lazımdır. Bu zaman ümumi elektron cütü elektromənfililiyi yüksək olan elementə düşməlidir. Molekul eyni elementlərdən ibarət olduqda ümumi elektron cütü onların arasında bərabər bölünməlidir:



Göründüyü kimi, həmin birləşmələrdə elektromənfililiyi yüksək olan elementin oksidləşmə dərəcəsi elektromənfililiyi az olan elementin elektronları hesabına mənfəi olur. Oksidləşmə dərəcəsinə göstərən ədədin qarşısında +, yaxud - işarəsi yazılır.



Molekullarda və ionlarda oksidləşmə dərəcəsinə elektron formuluna əsasən təyin etmək çətin olur. Ona görə də çox vaxt oksidləşmə dərəcəsi riyazi hesablama yolu ilə təyin edilir.

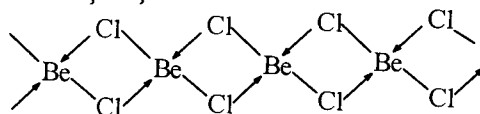
Bu zaman aşağıdakıları nəzərə almaq lazımdır:

1. Bəsit maddədə elementin oksidləşmə dərəcəsi sıfıra bərabərdir;
2. Birləşmələrdə bütün metalların oksidləşmə dərəcəsi müsbət olur;
3. Birləşmələrdə hidrogenin oksidləşmə dərəcəsi +1-ə bərabərdir;
4. Birləşmələrdə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -2-dir;
5. Birləşmələrdə flüorun oksidləşmə dərəcəsi -1 olur.

Bu qaydalarda birinci və axırını istisna olmaqla digərlərində kənarçıxma var.

Natrium-kalium xəlitəsini kraun-efirlərdə (L) həll etdikdə K^+LNa^- tərkibli birləşmə əmələ gəlir. Bu reaksiyada natrium metalı oksidləşdirici olur, kaliumun 4s yarımşəviyyəsindəki elektronu özünün 3s yarımşəviyyəsinə qəbul edir. Belə birləşmələr digər qələvi metallar üçün də alınmışdır. Fəal metalların hidridlərində (NaH^{-1} , KH^{-1} , CaH_2^{-1} , BaH_2^{-1} və s.) hidrogenin oksidləşmə dərəcəsi -1-ə bərabərdir. F_2O və F_2O_2 -də oksigenin oksidləşmə dərəcəsi uyğun olaraq +2 və +1-ə bərabərdir. Peroksidlərdə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1-ə bərabərdir: $\text{H}_2\text{O}_2^{-1}$, $\text{Na}_2\text{O}_2^{-1}$, $\text{K}_2\text{O}_2^{-1}$, BaO_2^{-1} və s. $\text{KO}_2^{-\frac{1}{2}}$ -də oksigenin oksidləşmə dərəcəsi $-\frac{1}{2}$, $\text{KO}_3^{-\frac{1}{3}}$ -də $-\frac{1}{3}$ -ə bərabərdir.

Bir çox hallarda elementin valentliyi ilə oksidləşmə dərəcəsi uyğun gəlmir. Məsələn, berillium-xloriddə berilliumun valentliyi dördə, oksidləşmə dərəcəsi isə +2-yə bərabərdir. Xlorun valentliyi ikiyə, oksidləşmə dərəcəsi isə -1-ə bərabərdir. Adi şəraitdə BeCl_2 molekulunu polimerləşmişdir:



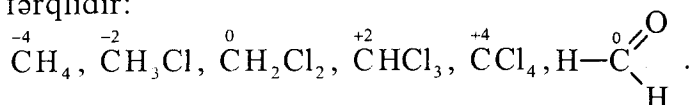
Maqnezium-hidroksibromiddə Br-Mg-O-H elementlərin valentliyi ilə oksidləşmə dərəcəsi belədir:

Element	Oksidləşmə dərəcəsi	Valentliyi
Br	-1	1
Mg	+2	2
O	-2	2
H	+1	1

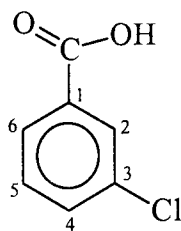
Ammonium ionunda azotun oksidləşmə dərəcəsi ilə valentliyi fərqlidir. Bunu NH_4NO_3 misalında görmək olar:

Element	Oksidləşmə dərəcəsi	Valentliyi
N (NH_4^+ -də)	-3	4
N (NO_3^- -də)	+5	4
O	-2	2
H	+1	1

Üzvi birləşmələrdə karbonun valentliyi 4-ə bərabərdir. Lakin oksidləşmə dərəcəsi fərqlidir:



3-xlorbenzoy turşusunda elementlərin oksidləşmə dərəcəsi və valentliyi aşağıdakı kimidir:



Element	Oksidləşmə dərəcəsi	Valentliyi
H	+1	1
O	-2	2
Cl	-1	1
C ₁	0	4
C ₂ (C ₄ -C ₆)	-1	4
C ₃	+1	4
C (COOH)	+3	4

Oksidləşmə dərəcəsi və birləşmənin xassələri. Oksidləşmə dərəcəsi formal anlayışdır, o atomun birləşmədəki real vəziyyətini əks etdirmir. Kovalent birləşmələrə ionlardan ibarət olan birləşmə kimi baxılır. Əslində isə onlarda ionlar yoxdur və bu şərti qəbul edilmişdir. Lakin müxtəlif birləşmələrin təsnifatında onların xassələrinin təsvirində və oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının əmsallarının düzəldilməsində bu anlayış əlverişlidir.

Fosforlu oksigenli turşularda fosforun oksidləşmə dərəcəsinə təyin edərək HPO_3 (+5), H_3PO_4 (+5), $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (+5), H_3PO_3 (+3) belə nəticə çıxarıyıq ki, birinci üç birləşmə bir-birilə oxşar olacaq, ona görə ki, onlarda fosforun oksidləşmə dərəcəsi +5-ə bərabərdir. Onların xassələri fosfit turşusunun (H_3PO_3) xassələrindən fərqlənəcək.

SO_2 -nin SO_3 -ə və H_2SO_3 -ün H_2SO_4 -ə çevrilməsində hər iki halda kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +4-dən +6-ya dəyişir, eyni proses, oksidləşmə baş verir.

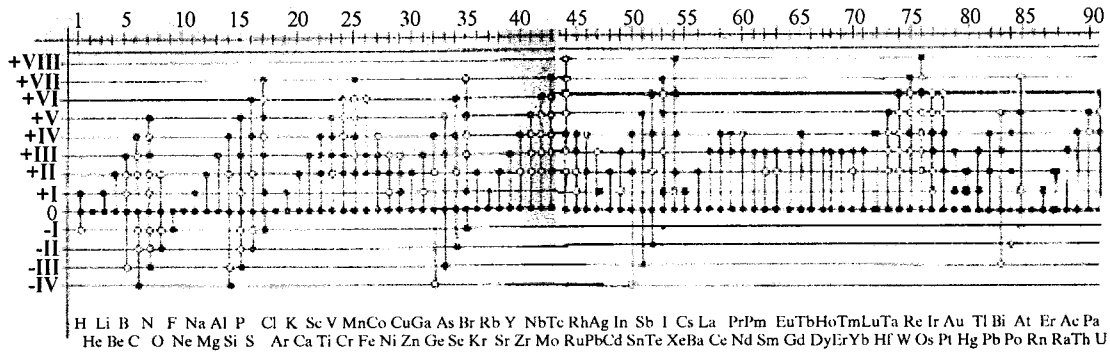
Oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -2 və 0 olan birləşmələri (H_2O , O_2) daha davamlıdır.

$\text{F}_2\text{O}^{\overset{+2}{}}$ və $\text{F}_2\text{O}_2^{\overset{+1}{}}$ qüvvətli oksidləşdiricilərdir. Ona görə ki, oksigen üçün oksidləşmə dərəcəsinin müsbət olması xarakterik deyil. Oksigen onun üçün davamlı olan hala keçir, elektron qəbul edir, başqa sözlə desək, reduksiya olunur. Peroksidlərdə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi aralıq vəziyyətdədir ($\text{H}_2\text{O}_2^{\overset{-1}{}}$). Ona görə də onun oksidləşmə dərəcəsi arta və azala bilər. Birinci halda o elektron verir, oksidləşir, yəni reduksiyaedici olur. Oksigenin oksidləşmə dərəcəsi 0 olur, sərbəst O_2 ayrılır. İkinci halda elektron qəbul edir, reduksiya olunur, oksidləşdirici xassə göstərir. Oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1-dən -2-yə qədər azalır.

Oksidləşmə dərəcəsinə əsasən birləşmənin oksidləşdirici və yaxud reduksiyaedici olduğunu asanlıqla təyin etmək olur. H_2SO_4 -də kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +6-ya

bərabərdir. Bu kükürd üçün maksimum oksidləşmə dərəcəsidir. O, daha elektron verə bilməz, yalnız onu qəbul edə bilər. Deməli, sulfat turşusu yalnız oksidləşdirici ola bilər. Hidrogen-sulfidə H_2S isə kükürd ən aşağı oksidləşmə dərəcəsidir (-2) və o daha elektron qəbul edə bilməz, yalnız elektron verə bilər. Ona görə də hidrogen-sulfid yalnız reduksiyaedici xassə göstərir.

Sulfit turşusunda H_2SO_3 kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +4-ə bərabərdir, aralıq vəziyyətdədir. O, elektron verə və qəbul edə bilər. Deməli, şəraitdən asılı olaraq reduksiyaedici yaxud oksidləşdirici ola bilər. Həmin mühakimələri selenin və tellurun uyğun birləşmələri üçün də yürüdə bilərik.



Şəkil X-1. Hidrogendən urana qədər elementlərin oksidləşmə dərəcəsi

•-işarəsi daha çox yayılmış qiymətləri, o-ışarəsi isə elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin nadir qiymətini göstərir.

Oksidləşmə dərəcəsinə yüklə qarışdırmaq olmaz. SO_3 molekulunda kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +6-ya bərabərdir. Lakin həmin birləşmədə yükü +6 olan kükürd yoxdur. Birləşmədə digər elementlərin oksidləşmə dərəcəsi məlum olduqda, onlardan birinin oksidləşmə dərəcəsinə təyin etmək olur. Bu zaman nəzərə almaq lazımdır ki, molekul elektroneytraldır, yəni onu təşkil edən elementlərin oksidləşmə dərəcələrinin cəbri cəmi sıfıra bərabərdir. Məsələn, $KMnO_4$ -də kaliumun oksidləşmə dərəcəsi +1, oksigenin oksidləşmə dərəcəsinin isə -2 olduğunu bilərək, manqanın oksidləşmə dərəcəsinə x -lə işarə etsək, aşağıdakı tənlik vasitəsilə manqanın oksidləşmə dərəcəsinə

təyin etmək olar: $KMnO_4$ $1 + x + 4(-2) = 0$, buradan $x = +7$. İonda onu təşkil edən elementlərin oksidləşmə dərəcələrinin cəbri cəmi ionun yükünə bərabərdir. PO_4^{3-}

ionunda fosforun oksidləşmə dərəcəsinə təyin edək: PO_4^{3-} $x + 4(-2) = -3$, buradan

$x = +5$; HN_3 $1 + 3x = 0$, buradan $x = -\frac{1}{3}$ və $HN_3^{-\frac{1}{3}}$; KO_3 -də oksigenin oksidləşmə

dərəcəsi $-\frac{1}{3}$ -ə bərabərdir.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini düzəldərkən ionların yükündən istifadə edəcəyik. Oksidləşmə dərəcəsi fərqli olaraq ionun yükünün işarəsi onu göstərən rəqəmdən sonra yazılır. İonun müsbət yükü element atomunun verdiyi elektronların sayına, mənfi yükü isə qəbul etdiyi elektronların sayına bərabərdir. Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} yazılışı həmin elementlərin atomlarının uyğun olaraq 1, 2 və 3 elektron verdiyini göstərir. F^- , O^{2-} və N^{3-} yazılışı isə həmin elementlərin uyğun olaraq 1, 2 və 3 elektron qəbul etdiyini göstərir.

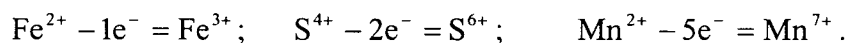
§ 2. Oksidləşmə-reduksiya

Kimyəvi reaksiyalara daxil olan maddələrin tərkibindəki elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən reaksiyalar *oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları* adlanır. Müasir təsəvvürlərə görə oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi elektronların keçidi ilə

əlaqədardır. Ona görə də oksidləşmə-reduksiya elektronların bir atom, molekul, yaxud iondan digərinə keçməsi ilə gedən reaksiya kimi baxmaq olar.

Oksidləşmə – atom, molekul, yaxud ionun elektron verməsidir. Atom elektron verdikdə, verdiyi elektronların sayı qədər müsbət yüklü olur. Məsələn, $Zn^0 - 2e^- = Zn^{2+}$ mənfi yüklü ion elektron verdikdə neytral hala keçir: $Cl^- - 1e^- = Cl^0$.

Müsbət yüklü ion elektron verdikdə ionun yükü verilən elektronların sayı qədər artır:



Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında elektron reaksiya sferasından kənara çıxmır. Elektron oksidləşən atom, molekul yaxud iondan reduksiya olunan (elektron qəbul edən) atom, molekul, yaxud iona keçir.

Reduksiya – atom, molekul, yaxud ionun elektronları birləşdirməsi prosesidir. Atom elektron birləşdirdikdə mənfi yüklü iona çevrilir:



Müsbət yüklü ion elektron aldıqda yükü qəbul edilən elektronların sayı qədər azalır:



Yaxud ion neytral atoma çevrilir:



Elektron qəbul edən atom, molekul, yaxud ion *oksidləşdirici* adlanır. Elektron verən atom, molekul, yaxud ion *reduksiyaedici* adlanır. Reaksiya prosesində oksidləşdirici reduksiya olunur, reduksiyaedici isə oksidləşir. Oksidləşmə-reduksiya elektron verilməsi və qəbul edilməsi kimi baxmaq heç də həmişə real prosesi əks etdirmir. Bəzi hallarda elektron bir atom, yaxud molekuldan digərinə tamamilə keçmir, yalnız elektron buludunun birindən digərinə tərəf yerdəyişməsi baş verir. Lakin bunlar oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini düzəltəndə o qədər əhəmiyyət kəsb etmir ki, ion, yaxud kovalent rabitə əmələ gəlir. Ona görə də sadəlik üçün elektron verilməsi və qəbul edilməsi kimi nəzərdə tutacağıq.

§ 3. Ən mühüm reduksiyaedicilər və oksidləşdiricilər

Metallar yalnız reduksiyaedici olurlar. Bu onların dövrü sistem cədvəlindəki mövqeləri və atomlarının elektron quruluşu ilə əlaqədardır. Əksəriyyətinin xarici energetik səviyyəsində 1–2 elektron olur və onları asanlıqla verirlər. Ona görə də reduksiyaedici xassə göstərilir, özləri oksidləşirlər. Dövrələr üzrə sıra nömrəsi artdıqca elementlərin reduksiyaedicilik xassəsi azalır, oksidləşdiricilik xassəsi artır. Məsələn, III dövrdə natrium ən qüvvətli reduksiyaedici, xlor isə ən fəal oksidləşdiricidir. Qələvi və qələvi-torpaq metalları fəal reduksiyaedicilərdir. Onlardan ən fəalları Fr və Cs-dur. Halogenlər isə fəal oksidləşdiricilərdir. Lakin bu flüordan başqa digər halogenlər üçün mütləq deyil. Onlar bəzi hallarda reduksiyaedici xassə göstərilir. Mürəkkəb maddələrin oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedici xassəsi onların tərkibindəki elementlərin oksidləşmə dərəcəsi ilə asılıdır. Məsələn, $KMnO_4$, MnO_2 , $MnSO_4$ birləşmələrində birincidə manqan maksimum oksidləşmə dərəcəsiyə çatmışdır. O daha elektron verə bilməz, yalnız qəbul edə bilər, oksidləşdirici ola bilər. Manqan ikinci birləşmədə (MnO_2) aralıq oksidləşmə dərəcəsi vəziyyətindədir. Ona görə də reaksiyadan asılı olaraq oksidləşdirici və həm də reduksiyaedici ola bilər. Üçüncü birləşmədə ($MnSO_4$) manqanın oksidləşmə dərəcəsi aşağı vəziyyətdədir, o reduksiyaedici ola bilər. Bizim sonuncu mühakiməmiz mütləq deyil. Belə ki, məhluluna digər fəal metalla təsir etsək, yaxud onu elektrolizə uğratsaq sərbəst metal alınır. Mn^{2+} ionu reduksiya olunur, oksidləşdirici xassə göstərir. Ən mühüm vacib reduksiyaedicilər

aşağıdakılardır.

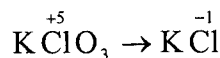
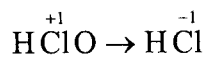
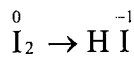
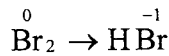
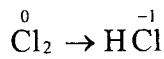
1. Metallar Li, Na, K, Mg, Cu, Zn, Al, Co, Fe, Ni, Mo və s., xüsusilə qələvi (Li, Na, K) və qələvi-torpaq metalları (Ca, Sr, Ba).
2. Hidrogen H₂, karbon (kömür və koks şəklində) qızdırılmış halda. Son vaxtlar təsirsiz qazlardan kripton, ksenon və radonda reduksiyaedicilik xassəsi aşkar edilmişdir.
3. Xarici p yarımsəviyyəsi tamamlanmış elementar anionlar (F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, S⁻², Se⁻², Te⁻² və s.). Hidridlərdə (NaH, KH, CaH₂ və s.) hidrid ionu da reduksiyaedicidir.
4. CO, H₂S, SO₂, HNO₂, H₂SO₃, SnCl₂, FeSO₄, aldehidlər, spirtlər, elektrik cərəyanı (katod) vacib reduksiyaedicilərdir.

Ən mühüm oksidləşdiricilər aşağıdakılardır: halogenlər, O₂, O₃, H₂, KMnO₄, K₂MnO₄, K₂Cr₂O₇, H₂SO₄ (qatı), HNO₃, AgO₂, PbO₂, Ag⁺ və Au³⁺ ionları, hipoxloritlər, xloratlar, elektrik cərəyanı (anod). Tərkibində oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan element atomları olan ionlar (⁵⁺NO₃⁻, ⁷⁺MnO₄⁻, ⁶⁺Cr₂O₇²⁻, ⁵⁺ClO₃⁻, ⁷⁺ClO₄⁻ və s.) oksidləşdiricilərdir. Onlardan oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan atom deyil, bütöv anion oksidləşdiricidir. Məsələn, Mn⁷⁺ ionu deyil, bütövlükdə MnO₄⁻ anionu oksidləşdiricidir.

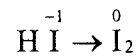
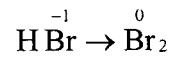
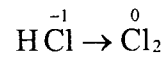
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında ilkin maddələrin xassələrinə əsasən reaksiya məhsullarını qabaqcadan bilməyin xüsusi əhəmiyyəti var. Bu məqsədlə aşağıdakı sxemlərdən istifadə etmək faydalıdır:

Oksidləşdiricilər

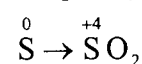
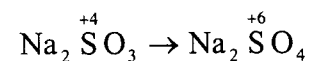
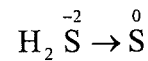
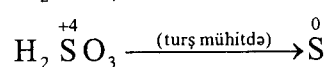
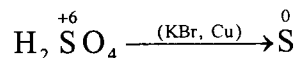
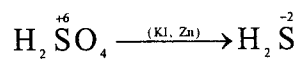
Halogenlər və onların birləşmələri



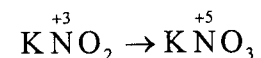
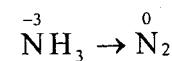
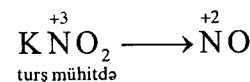
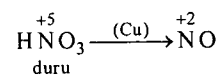
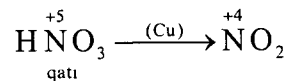
Reduksiyaedicilər



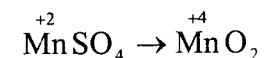
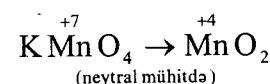
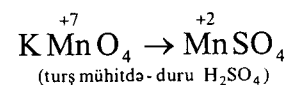
Kükürd birləşmələri

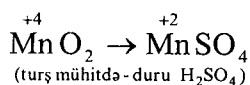
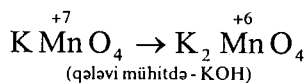


Azot birləşmələri

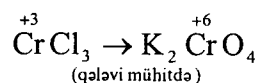
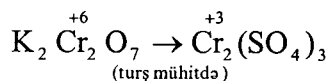


Manqan birləşmələri

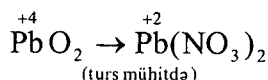




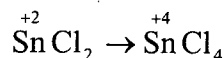
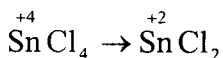
Xrom birləşmələri



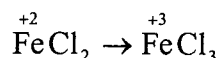
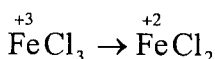
Qurğuşun birləşmələri



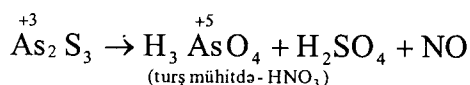
Qalay birləşmələri



Dəmir birləşmələri



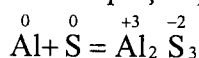
Arsen birləşmələri



§ 4. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərinin düzəldilməsi

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini düzəltmək üçün ilkin maddələrin və reaksiya məhsullarının oksidləşdirici-reduksiyaedici xassələrini bilmək lazımdır. Bunlar eksperimental olaraq və məlum maddələrin xassələrinə əsasən təyin edilir. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini düzəltmək üçün bir neçə üsul var. Bunlardan elektron balansı və elektron-ion üsulları daha geniş istifadə edilir.

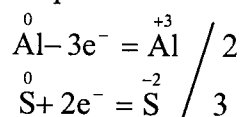
Elektron balansı üsulu. Bu üsul ilkin maddələrin tərkibindəki elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin müqayisə edilməsinə əsaslanmışdır. Reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayı oksidləşdiricinin aldığı elektronların sayına bərabər olmalıdır. Bu üsulun mahiyyətini alüminiumla kükürdün qarşılıqlı təsiri misalında aydınlaşdırıq:



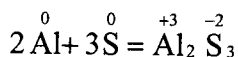
Bu reaksiyanın elektron tənliyi belədir:



Bir alüminium atomu 3 elektron verir, bir kükürd atomu isə 2 elektron qəbul edir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, oksidləşmə-reduksiya reaksiyasında elektron reaksiya sferasından kənara çıxmır. Bəs alüminiumun artıq qalan bir elektronu necə olur? Onda elə edirlər ki, reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayı, oksidləşdiricinin aldığı elektronların sayına bərabər olsun. Bu o halda mümkün olur ki, reaksiyada iki atom alüminium və üç atom kükürd iştirak etsin (bütövlükdə 3:2 mol nisbətində). Yəni iki atom alüminiumun verdiyi 6 elektronu üç atom (hər biri ikisini) kükürd qəbul edir. Bunun üçün elektron tənliyində alüminiumun və kükürdün işarələrinin sağ tərəfində uyğun olaraq 2 və 3 rəqəmlərini yazırıq:

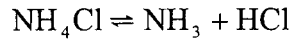


Bunlar onu göstərir ki, reaksiyada iki atom alüminium və üç atom kükürd iştirak edir, verilən elektronların sayı qəbul edilən elektronların sayına bərabər olur. Sonra həmin rəqəmləri reaksiya tənliyində sol tərəfdə əmsal kimi yazırıq:

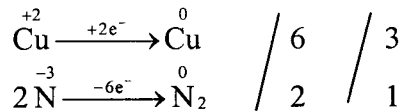
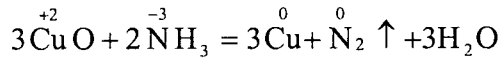


Bir sıra hallarda oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında yekun tənlik reaksiyanın mexanizmini əks etdirmir. Bunu mis 2-oksidlə ammonium-xlorid qarışığını qızdırdıqda

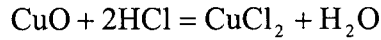
gedən reaksiyalardan görmək olar. Qızdırdıqda əvvəlcə ammonium-xlorid dönər reaksiya üzrə parçalanır:



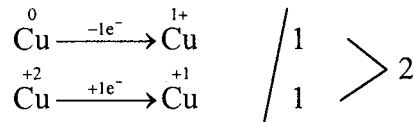
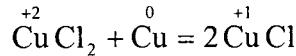
Əmələ gələn ammonyak mis 2-oksidi reduksiya edir:



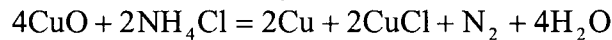
Reaksiyada alınan su CuO ilə HCl arasında reaksiyaya səbəb olur:



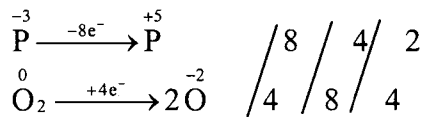
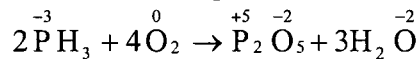
CuCl₂-ni mis metalı reduksiya edir:



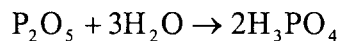
Bunları topladıqda yekun tənliyi alırıq:



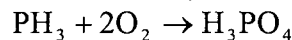
Fosfinin yanma reaksiyası formal olaraq sadə prosesdir:



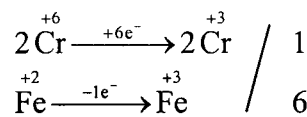
Nəzərə almaq lazımdır ki, fosfat anhidridi son dərəcə hiqroskopikdir, alınan anda su ilə birləşir:



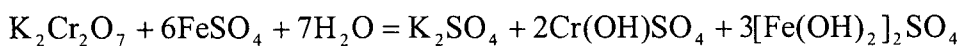
Deməli, fosfinin yanma məhsulu fosfat turşusudur:



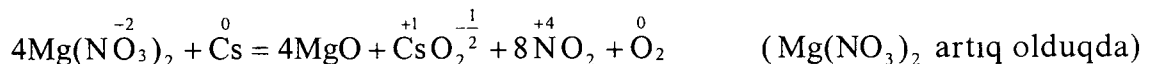
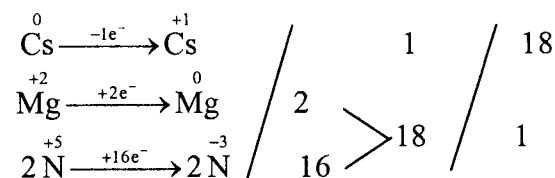
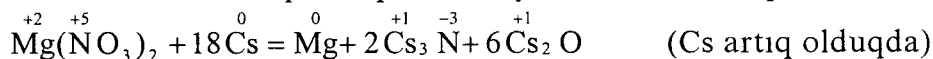
Neytral mühitdə kalium-bixromatla dəmir 2-sulfatın qarşılıqlı təsirindən metalların hidrokisidləri və sulfat turşusu alınır:

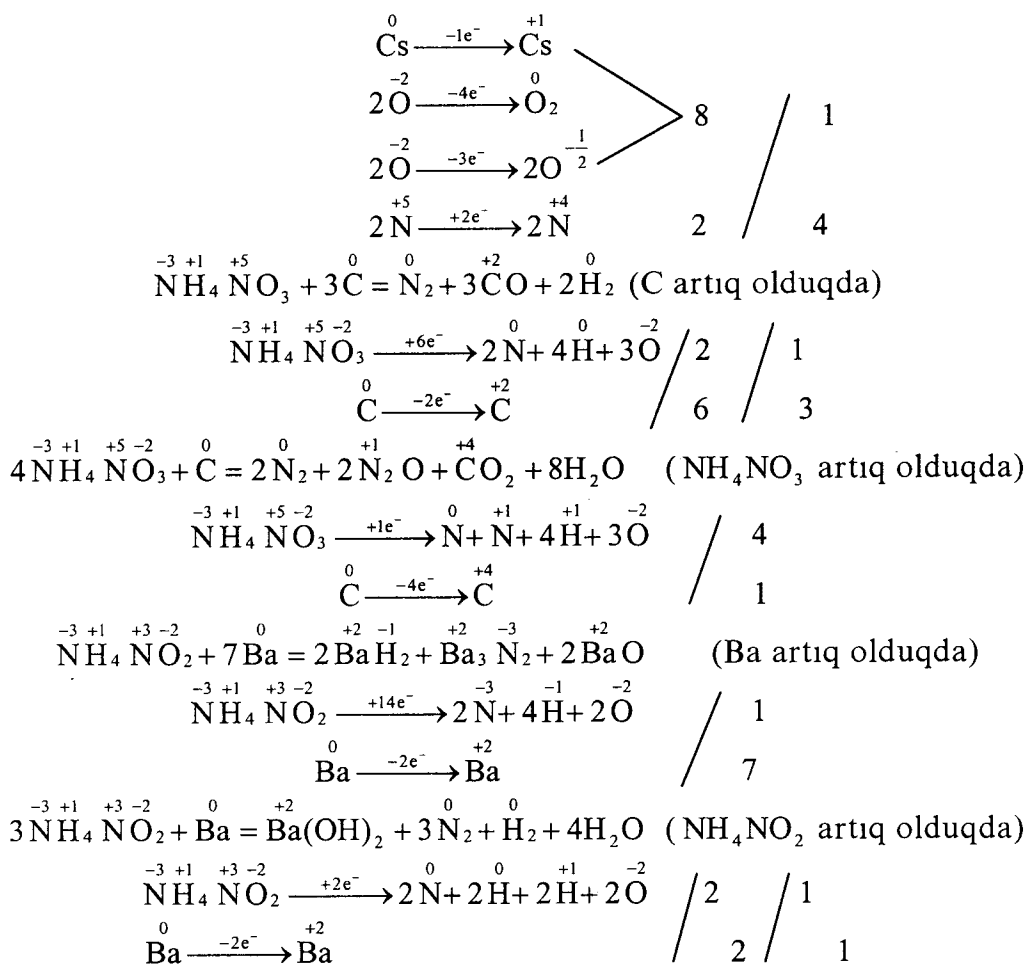


Aydındır ki, alınan sulfat turşusu hidrokisidlərlə reaksiyaya girəcək. Lakin turşunun miqdarı onları normal duzlara çevirmək üçün kifayət etmir. Ona görə də əsasi duzlar alınır:

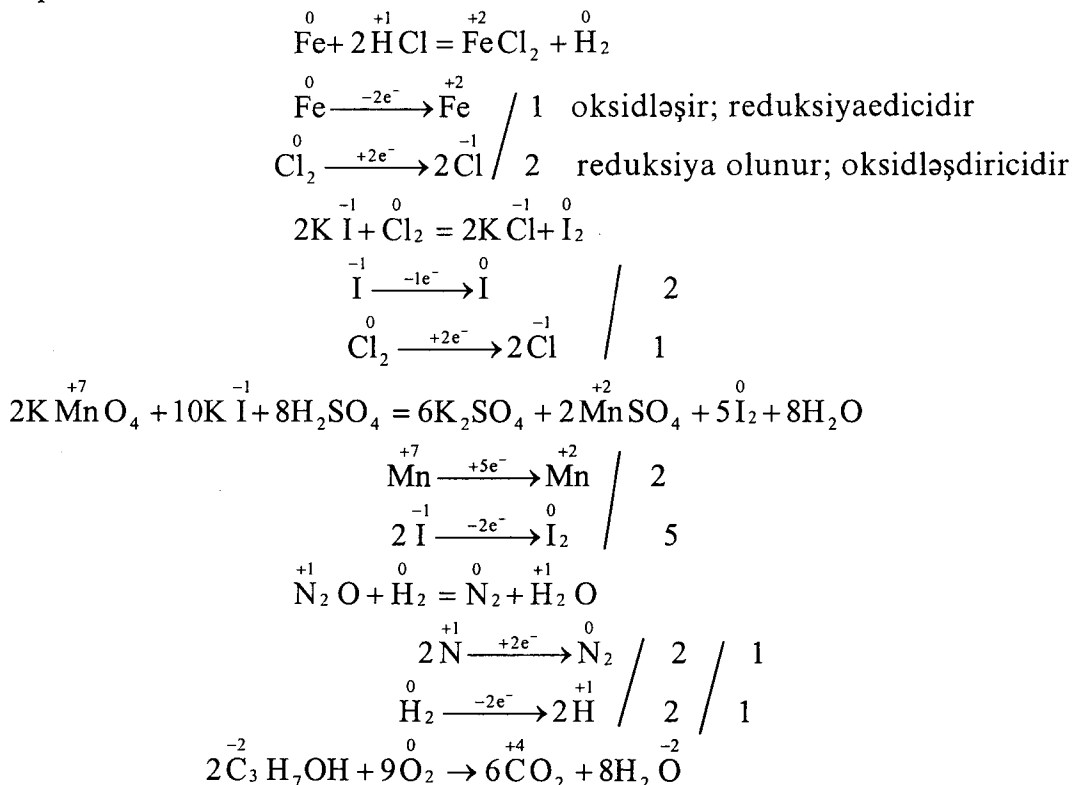


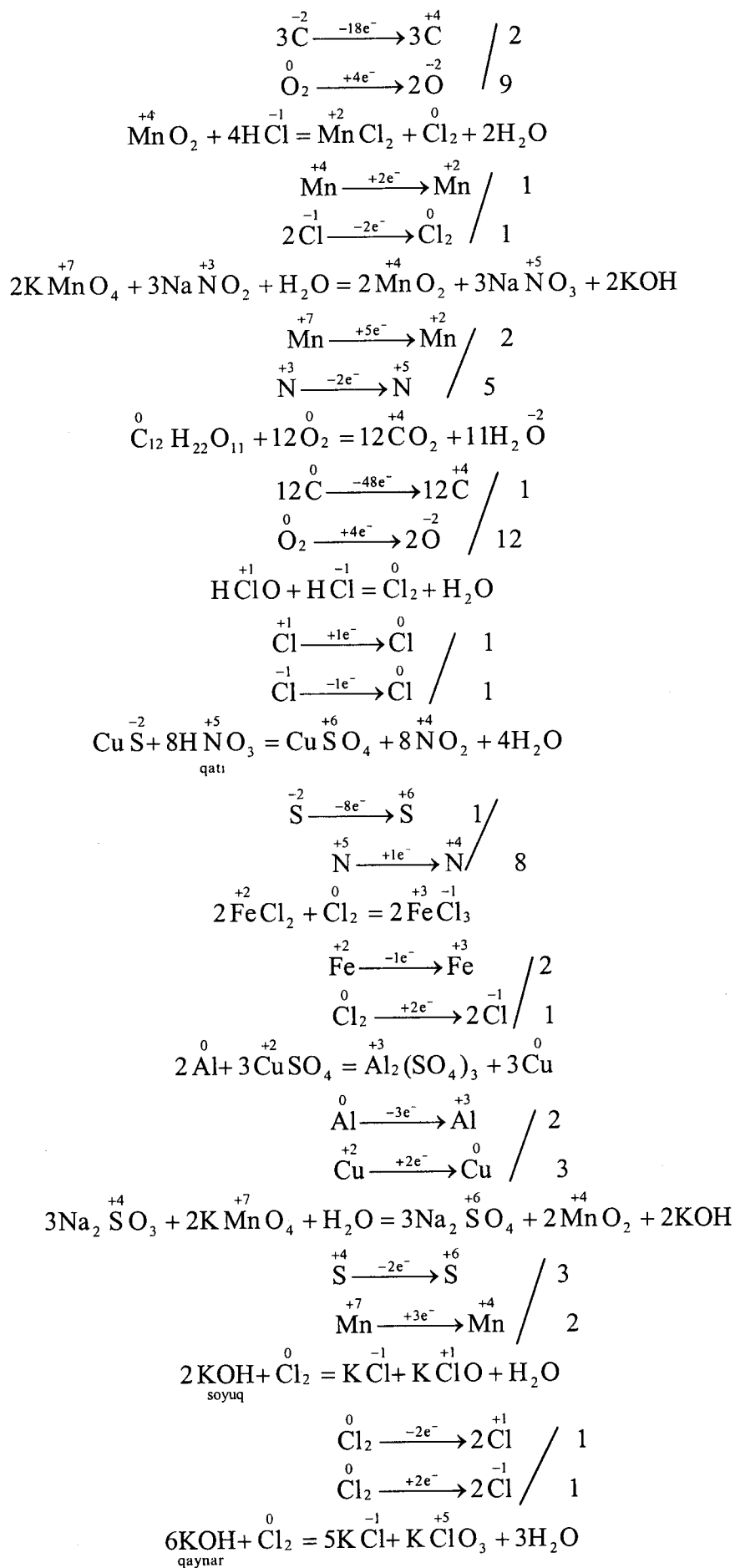
İlkin maddələrdən biri artıq olduqda reaksiya məhsulları fərqli olur.

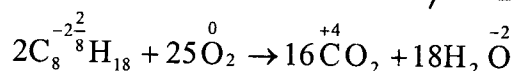
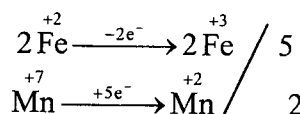
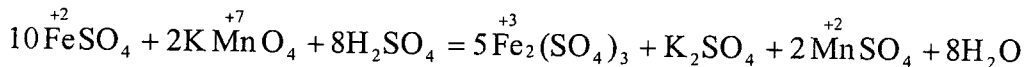
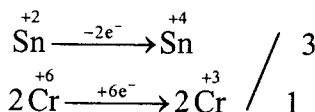
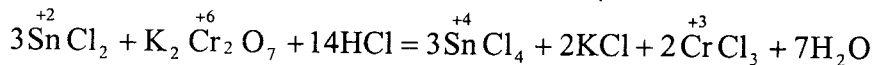
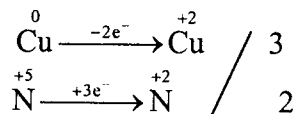
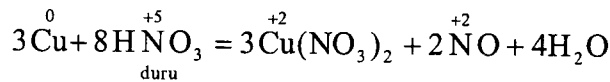
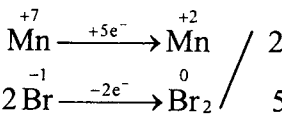
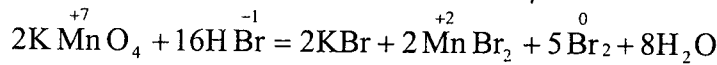
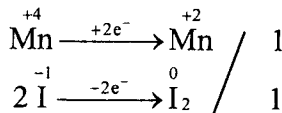
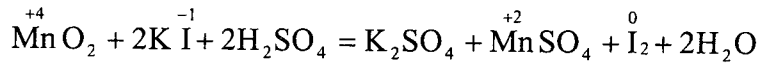
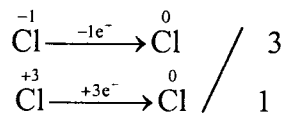
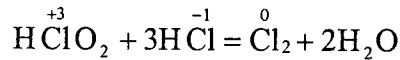
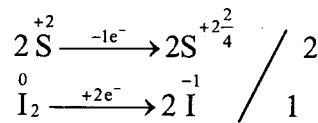
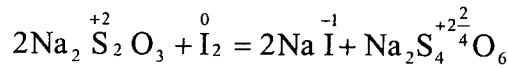
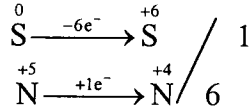
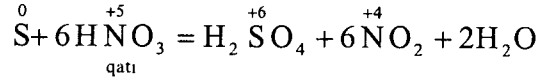
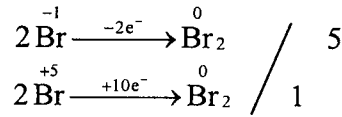
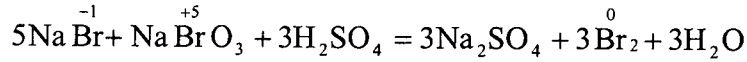
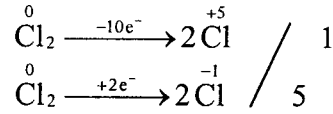


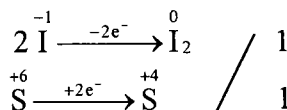
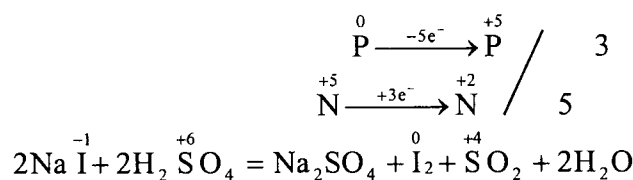
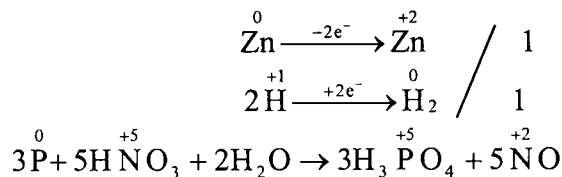
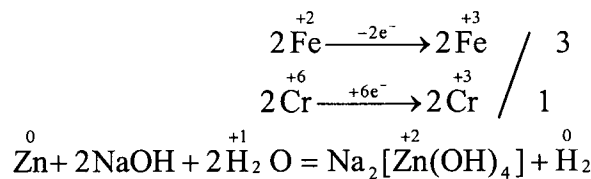
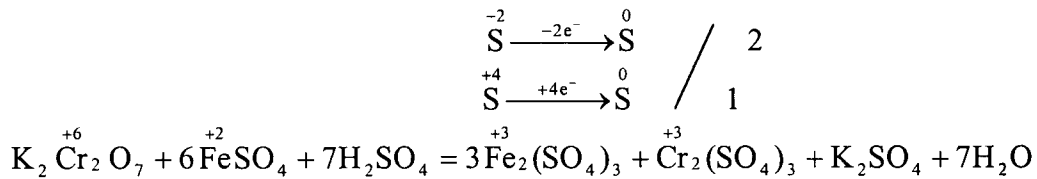
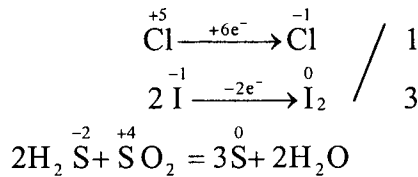
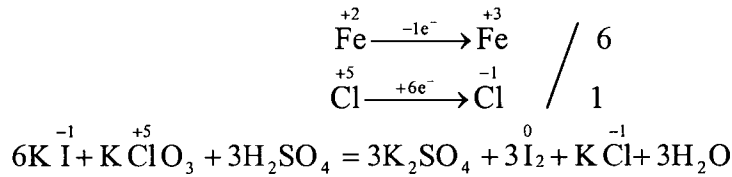
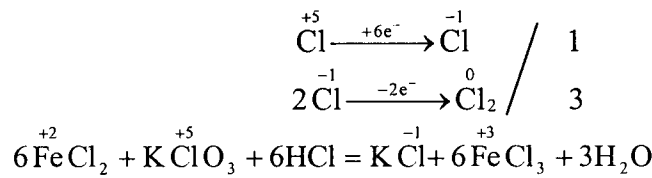
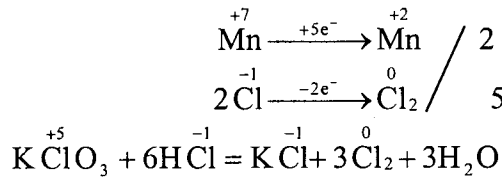
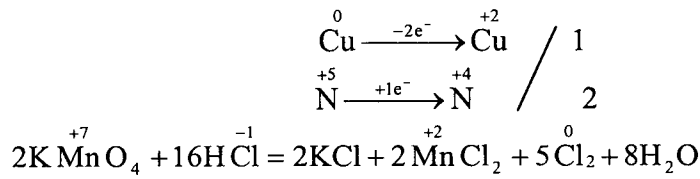
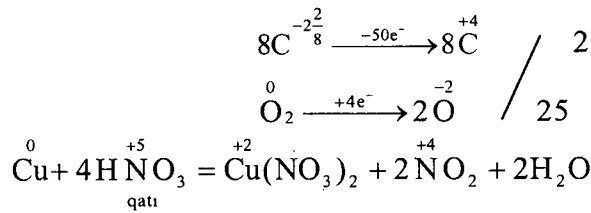


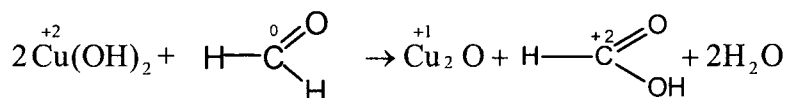
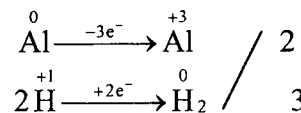
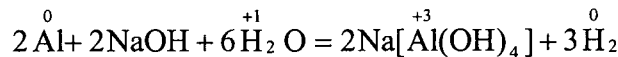
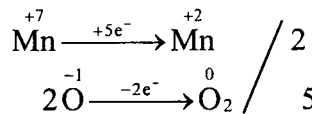
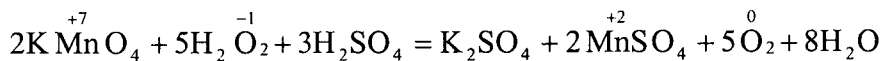
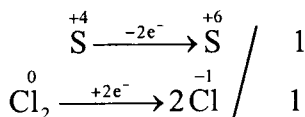
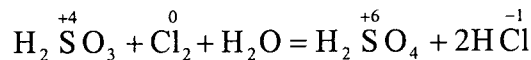
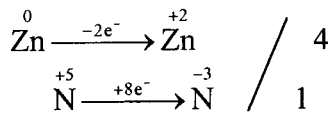
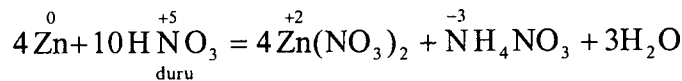
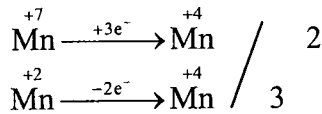
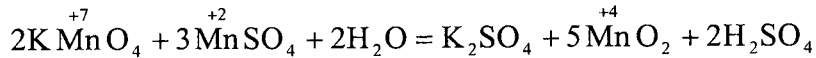
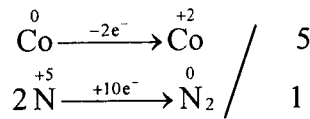
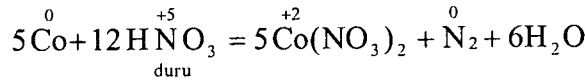
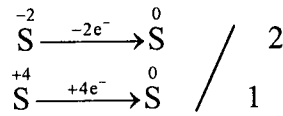
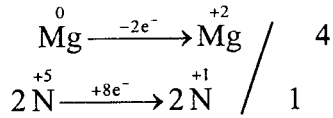
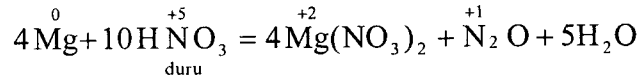
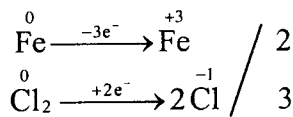
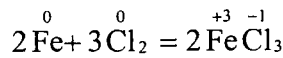
Elektron balansı üsulu universaldır, onu qaz, maye və bərk maddələr arasında, həmçinin məhlullarda gedən reaksiyalara tətbiq etmək olur. Bu üsulla reaksiya tənliyi tez və asanlıqla düzəldilir:

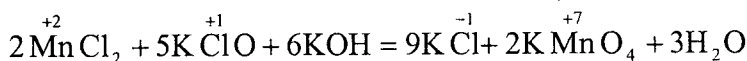
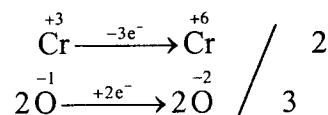
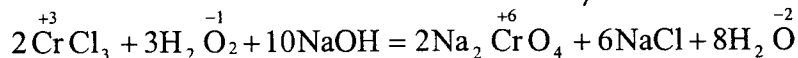
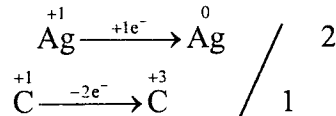
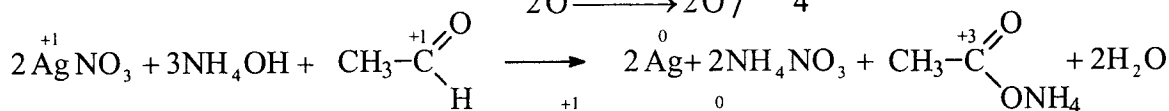
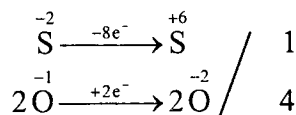
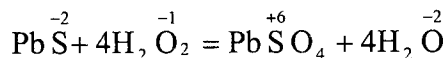
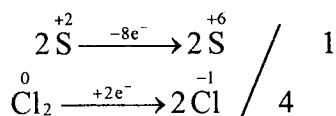
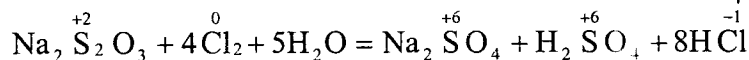
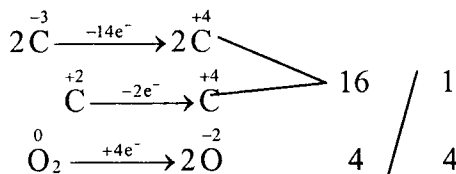
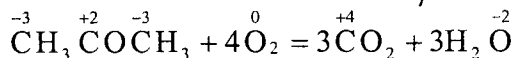
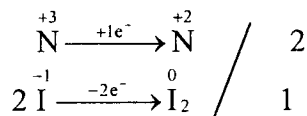
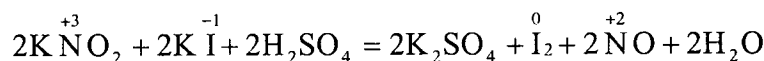
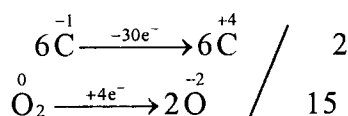
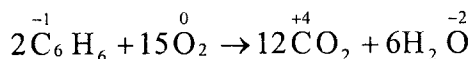
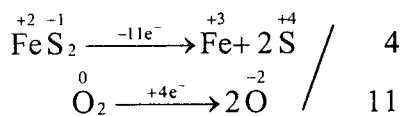
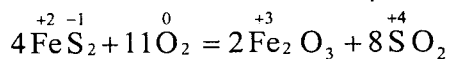
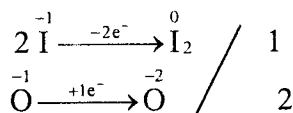
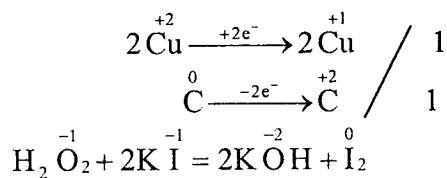


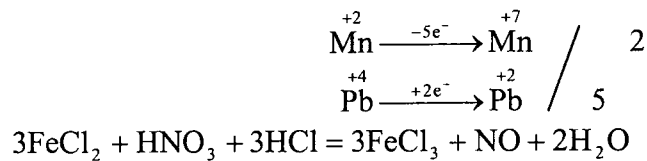
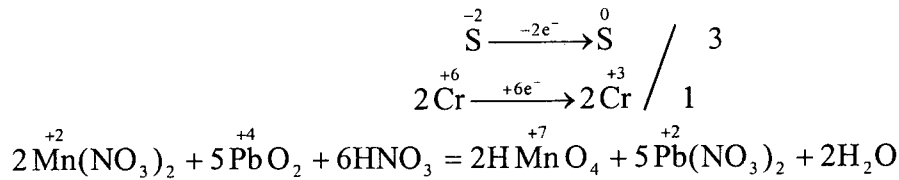
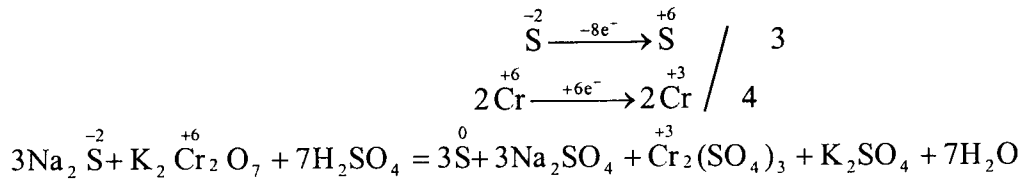
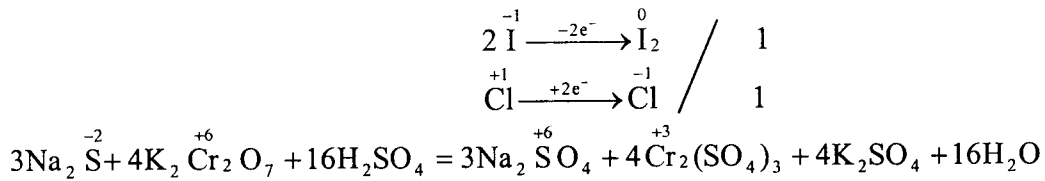
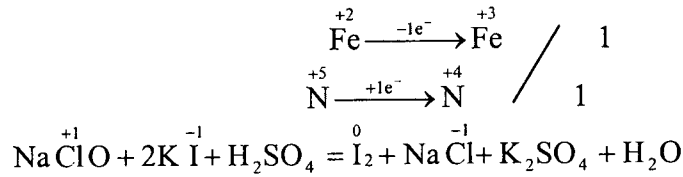
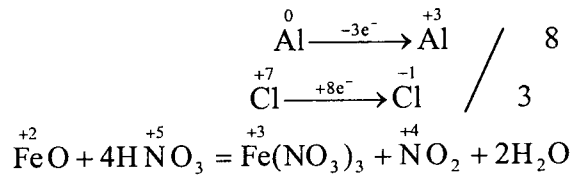
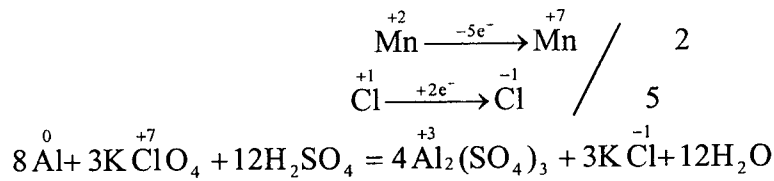




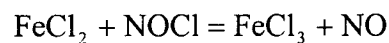
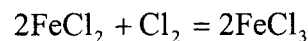




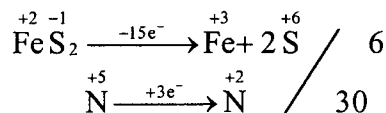
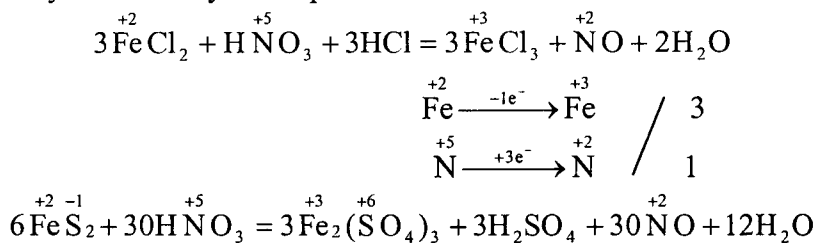




Bu tənlik dəmir 2-xloridin «çar» arağı ($\text{HNO}_3 + 3\text{HCl}$) ilə reaksiyasının yekun tənliyidir. Əvvəlcə nitrat və xlorid turşularının qarşılıqlı təsirindən nitrozil-xlorid NOCl və Cl_2 alınır. Bunların hər ikisi FeCl_2 ilə reaksiyaya girir:



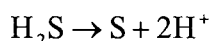
Sonra yuxarıdakı yekun tənliyi alırıq:



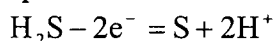
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərinin düzəldilməsində elektron-balansı üsulundan daha çox istifadə edilir. Lakin bu üsul bir çox hallarda xüsusilə məhlullarda gedən reaksiyalarda həqiqi prosesi əks etdirmir. Məsələn, KMnO_4 iştirakı ilə məhlullarda gedən reaksiyalarda MnO_4^- ionu iştirak edir. Elektron-balansı üsulunda isə elektron mübadiləsi iştirakçısı kimi Mn^{7+} ionu göstərilir. Halbuki, məhlulda həmin ion yoxdur. Ona görə də elektron-balansı üsulu elmi-tədqiqatlarda məhdud səviyyədə tətbiq edilir. Digər reaksiya tipləri ilə müqayisədə qaz fazada gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları azdır.

§ 5. Elektron-ion üsulu

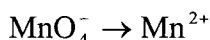
Bu üsulun mahiyyətini oksidləşmə və reduksiya proseslərinin ion tənliklərinin tərtibi və sonra onları ümumi tənlik formasında cəmləşdirmək təşkil edir. Bu üsula başqa sözlə polureaksiya üsulu da deyilir. «Polu» sözünün hərfi mənası «yarım, yarı» mənasını ifadə edən birinci hissəsidir. Oksidləşmə-reduksiya prosesi iki hissəyə, yarıya, oksidləşməyə və reduksiya ayrılır, ona görə də yarımreaksiya deyilir. Turş mühitdə KMnO_4 məhlulundan hidrogen-sulfid buraxdıqda gedən reaksiyanı nəzərdən keçirək və reaksiya tənliyini elektron-ion üsulu ilə düzəldək. Reaksiyanın gedişində kalium-permanqanatın bənövşəyi rəngi get-gedə azalır, məhlul tutqunlaşır. Məhlulun tutqunlaşmasına səbəb hidrogen-sulfiddən elementar kükürdün əmələ gəlməsidir:



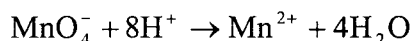
Bu sxemdə sol və sağ tərəfdə atomların sayı eynidir, lakin yükləri sayı bərabər deyil. Onu bərabərləşdirmək üçün sol tərəfdən iki elektron çıxmaq lazımdır. Bundan sonra ox əvəzinə bərabərlik yazmaq olar:



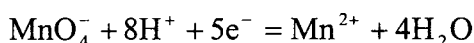
Bu tənlik reduksiyaediciyin oksidləşməsi prosesidir, birinci yarımreaksiyadır. Məhlulun rəngsizləşməsi MnO_4^- (bənövşəyi) ionunun demək olar ki, rəngsiz Mn^{2+} ionuna çevrilməsi ilə əlaqədardır:



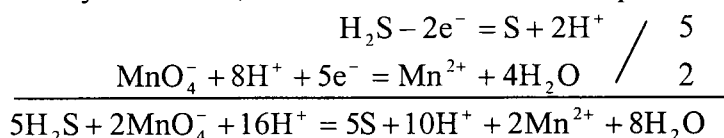
Turş mühitdə MnO_4^- ionunun tərkibindəki oksigen H^+ ionu ilə su molekulu əmələ gətirir:



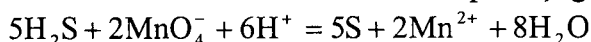
Tənlikdəki ox işarəsini bərabərliklə əvəz etmək üçün yükləri bərabərləşdirmək lazımdır. Sol tərəfdə 7 müsbət yük var (MnO_4^- -də bir mənfi yük və 8H^+ , bunların cəbri cəmi $8 + (-1) = +7$). Sağ tərəfdə isə +2 yük var. Sol və sağ tərəfdəki yüklərin bərabər olması üçün sol tərəfə 5 mənfi yük, yəni 5 elektron əlavə edirik: $7 + (-5) = +2$.



Bu oksidləşdiricinin reduksiyasından ibarət olan ikinci yarımreaksiyadır. Oksidləşmə-reduksiya tənliyini almaq üçün yarımreaksiya tənliklərini tərəf-tərəfə toplamaq lazımdır. Bundan əlavə verilən və qəbul edilən elektronların sayı bərabərləşdirilməlidir – (oksidləşmə-reduksiya kənardan elektron verilmir). Bunun üçün birinci yarımreaksiyanı 5 dəfə, ikincini isə 2 dəfə artırırıq:

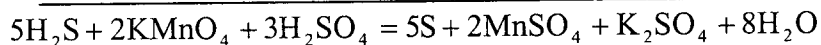
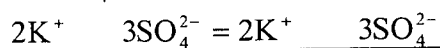
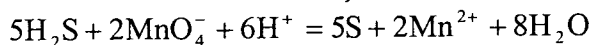


H^+ ionlarının sayını hər iki tərəfdə 10 vahid azaltdıqda aşağıdakı tənliyi alırıq:

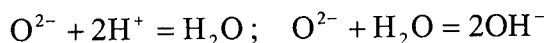


Bu ion tənliyində sol və sağ tərəfdəki element atomlarının sayı bərabərdir. Yüklərin

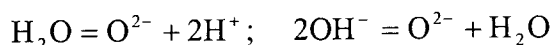
də sayı bərabərdir: sol tərəfdə $-2 (2\text{MnO}_4^-) + 6 (\text{H}^+) = +4 (2\text{Mn}^{2+})$. İon tənliyindən molekulyar tənliyə keçmək üçün ion tənliyinin sol tərəfindəki kationlara müvafiq anionlar və anionlara müvafiq kationları yazırıq (2MnO_4^- -ni 2K^+ neytrallaşdırır, 6H^+ ionunu 3SO_4^{2-} ionu neytrallaşdırır). Sonra həmin kation və anionları eyni ilə sağ tərəfə də yazırıq. Nəhayət, ionları molekullarda birləşdiririk:



Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini elektron-ion üsulu ilə düzəltəndikdə qüvvətli elektrolitlər ionlar şəklində yazılır. Zəif elektrolitlər, çöküntü və qazlar molekullar formasında yazılır. Yarımreaksiyaları tərtib etdikdə ilkin maddələrdən oksigen O^{2-} formasında ayrılır. Turş mühitdə o H^+ ionu ilə birləşir, qələvi mühitdə isə hidrokسيد ionuna çevrilir:

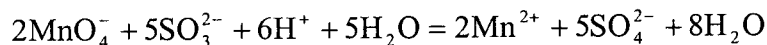
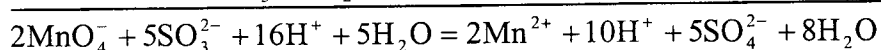
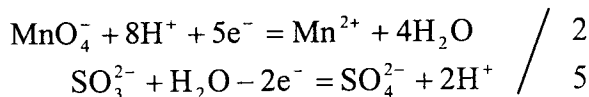


Əgər ilkin birləşmədə oksigen alınan birləşməyə nisbətən azdırsa, çatışmayan oksigen turş və neytral mühitdə su molekulundan, qələvi mühitdə isə hidrokسيد ionundan alınır:



Kalium-permanqanatın natrium-sulfitlə turş, neytral və qələvi mühitdə reaksiyasını nəzərdən keçirək və elektron-ion üsulu ilə həmin reaksiyaların tənliklərini düzəldək:

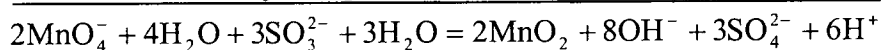
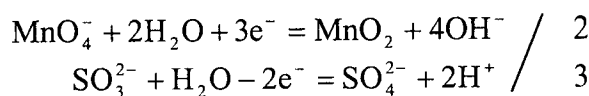
1. Turş mühitdə



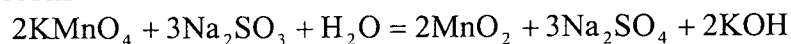
Molekulyar formada



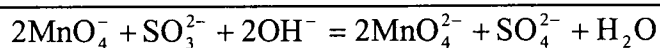
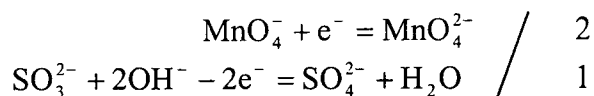
2. Neytral mühitdə



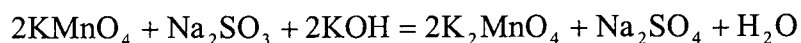
Molekulyar formada



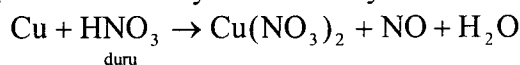
3. Qələvi mühitdə



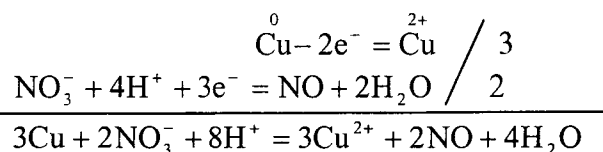
Molekulyar formada



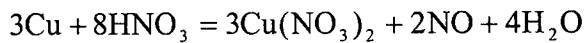
Misin duru nitrat turşusu ilə reaksiyasının tənliyini elektron-ion üsulu ilə düzəldək:



Yarımreaksiyaların sxemi



Molekulyar formada

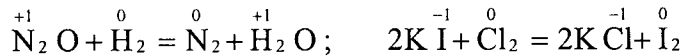


Bu reaksiyada 8 HNO₃ molekulundan yalnız ikisi oksidləşməyə sərf olunur, qalan altısı duz əmələ gətirməyə sərf olunur.

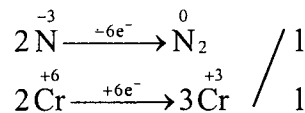
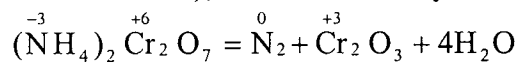
§ 6. Oksidləşmə–reduksiya reaksiyalarının təsnifatı

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının aşağıdakı tipləri var.

1. *Molekullararası oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları.* Bu tipə müxtəlif maddələrin, yəni oksidləşdiricilərin və reduksiyaedicilərin tərkibindəki elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən reaksiyalar aiddir. Bunların əksəriyyətini yuxarıda nəzərdən keçirmişik:

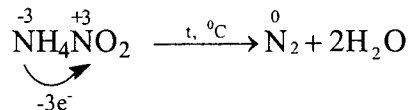
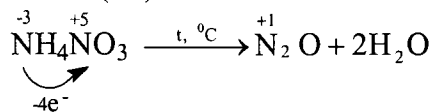


2. *Molekul daxili oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları.* Reaksiyaların bu tipində eyni molekulun tərkibindəki müxtəlif element atomlarının oksidləşmə dərəcəsi dəyişir. Həmin reaksiyalarda oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan element oksidləşmə dərəcəsi az olan elementi oksidləşdirir. Məsələn, $(\overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}_4})_2\overset{+6}{\text{Cr}}_2\overset{-2}{\text{O}_7}$ -də xromun oksidləşmə dərəcəsi ən yüksəkdir (+6), azotun oksidləşmə dərəcəsi isə ən aşağıdır (-3). Ona görə də xrom azotu oksidləşdirir (azot elektron verir), özü isə reduksiya olunur (elektron qəbul edir):

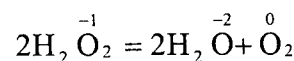
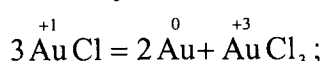
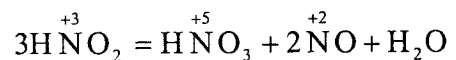
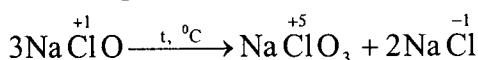
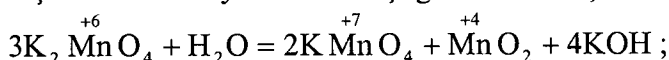


Tərkibində müxtəlif oksidləşmə dərəcəsində eyni element atomları olan maddələrin parçalanma reaksiyası da oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının bu tipinə aiddir.

Ammonium-nitrati və nitriti qızdırdıqda hər iki halda ammonium ionundakı azot (N⁻³) oksidləşir, nitrat (N⁺⁵) və nitrit (N⁺³) ionundakı azot atomları reduksiya olunurlar:



3. *Öz-özünə oksidləşmə-reduksiya yaxud disproporsionallaşma (dismutasiya) reaksiyaları.* Reaksiyanın bu tipinin mahiyyətini aydınlaşdırmazdan əvvəl qeyd etmək lazımdır ki, disproporsionallaşma sözünün mənası nisbətətsizlik, uyğunsuzluq deməkdir. Reaksiyanın bu tipinin nə üçün belə adlandırılması aydın deyil. Disproporsionallaşmada eyni element atomunun oksidləşmə dərəcəsi eyni zamanda artır və həm də azalır, yəni oksidləşir və özünü reduksiya edir. Eyni element atomunun oksidləşmə dərəcəsi yüksək və aşağı olan birləşmələri alınır:



4. *Əks öz-özünə və ya konmutasiya reaksiyaları.* Bu müxtəlif maddələrin tərkibində

eyni element atomlarının oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən molekullarası oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarıdır və bunlara molekullarası oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının xüsusi halı kimi baxmaq olar:



§ 7. Elektroliz

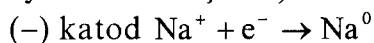
Elektrolit məhlulu, yaxud ərintisindən sabit elektrik cərəyanı keçdikdə elektrodlarda oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları *elektroliz* adlanır.

Elektroliz prosesində elektrodlarda kimyəvi reaksiyalar elektrik cərəyanı hesabına gedir. Elektrolizdə katod reduksiyaedici olur, o kationa elektron verir. Anod oksidləşdirici olur, o, aniondan elektron alır. Elektrik cərəyanının oksidləşdirici və reduksiyaedici təsiri kimyəvi oksidləşdirici və reduksiyaedicilərin təsirindən dəfələrlə qüvvətlidir. Elektroliz prosesində kationlar katoda tərəf cəzb olunurlar və həmin elektrodada reduksiya olunurlar (elektron qəbul edirlər). Anionlar isə anoda tərəf cəzb olunurlar və ona elektron verirlər (oksidləşirlər).

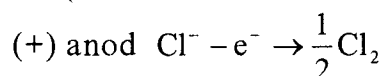
Elektrodların iki tipi var. Bunlardan birincisi həll olmayan elektrodlardır. Həmin elektrodlar özləri dəyişikliyə uğramadan elektronları məhlula verirlər (katod), yaxud ondan elektron qəbul edirlər (anod). Həll olmayan elektrodalara misal olaraq platin, iridium və qrafit elektrodlarını göstərmək olar. Elektrodların ikinci tipi həll olan elektrodlardır. Həmin elektrodlardan elektrik cərəyanı keçdikdə onlar həll olurlar, elektrolit məhluluna keçirlər, yaxud elektrodla elektrolit arasında gedən reaksiya nəticəsində onların üzərində maddə toplanır. Qeyri-platin metallarından hazırlanan elektrodlar həll olan elektrodalara aiddir. Həmin elektrodlar mis, gümüş, sink, kadmium, nikel və digər metallardan hazırlanır.

Elektrolizin xarakterinə və elektrodlarda gedən proseslərə bir sıra amillər təsir göstərir. Bunlara misal olaraq elektrolitin tərkibini, həlledicini, elektrodlar hazırlanan materialı, gərginliyi, cərəyanın sıxlığını, temperaturu və s. göstərmək olar.

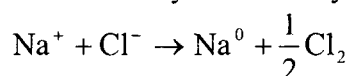
Ərintilərin və onların elektrolit məhlullarının elektrolizini bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. Elektrolit məhlullarının elektrolizində çox vaxt su molekulları da iştirak edir. Ərintilərin elektrolizinə ən sadə misal ərinmiş natrium-xloridin elektrolizidir. Natrium-xloridin ərimə temperaturunu (800 °C) aşağı salmaq üçün ona azca Na₂CO₃ əlavə edilir. Elektrik cərəyanının təsirindən Na⁺ ionları katoda, Cl⁻ ionları isə anoda tərəf cəzb olunurlar. Katodda Na⁺ ionları reduksiya olunur (katoddan elektron qəbul edib neytral hala keçirlər):



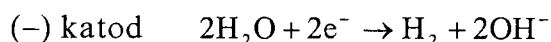
Anodda Cl⁻ ionları oksidləşirlər (anoda elektron verirlər):



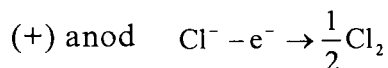
Elektrolizin yekun tənliyi:



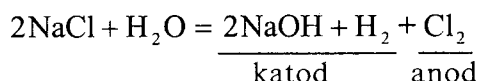
Natrium-xloridin ərintisinə nisbətən suda məhlulunun elektrolizi bir qədər mürəkkəbdir. Buna səbəb prosesdə su molekullarının da iştirak etməsidir. NaCl suda məhlulundan elektrik cərəyanı keçirdikdə (elektrodlar qrafitdən hazırlanmışdır) Na⁺ ionları katoda, Cl⁻ isə ionları anoda cəzb olunurlar. Katodda Na⁺ ionları əvəzinə H₂O molekulları reduksiya olunurlar. Ona görə ki, natriumun standart elektrod potensialının qiyməti (-2,71 V) su molekullarının reduksiyası üçün sərf olunan enerjiden (-0,83 V) çoxdur.



Anodda Cl⁻ ionları oksidləşirlər:



Elektroliz aparatında (elektrolizerdə) natrium-hidroksid toplanır. Prosesin yekun tənliyi belədir:



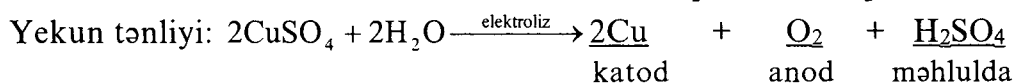
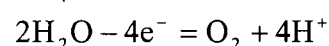
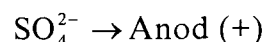
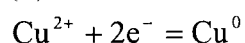
Metalların elektrod potensiallarının qiymətlərindən istifadə etməklə elektroliz prosesində kationların yüksüzləşmə ardıcılığını izləyək. Burada üç hal olur.

1. Elektroliz prosesində elektrod potensialının qiyməti hidrogenə nisbətən çox olan metallar tamamilə reduksiya olunurlar. Bunlara özləri də daxil olmaqla metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında Cu^{2+} -dən Pt^{4+} -ə qədər olan metallar daxildir.
2. Elektrod potensialının qiyməti az olan metallar reduksiya olunurlar. Onların əvəzinə su molekulları reduksiya olunurlar. Bu zaman katodda hidrogen ayrılır. Həmin metallara özləri də daxil olmaqla Li^+ -dən Al^{3+} -ə qədər olan metallar aiddir.
3. Elektrod potensialının qiyməti hidrogenə nisbətən az, lakin alüminiuma nisbətən çox olan metalların duzlarının məhlulunun elektrolizindən katodda metal kationu ilə birlikdə su molekulları da reduksiya olunur. Katodda metal toplanır, eyni zamanda hidrogen də ayrılır. Ona görə də cərəyana nisbətən metalın çıxımı az olur. Bunlara elektrokimyəvi gərginlik sırasında Al^{3+} -dən H^+ -ə qədər olan metallar aiddir.

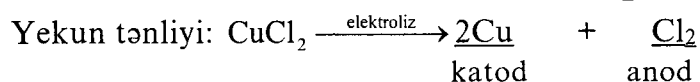
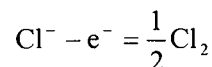
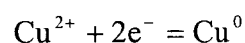
Əgər məhlulda müxtəlif metalların kationu varsa, elektroliz metalların elektrod potensialının qiymətinin azalması ardıcılığı üzrə baş verir. Belə ki, məhlulda Ag^+ , Cu^{2+} və Fe^{2+} ionları varsa birinci növbədə Ag^+ ($E^0 = +0,80$ V) ionları reduksiya olunur, sonra Cu^{2+} ($E^0 = 0,34$ V) nəhayət, Fe^{2+} ($E^0 = -0,44$ V) kationları reduksiya olunur.

Həll olmayan anodlarda elektroliz prosesində F^- -dən başqa oksigensiz turşuların anionları (S^{2-} , I^- , Br^- , Cl^-) oksidləşirlər. Məhlulda duzun miqdarı az olduqda, yəni duru məhlulun elektrolizində turşu qalığı anionundan əlavə su molekulu da oksidləşir, anodda oksigen ayrılır ($2\text{H}_2\text{O} - 4e^- = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$). Məhlulda F^- və oksigenli turşuların anionları (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}) olduqda onların əvəzinə su molekulları oksidləşirlər. Həmin ionlar oksidləşirlər. Elektrolitlərin sulu məhlullarının elektrolizinin bir neçəsini nəzərdən keçirək.

CuSO_4

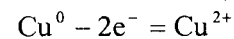
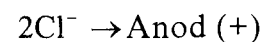
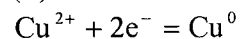
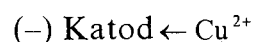


CuCl_2



Anod mis olduqda xlor ayrılmaz, xlorid ionu əvəzinə mis oksidləşir, get-gedə anod həll olur, katodda təmiz mis toplanır:

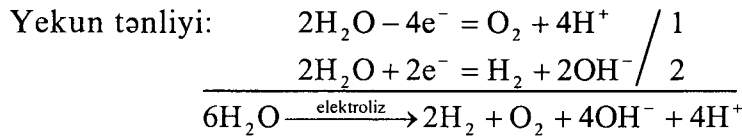
CuCl_2



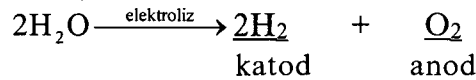
KNO₃



Katodun ətrafında K⁺ və OH⁻ ionları toplanır, yeni qələvi əmələ gəlir. Anodun ətrafında nitrat turşusu əmələ gəlir.

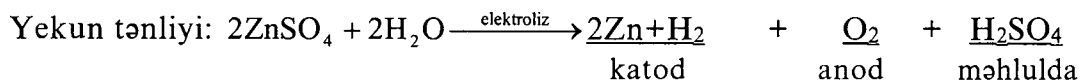
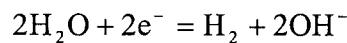
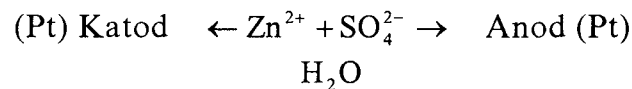


Katod və anod arasında arakəsmə yoxdursa, H⁺ və OH⁻ ionları H₂O əmələ gətirirlər. Onda elektrolizin tənliyi belə olur:



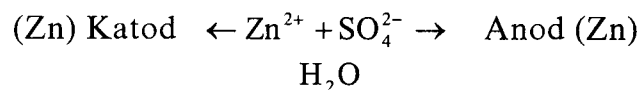
Elektrodlar həllolmayan olduqda sink-sulfat məhlulunun elektrolizinin sxemi aşağıdakı kimidir:

ZnSO₄



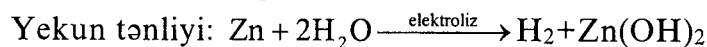
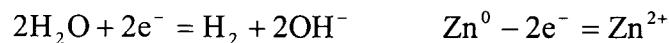
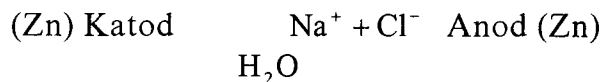
Elektrodlar sink olduqda ZnSO₄ məhlulunun elektrolizinin sxemi aşağıdakı kimidir:

ZnSO₄



Elektrodlar sink olduqda NaCl məhlulunun elektrolizinin sxemi aşağıdakı kimi olur:

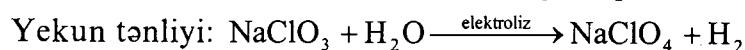
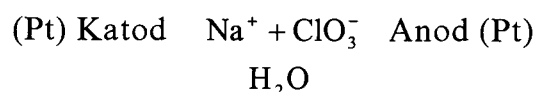
NaCl



Göründüyü kimi, natrium-xlorid dəyişikliyə uğramır.

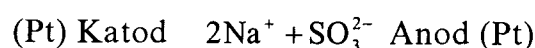
Natrium-xloratın məhlulunun elektrolizində anodda ClO₃⁻ -ionu oksidləşir:

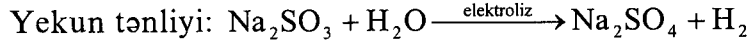
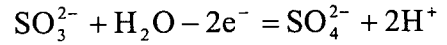
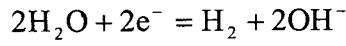
NaClO₃



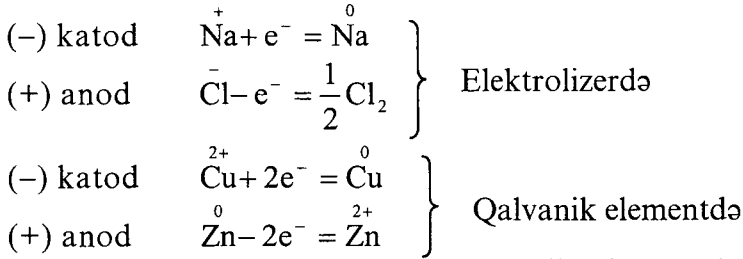
Natrium-sulfit məhlulunun elektrolizi də natrium-xloratda olduğu kimidir. Anodda sulfit ionu sulfata qədər oksidləşir:

Na₂SO₃

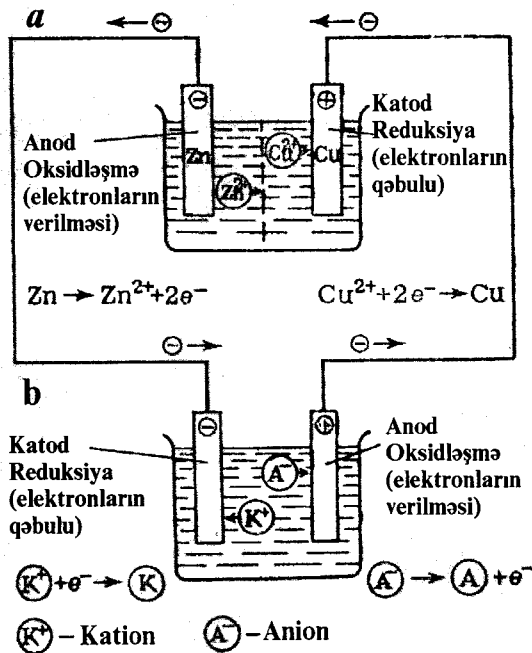




Qalvanik elementlə elektrolizin fərqi. Metaldan (1-ci növ keçirici) elektrik cərəyanı keçdikdə metal dəyişməmiş qalır. Ərinti, yaxud elektrolit məhlulundan (2-ci növ keçirici) elektrik cərəyanı keçdikdə elektrodlarda bir maddənin digərinə çevrilməsi prosesi baş verir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, elektroliz elektrik cərəyanının təsirindən ionların yüksüzləşməsi ilə müşayiət olunan kimyəvi birləşmənin parçalanması prosesidir. Elektroliz qurğusunda (elektrolizerdə) və qalvanik elementdə bir-birinin əksi olan proseslər gedir. Qalvanik element elektrik enerjisi mənbəyidir. Elektroliz prosesində isə elektrik enerjisi sərf olunur. Qalvanik elementdə kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Bu zaman ilkin maddələrə nisbətən alınan maddələrin enerjisi az olur. Elektroliz prosesində isə bunun əksinə elektrik enerjisi kimyəvi enerjiyə çevrilir. İlkin maddələrə nisbətən alınan maddələrin enerji ehtiyatı çox olur. Qapalı qalvanik elementdə elektrokimyəvi oksidləşmə və reduksiya öz-özünə baş verir. Elektrolizdə bunun əksinə həmin proseslər xarici elektrik cərəyanının təsiri ilə gedir. Həmin proseslər öz-özünə getmir. Qalvanik elementdə mənfi yüklü elektrod *anod*, müsbət yüklü elektrod isə *katod* adlanır. Elektrolizdə bunun əksinədir. Mənfi yüklü elektrod *katod*, müsbət yüklü elektrod *anod* adlanır. Qalvanik elementdə və elektrolizdə mənfi elektrodda elektron artıq olur. Müsbət elektrodda elektron çatışmır. «Katod» və «anod» terminləri yalnız elektrodlardan keçən elektronların axını istiqaməti ilə əlaqədardır. Elektron axını qalvanik elementə, yaxud elektrolizerə daxil olan elektrod *katod adlanır*. Həmin elektrodda elektronlar artıq olduğundan hissəciklər (müsbət yüklü ionlar yaxud molekullar) reduksiya olunurlar. Elektron axını qalvanik elementdən, yaxud elektrolizerdən çıxan istiqamətdə olan elektrod isə *anod adlanır*. Bu elektrodun səthində reaksiyaya girən hissəciklər oksidləşirlər – elektron verirlər. Elektrolizerdə mənfi elektrodda – katodda reduksiya, müsbət elektrodda – anodda isə oksidləşmə gedir.



Bunları qalvanik elementin və elektrolizerin sxemlərindən aydın görmək olur.



Şəkil X-2. Qalvanik elementin (a) və elektroliz dövrəsinin sxemi (b).

Deməli, hər iki prosədə elektron xaricə verilən elektrod anod, daxilə verilən elektrod isə katod adlanır.

§ 8. Faradey qanunları

Elektrolizdə ayrılan maddə ilə elektrolitdən keçən elektrik cərəyanı arasında əlaqə var. Bunlar Faradey qanunlarında öz əksini tapmışdır.

Faradeyin birinci qanunu. Elektroliz zamanı elektrolitlərdə ayrılan maddələrin miqdarı elektrolit məhlulundan keçən elektrik cərəyanının miqdarı ilə düz mütənasibdir.

Faradeyin ikinci qanunu. Elektrolizdə eyni miqdarda elektrik cərəyanı elektrolitlərdə müxtəlif maddələrin eyni ekvivalent miqdarını ayırır.

Elektrodda bir qram-ekvivalent maddə ayrılması üçün 96493,1, yaxud 96500 Kulon yük sərf edilməlidir. Bu ədəd *Faradey ədədi* adlanır. CuCl_2 məhlulundan 96500 Kulon yük keçdikdə katodda 1 qram-ekvivalent (31,77 q) mis ayrılır və eyni zamanda, 1 qram-ekvivalent (35,46 q) xlor ayrılır. Faradey qanunlarından aşağıdakı tənlik alınır:

$$m = \frac{EQ}{F} = E \frac{I \cdot t}{96500}$$

Burada m-oksidləşən, yaxud reduksiya olunan maddənin qramla kütləsi; E-maddənin qram-ekvivalenti; Q-məhluldan, yaxud ərintidən keçən elektrik yükünün kulonlarla miqdarı ($Q=I \cdot t$); I-amperlə cərəyan şiddəti; t-elektroliz müddəti (saniyə ilə).

$$E = \frac{A_r}{n}$$

A_r -elementin nisbi atom kütləsi; n-birləşmədə onun yüküdür.

Yuxarıdakı formulu $m = \frac{A_r \cdot I \cdot t}{n \cdot 96500}$ şəklində yazmaq olar.

Əgər $I \cdot t = 1$ olarsa, ayrılan maddənin kütləsi:

$$\frac{A_r}{96500 \cdot n} = \varepsilon, \text{ yaxud } \frac{E}{96500} = \varepsilon \text{ olar.}$$

ε -elektrokimyəvi ekvivalentdir, məhluldan 1 kulon yük keçdikdə elektrolitlərdə oksidləşən, yaxud reduksiya olunan maddənin kütləsidir.

Kimyəvi ekvivalentlə (E) elektrokimyəvi ekvivalent arasındakı əlaqəni $E = \varepsilon F$ formulu ilə ifadə etmək olar.

Deməli, maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti kimyəvi ekvivalenti ilə düz mütənasibdir. Faradey sabiti isə Avoqadro ədədi ilə elektronun yükünün hasilinə bərabərdir: $F = N_A e^-$. Çox vaxt elektrolizdə əlavə proseslər gedir. Bunlara misal olaraq alınan maddələrin elektrolitlə qarşılıqlı təsirini, metalla bərabər hidrogen alınmasını, sadə anionlarla bərabər duru məhlullarda H_2O molekullarının oksidləşməsini və s. göstərmək olar. Bunlar Faradey qanunlarına əsasən hesablanan miqdardan çox elektrik cərəyanı sərf olunmasına səbəb olur. Ona görə də cərəyanı görə alınan maddənin çıxımını hesablamaq üçün aşağıdakı formuldən istifadə edilir:

$$A_1 = \frac{m_1 \cdot 96500}{E I t}$$

Burada m_1 elektroliz prosesində praktiki olaraq alınan maddənin kütləsidir.

Məsələlər

Məsələ 130. Sulfat turşusu iştirakında 200 ml 0,25 N kalim-bixromat məhlulu ilə nə qədər dəmir 2-sulfat oksidləşdirmək olar?

Məsələ 131. Havasız şəraitdə 0,28 q dəmir məftili sulfat turşusunda həll etdikdə alınan məhlulun titrlənməsinə 49,7 ml 0,1 N KMnO_4 məhlulu sərf edilmişdir. Məftildə dəmirin kütlə payını təyin edin.

Məsələ 132. Kükürdün təbiətdə dövrənində kükürd bakteriyalarının müəyyən rolu var. Onlar hidrogen-sulfidi oksidləşdirərək üzvi maddə sintez edirlər. Bu zaman gedən reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 133. Suyun a) oksidləşdirici; b) reduksiyaedici xassə göstərdiyi reaksiyalara misallar göstərin.

Məsələ 134. Sulfidli mis filizindən misi məhlula dəmir 3-sulfat vasitəsilə keçirmək olur. Bu zaman gedən reaksiya tənliyini yazın, oksidləşdirici və reduksiyaedicini göstərin.

Məsələ 135. İki və üçvalentli dəmirin sulfatlarının ekvimolyar qarışığını közərttikdə 2,4 q bərk qalıq alınmışdır. İlk qarışığın faizlə tərkibini hesablayın.

Məsələ 136. Cib fanarı batareyası (Leklanşe elementi) quru qalvanik elementə ən yaxşı misaldır. Onun işləmə prinsipi necədir?

Məsələ 137. Xüsusi təmiz titan yodid üsulu ilə alınır. Həmin üsulun mahiyyəti necədir?

Məsələ 138. Çirkli nikel tozundan təmiz nikeli necə almaq olar?

Məsələ 139. Havada və suda alüminiumun davamlılığına səbəb onun üzərindəki qoruyucu oksid təbəqəsidir. Lakin bəzi hallarda həmin təbəqə metalı qorumaq üçün kifayət etmir. Onu necə möhkəmləndirmək olar?

İKİNCİ HİSSƏ

QEYRİ-ÜZVİ KİMYA

XI FƏSİL

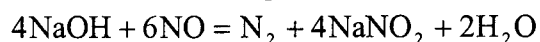
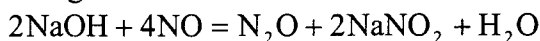
QEYRİ-ÜZVİ MADDƏLƏRİN ƏSAS SİNİFLƏRİ

§ 1. Oksidlər

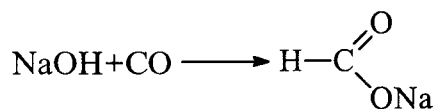
Oksidlər elementlərin oksigenlə əmələ gətirdikləri binar (iki elementdən ibarət) birləşmələrdir. Həmin birləşmələrdə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -2 -yə bərabərdir. Buradan aydındır ki, peroksidlər, superoksidlər və ozonidlər oksidlərə aid deyil. Peroksidlərdə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1 , superoksidlərdə $-\frac{1}{2}$, ozonidlərdə isə $-\frac{1}{3}$ -ə bərabərdir. Flüorun oksidlərini yuxarıdakı tərif əhatə etmir. Çünki F_2O -da oksigenin oksidləşmə dərəcəsi $+2$, F_2O_2 -də isə $+1$ -ə bərabərdir. Ona görə də onları flüor oksidləri əvəzinə oksigenin flüoridləri adlandırmaq daha doğru olardı. Oksidləri adlandırmaq üçün əvvəlcə elementin adı, sonra oksid sözü işlədilir. Məsələn, Al_2O_3 alüminium-oksidi, BaO barium-oksidi, K_2O kalium-oksidi və s. Əgər element bir neçə oksid əmələ gətirirsə, elementin adı ilə oksid sözü arasında onun valentliyini göstərən rəqəm əlavə edilir. Məsələn, FeO dəmir 2-oksidi, Fe_2O_3 dəmir 3-oksidi, SO_2 kükürd 4-oksidi, SO_3 kükürd 6-oksidi və s. Bəzi oksidlər çox vaxt texniki adları ilə adlandırılır. Pb_3O_4 surik, PbO qlet, MgO yandırılmış maqnezium, Fe_3O_4 dəmir yanığı, N_2O şadlandırıcı qaz, CaO sönməmiş əhəng, CO dəm qazı, As_2O_3 ağ arsen və s. köhnə nomenklaturaya əsasən, qeyri-metal oksidləri əmələ gətirdiyi turşunun adı ilə adlandırılır. Məsələn, SO_3 sulfat anhidridi, CrO_3 xromat anhidridi, N_2O_5 nitrat anhidridi və s. Müasir nomenklaturaya əsasən, oksidləri oksigen atomunun sayına görə adlandırirlar. N_2O azot suboksidi, NO azot monoksidi, NO_2 azot dioksidi və s.

Kimyəvi xassələrinə görə oksidlər iki qrupa bölünürlər: duz əmələ gətirən və duz əmələ gətirməyən oksidlər. Duz əmələ gətirməyən oksidlər adi şəraitdə əsaslar və turşularla qarşılıqlı təsirdə olmurlar, yəni duz əmələ gətirmirlər. Bunlara misal olaraq CO , NO , N_2O göstərmək olar. Qeyd etmək lazımdır ki, həmin oksidləri mütləq mənada duz əmələ gətirməyən hesab etmək olmaz.

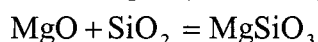
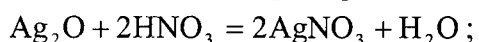
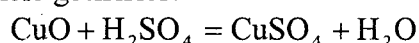
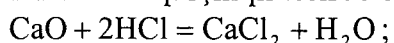
Belə ki, adi temperaturda yüksək təzyiqdə azot monoksidi bərk halda olan qələvilərlə qarşılıqlı təsirdə olaraq duz əmələ gətirir:

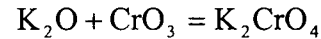
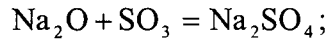


Karbon monoksidi $120\text{ }^{\circ}C$ -də (5 atm.) $NaOH$ -la qarşılıqlı təsirdə olaraq natriumformiat duzunu əmələ gətirir:

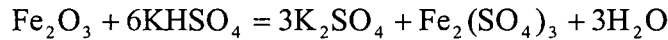


Duz əmələ gətirən oksidlər əsasi, turşu və amfoter oksidlərə bölünürlər. Metal oksidlərinin əksəriyyəti əsasi oksidlərə aiddir və kristallik maddələrdir. Onların kristal qəfəsləri metal və oksid ionlarından (O^{2-}) təşkil olunmuşdur. Metal oksidlərinin hamısını əsasi oksid hesab etmək olmaz. Oksidləşmə dərəcəsi aşağı olan metal oksidləri əsasi oksidlərə, yüksək olanlar isə turşu oksidlərinə aiddir. Bunu manqan və xromun oksidləri misalında aydın görmək olur. Belə ki, CrO və MnO əsasi oksidlərə, Cr_2O_3 və MnO_2 amfoter oksidlərə, CrO_3 və Mn_2O_7 turşu oksidlərinə aiddir. Əsasi oksidlər turşular yaxud turşu oksidləri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq duz əmələ gətirirlər:

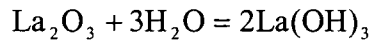
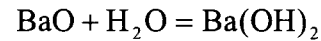
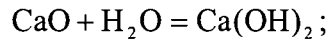
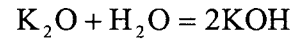
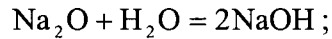




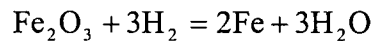
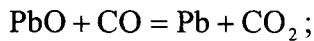
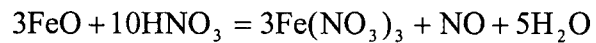
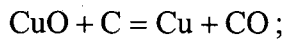
Metal oksidlərin bəzilərinin kristal qəfəsləri çox möhkəmdir. Ona görə də onların ərimə və qaynama temperaturları yüksək olur və kimyəvi reaksiyalara çətinliklə daxil olurlar. Həmin reaksiyalarda ayrılan enerji oksidin kristal qəfəsini dağıtmaq üçün tələb olunan enerjiden azdır. Kristal Al_2O_3 və Fe_2O_3 -ə turşu və qələvi məhlulları təsir etmir. Onları qələvilər, yaxud turş duzlarla əritməklə suda həll olan birləşmələrini almaq olur:



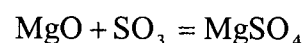
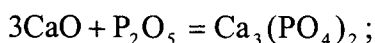
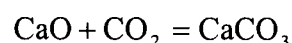
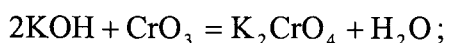
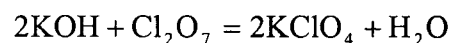
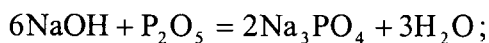
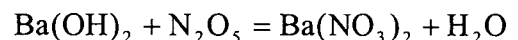
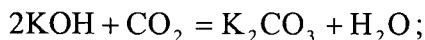
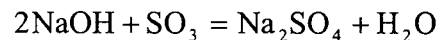
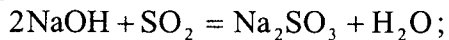
Əsasi oksidlərin bəziləri su ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq uyğun əsasları əmələ gətirirlər:



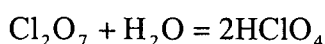
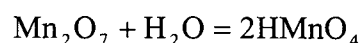
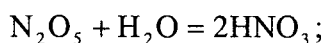
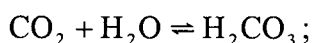
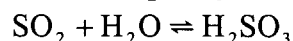
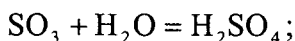
Digər oksidlər kimi əsasi oksidlər də oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına daxil olurlar:



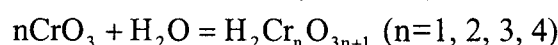
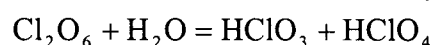
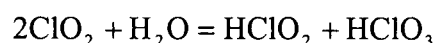
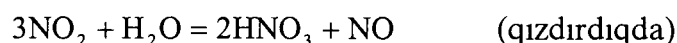
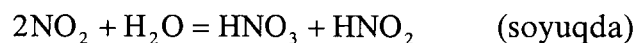
Qeyri-metalların oksidləri və oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan metalların oksidləri turşu oksidləridir. Turşu oksidləri əsaslar və əsasi oksidlərlə qarşılıqlı təsirdə olaraq duz əmələ gətirirlər:



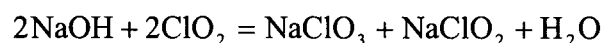
Turşu oksidləri çoxlu su ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq turşu əmələ gətirirlər:



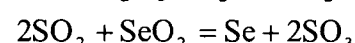
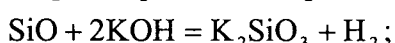
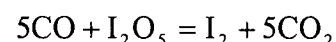
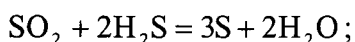
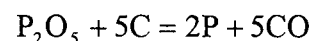
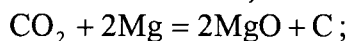
Turşu oksidlərindən bəzilərinin su ilə reaksiyasından bir neçə turşu alınır. Həmin oksidləri qarışıq anhidridlər adlandırılır:



Həmin oksidlərin əsaslarla qarşılıqlı təsirdən uyğun turşuların duzları alınır:

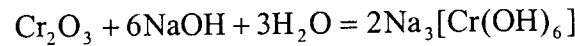
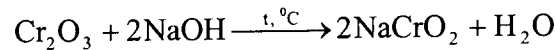
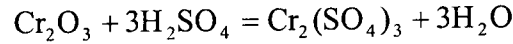
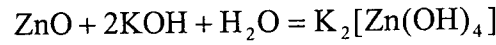
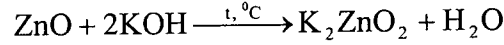
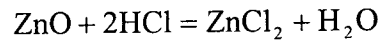
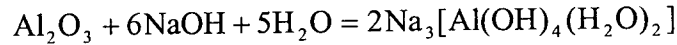
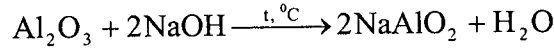
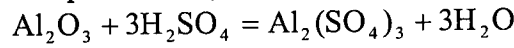


Turşu oksidləri də oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına daxil olurlar:

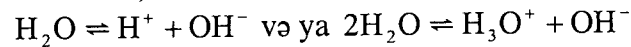


Amfoter oksidlər turşular və əsaslarla qarşılıqlı təsirdə olaraq duz və su əmələ gətirən oksidlərdir. Bunlara misal olaraq ZnO , BeO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MnO_2 , SnO , PbO , SnO_2 , PbO_2 , Fe_2O_3 və s. göstərmək olar.

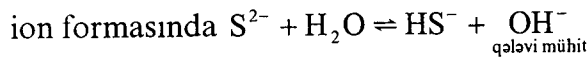
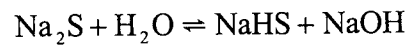
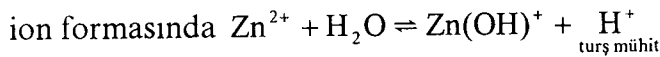
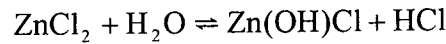
Amfoter oksidlər turşularla qarşılıqlı təsirdə olduqda əsasi oksid, suda həll olan əsaslarla qarşılıqlı təsirdə olduqda isə turşu oksidi xassəsi göstərir:



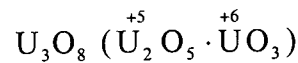
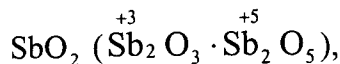
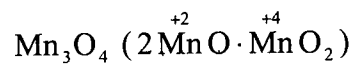
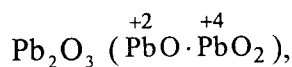
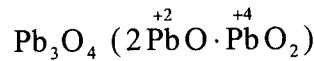
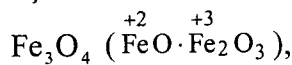
Amfoter oksidlərin bəzilərində turşu və əsəslıq xassəsi eyni dərəcədədir. Onlar turşu və qələvilərdə asanlıqla həll olurlar. Həmin oksidlərə misal olaraq Al_2O_3 , ZnO və BeO göstərmək olar. Fe_2O_3 -də əsəslıq xassəsi güclüdür, ona görə də qələvilərlə yalnız yüksək temperaturda qarşılıqlı təsirdə olur. SnO_2 -də isə turşu xassəsi daha üstündür. Suyu H_2O ideal amfoter oksid hesab etmək olar. Ona görə ki, su dissosiasiya etdikdə bərabər miqdarda hidrogen (turşu xassəlidir) və hidroksid (əsasi xassəlidir) ionları əmələ gətirir:



Suyun amfoterlik xassəsi duzların hidrolizində özünü daha aydın biruzə verir:



Oksidlərin dördüncü qrupunu qarışıq oksidlər təşkil edir. Onlarda eyni element atomları müxtəlif oksidləşmə dərəcəsindən olurlar:



Qarışıq oksidlərə duz kimi də baxmaq olar: $\text{Pb}_2\text{O}_3 = \text{Pb}^{\overset{+2}{}}\text{Pb}^{\overset{+4}{}}\text{O}_3$ metaplümbat turşusunun

H_2PbO_3 qurğuşun duzu, $\text{Pb}_3\text{O}_4 = \text{Pb}_2^{\overset{+2}{}}\text{Pb}^{\overset{+4}{}}\text{O}_4$ ortoplümbat turşusunun H_4PbO_4 qurğuşun

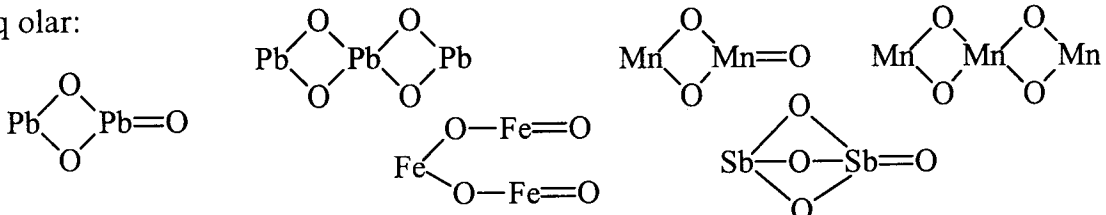
duzu, $\text{Fe}_3\text{O}_4 = \text{Fe}^{\overset{+2}{}}(\text{Fe}^{\overset{+3}{}}\text{O}_2)_2$ ferrit turşusunun dəmir duzu, $\text{Mn}_3\text{O}_4 = \text{Mn}_2^{\overset{+2}{}}\text{Mn}^{\overset{+4}{}}\text{O}_4$

ortomanqanat turşusunun H_4MnO_4 manqan duzu, $\text{Mn}_2\text{O}_3 = \text{Mn}^{\overset{+2}{}}\text{Mn}^{\overset{+4}{}}\text{O}_3$ metamanqanat

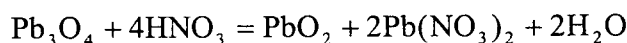
turşusunun H_2MnO_3 manqan duzu, $\text{SbO}_2 = (\text{Sb}_2\text{O}_3)^{\overset{+3}{}} \cdot (\text{Sb}_2\text{O}_5)^{\overset{+5}{}} = \text{Sb}^{\overset{+3}{}}\text{Sb}^{\overset{+5}{}}\text{O}_4$ ortostibi

at turşusunun H_3SbO_4 stibium duzudur. Bunlara əsasən həmin oksidlərin qrafik formullarını

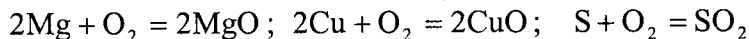
yazmaq olar:



Kimyəvi reaksiyalarda qarışıq oksidlər özlərini sadə oksidlərin müvafiq qarışığı kimi aparırlar:



Oksidlərin alınma üsulları. 1. Bəsit maddələrin (elementlərin) oksidləşməsindən:



Bu yolla qələvi metalların (litiumdan başqa) oksidlərini almaq olmur. Həmin metalların oksigenlə reaksiyasından peroksid (Na_2O_2), yaxud superoksid (K_2O_4) əmələ gəlir. Nəcib metallar Ag, Au, Pt bilavasitə oksigenlə birləşmirlər.

Alüminiumun səthində möhkəm qoruyucu oksid təbəqəsi əmələ gəlir. Bu da metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur.

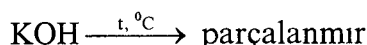
2. Sulfidlərin yandırılmasından:



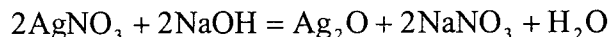
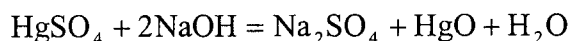
Fəal metalların sulfidlərini oksidləşdirdikdə sulfid və sulfatların qarışığı alınır. Civə və gümüşün sulfidlərini yandırdıqda sərbəst metallar alınır. Bunun səbəbi onların oksidlərinin yüksək temperaturda davamsız olmalarıdır.



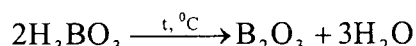
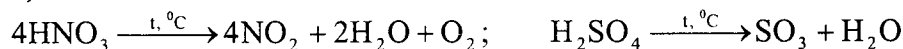
3. Əsasların parçalanmasından:



Bəzi əsaslar asanlıqla parçalanırlar. Civə və gümüş duzlarına qələvidərlə təsir etdikdə həmin metalların hidrokksidləri əvəzinə oksidləri alınır:



4. Turşuların parçalanmasından:



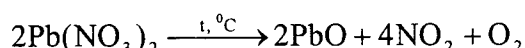
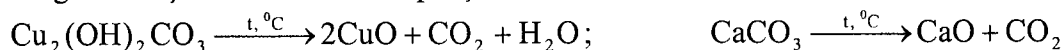
Bəzi turşulardan suyu sualıcı maddələrin təsiri ilə kənar etmək olur:



Bəzi turşular çox asanlıqla parçalanırlar:



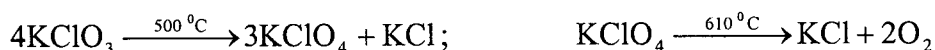
5. Oksigenli turşuların duzlarının parçalanmasından:



Civə və gümüş duzlarını qızdırdıqda onların oksidləri əvəzinə sərbəst metal alınır. Bunun səbəbi yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi həmin metalların oksidlərinin termiki cəhətdən davamsız olmalarıdır:



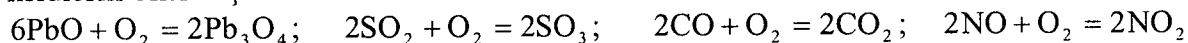
Qələvi metalların oksigenli turşularla əmələ gətirdikləri duzlar termiki cəhətdən davamlı birləşmələrdir. Onlar parçalandıqda oksid əmələ gətirmirlər:



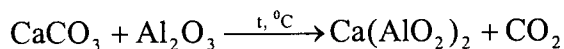
6. Oksidlərin parçalanmasından:



7. Oksidlərin oksidləşdirilməsindən:

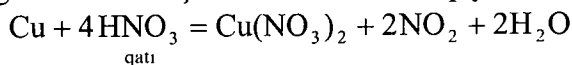


8. Bir oksid vasitəsilə digər oksidin çıxarılmasından:



Bu reaksiyalar yüksək temperaturda gedir. Uçucu olmayan oksidlər (SiO_2 və B_2O_3) uçucu oksidləri (CO_2 və SO_3) çıxarırlar.

9. Oksidləşdirici xassəsi güclü olan turşuların metallar və qeyri-metallarla reaksiyasından:



§ 2. Əsaslar

Əsaslar qeyri-üzvi maddələrin əsas siniflərindən birini təşkil edirlər. Əvvəllər turşularla qarşılıqlı təsirdə olaraq duz əmələ gətirən maddələri əsaslara aid edirdilər. Hazırda əsaslara tərkiblərinə və xassələrinə görə müxtəlif təriflər verirlər. Onlardan bir neçəsini nəzərdən keçirək.

Əsaslar suda məhlullarında dissosiasiya edərək yalnız hidroksid ionları OH^- əmələ gətirən maddələrdir.

Əsaslar əsasi oksidlərin hidratlarıdır.

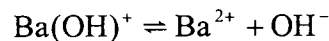
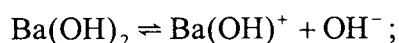
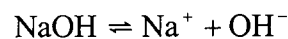
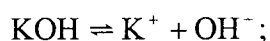
Turşuları neytrallaşdıran maddələr əsaslardır.

Əsaslar başqa maddələrdən proton qəbul edən maddələrdir.

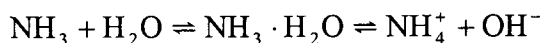
Əsaslar müsbət yüklü metal ionu ilə mənfi yüklü hidroksid ionundan təşkil olunmuş birləşmələrdir.

Sonuncu tərif «əsas» anlayışını tam əhatə etmir. Belə ki, tərkibində hidroksid qrupu OH^- olmayan, lakin əsaslıq xassəsi göstərən maddələr var. Bunlara misal olaraq aminləri, primidin və purin əsaslarını, alkoqolyatları və s. göstərmək olar. Həmin maddələrin quruluşu və xassələri üzvi kimya kursunda nəzərdən keçirilir.

Bütün əsasların suda məhlullarında hidroksid anionu olur:



Ammonyakın suda məhlulu zəif əsasi xassəlidir:



Əsasların ümumi formulu $\text{Me}(\text{OH})_n$ -dir. Hidroksid qruplarının sayı əsasın turşuluğunu müəyyən edir

NaOH birturşulu əsasdır.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ ikiturşulu əsasdır.

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ üçturşulu əsasdır.

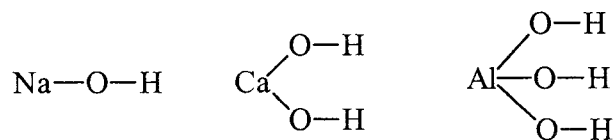
Əsasları adlandırmaq üçün onları əmələ gətirən metalın adının sonuna hidroksid sözü əlavə edilir.

Məsələn, NaOH natrium-hidroksid, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ maqnezium-hidroksid. Əsası əmələ gətirən metal dəyişkən valentlidsə, metalın adından sonra valentliyini bildirən rəqəm əlavə edilir. Məsələn, CuOH mis 1-hidroksid, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ mis 2-hidroksid, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dəmir 2-hidroksid, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dəmir 3-hidroksid adlanır. Praktikada bəzi əsasların texniki adları daha çox işlədilir:

NaOH -natrium qələvisi; KOH -kalium qələvisi; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -sönmüş əhəng deyirlər.

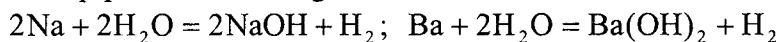
Əsasların qrafik formulunu düzəldərkən hidroksid qrupunun bivalentli olması əsas

götürülür:

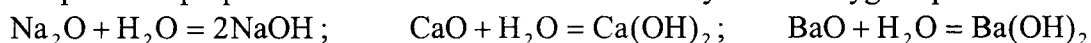


Qrafik formulu çox vaxt əsasın həqiqi quruluşunu əks etdirmir. Onların çoxu ionlardan təşkil olunmuşdur. Kristal qəfəsdə metal ionları mənfi yüklü hidroksid ionları ilə əhatə olunmuşdur. Qrafik formulu yalnız əsası əmələ gətirən elementlərin birləşmə ardıcılığını və oksidləşmə dərəcəsini göstərir. Əsaslar suda həll olmalarına görə təsnif edilir. Suda həll olan əsaslar qələvilər adlanır. Qələvilərə LiOH, NaOH, KOH, RbOH, Ba(OH)₂, Ca(OH)₂ və s. aiddir.

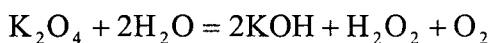
Əsasların alınma üsulları. 1. Qələvi və qələvi-torpaq metalları otaq temperaturunda su ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq qələviləri əmələ gətirirlər:



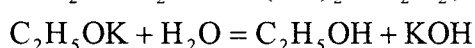
2. Qələvi və qələvi-torpaq metalların oksidlərinin su ilə reaksiyasından uyğun qələvilər alınır:



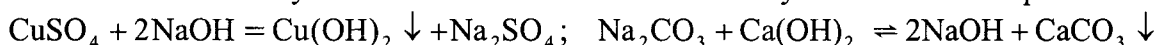
3. Qələvi və qələvi-torpaq metallarının peroksidləri və superoksidlərinin su ilə qarşılıqlı təsirdən qələvilər alınır:



4. Fəal metalların hidridlərinin, nitridlərinin, fosfidlərinin, karbidlərinin və alkoqolyatlarının su ilə reaksiyasından əsaslar əmələ gəlir:

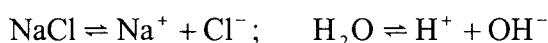


5. Duzların əsaslarla reaksiyasından suda həll olan və həll olmayan əsasları almaq olur:



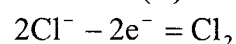
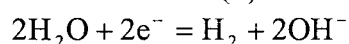
Axırıncı reaksiya dönəndir. Ona görə ki, kalsium-hidroksid suda az həll olur. Məhlulda natrium-hidroksidin miqdarı 12 %-dən yüksək olmur.

6. Texnikada qələviləri almaq üçün natrium və kalium duzlarının suda məhlullarını elektrolizə uğradırlar:

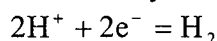


katod (-)

anod (+)

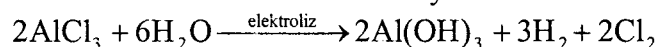


əsas reaksiya



əlavə reaksiya

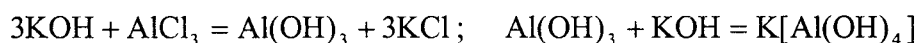
Məhlulda katodun ətrafında NaOH alınır. Əmələ gələn qələvinin xlorla reaksiyasının qarşısını almaq üçün elektroliz aparatına diafraqma (arəkəsmə) yerləşdirilir. Digər metalların halogenidlərinin məhlulunun elektrolizindən suda həll olmayan əsasları almaq olur:



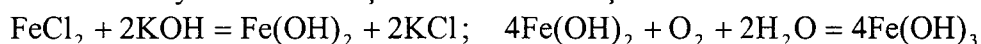
katodda

anodda

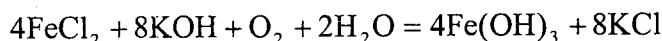
Amfoter metalların duzlarının məhluluna qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə əmələ gələn amfoter hidroksid qələvinin artığında həll olur. Ona görə də qələvini duz məhluluna az miqdarda əlavə etmək lazımdır:



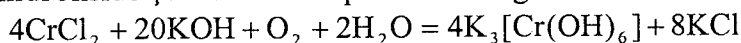
Asan oksidləşən metalların duzlarına qələvilərlə təsir etdikdə alınan əsas oksidləşərək aşağı oksidləşmə dərəcəsindən yuxarı oksidləşmə dərəcəsinə keçir:



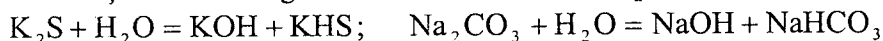
yaxud cəm halında



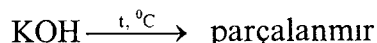
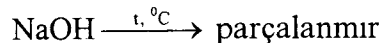
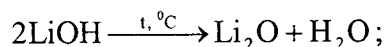
İkivalentli xrom duzlarına qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə alınan xrom 2-hidroksid oksidləşərək xrom 3-hidroksidə çevrilir. O da qələvinin artığında həll olur:



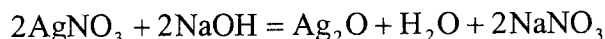
Qüvvətli əsas və zəif turşudan əmələ gələn duzların məhlulları qələvi xassəli olur:



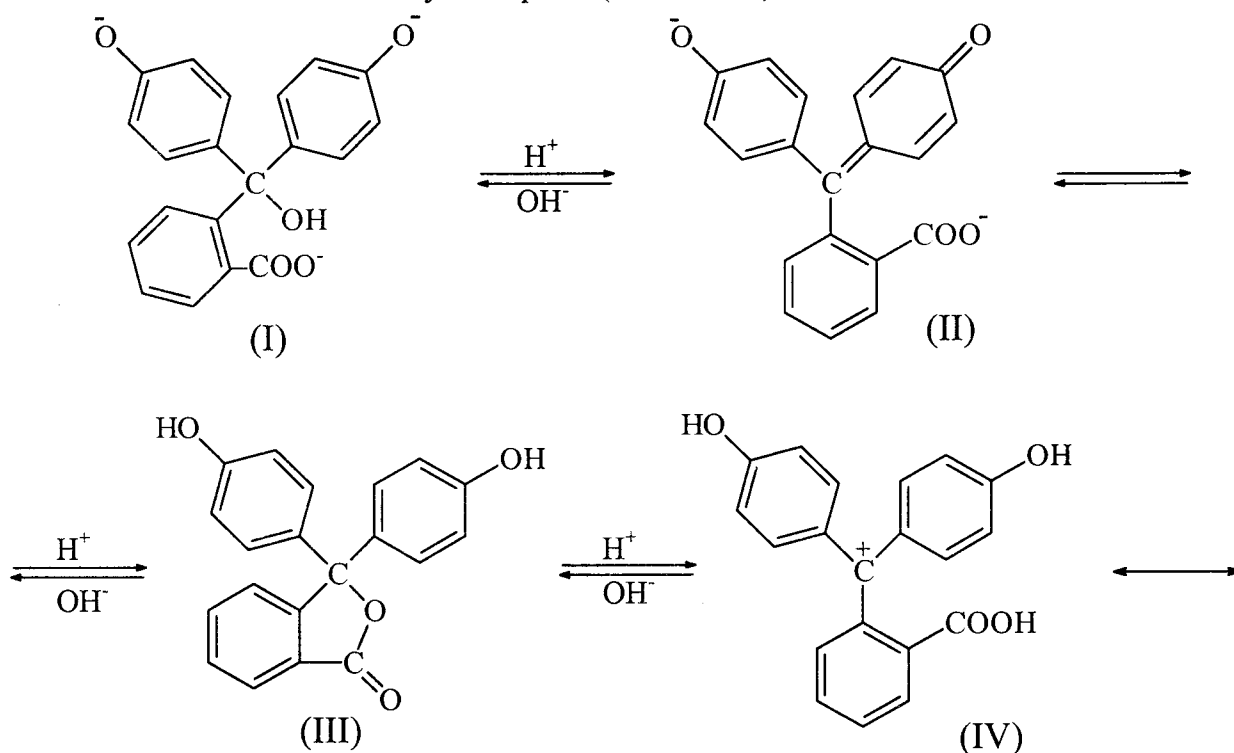
Əsasların xassələri. Əsaslar adi şəraitdə bərk maddələrdir. Termiki cəhətdən NaOH və KOH daha davamlıdır. NaOH -in ərimə temperaturu 321 °C, qaynama temperaturu 1378 °C, KOH -in ərimə temperaturu 404 °C, qaynama temperaturu 1324 °C-dir. Əsasların əksəriyyətini qızdırdıqda asanlıqla dehidratasiyaya uğrayırlar:

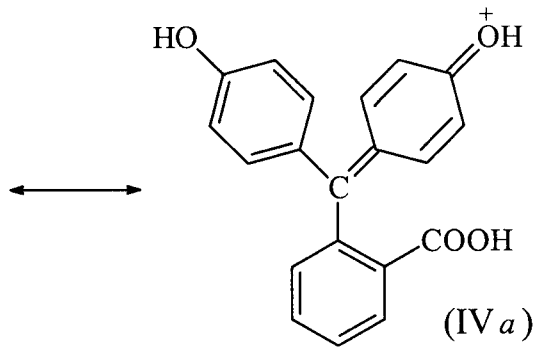


Gümüşün və civənin hidrokksidləri çox davamsızdır. Onları mübadilə reaksiyası vasitəsilə almaq olmur, hidrokksidlərin əvəzinə oksidləri alınır:

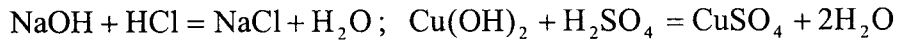


Əsaslar qırmızı lakmusu göy rəngə, rəngsiz fenolftaleini moruğu rəngə boyayırlar. İndikatorlar mürəkkəb quruluşlu üzvi maddələrdir. Onlar turşu yaxud qələvinin təsirindən rəngini dəyişirlər. Rəngin dəyişməsi quruluşlarının dəyişməsi (ion və ya molekulyar formaya keçməsi) ilə əlaqədardır. Quruluş dəyişdikdə maddənin işıq udma qabiliyyəti dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq fenolftaleinin qələvi və turşularla qarşılıqlı təsirini bir qədər ətraflı aydınlaşdıraraq. Qüvvətli qələvi mühitdə fenolftalein üç yüklü anion formasında olur (I formul). Bu forma rəngsizdir. Ona az miqdarda turşu əlavə etdikdə qələvinin bir hissəsi turşu ilə birləşir, moruğu rəng alınır (II formul). Bu formulda benzol nüvələrindən biri xinoid quruluşda olur. Moruğu rəngli fenolftaleinə turşu əlavə etdikdə yenidən rəngsizləşir (III formul). Həmin rəngsiz forma (III formul) qatı sulfat turşusu mühitində qırmızı rəng alır (IV formul). Rəngə səbəb fenolftalein kationudur (IV formul). Həmin formulu xinoid formasında da yazmaq olar (IVa formul):



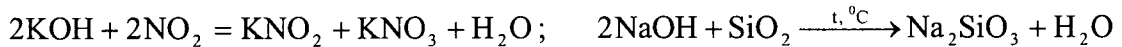


Əsasların məhlulu sabun tami verir. Suda həll olan və həll olmayan əsaslar qüvvətli turşularla qarşılıqlı təsirdə olaraq duz və su əmələ gətirirlər (neytrallaşma reaksiyası):

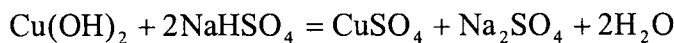
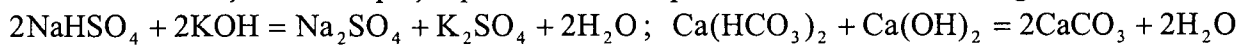


Qələvilər bütün turşularla qarşılıqlı təsirdə olurlar. Suda həll olmayan əsasların zəif turşularla reaksiyasını alan duzun hidrolizi və əsasın səthində həll olmayan duz təbəqəsinin əmələ gəlməsi ləngidir. Belə ki, suda həll olmayan əsaslara hidrogen-sulfidlə təsir etdikdə alınan sulfid əsasın səthini örtür və reaksiya getmir.

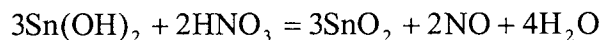
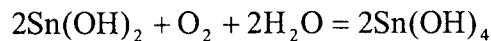
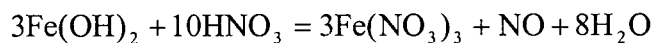
Əsaslar turşu oksidləri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq duz və su əmələ gətirirlər:



Əsaslar turşu duzlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq normal duz və su əmələ gətirirlər:

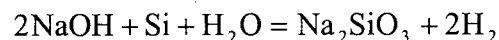
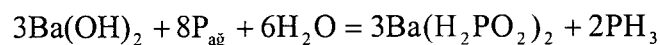
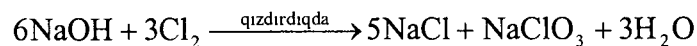
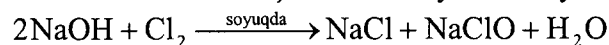


Dəyişkən valentli metalların oksidləşmə dərəcəsi aşağı olan hidrokسيدləri oksidləşdiricilərin təsirdən oksidləşirlər:



Əsaslar metallarla qarşılıqlı təsirdə olurlar. Ona görə ki, əsasda olan hidrokسيد qrupu metal atomundan elektron qəbul edə bilməz. Metal ionu isə həll olmayan əsasın tərkibində olduğundan bərk maddələr (fəal metalla suda həll olmayan əsas) arasında reaksiya çox yavaş gedir, yaxud toxunma səthlərində gedir və sonra dayanır. Suda həll olan əsasların məhlullarına fəal metalla təsir etdikdə əsas reaksiya metalın su ilə reaksiyasından ibarət olur.

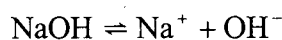
Qələvilər bir sıra qeyri-metallarla oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına daxil olurlar:



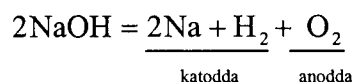
Qələvi məhlullarının elektrolizində katodda hidrogen, anodda isə oksigen alınır:



Ərinmiş halda qələviləri elektrolizə uğratdıqda katodda metal və hidrogen, anodda isə oksigen alınır:



yaxud cəm halında,



§ 3. Turşular

Turşular metallarla əvəz oluna bilən hidrogen atomundan və turşu qalıqından ibarət olan mürəkkəb maddələrdir. Elektrolitik dissosiasiyaya uğradıqda turşular müsbət yüklü ion olaraq yalnız hidrogen ionu (hidroksonium ionu) əmələ gətirirlər. Metalla əvəz oluna bilən hidrogen atomlarının sayına görə turşular birəsaslı (HCl , HBr , HI , HNO_3 , HCN), ikiəsaslı (H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2CO_3), üçəsaslı (H_3PO_4 , H_3BO_3) və s. qruplara bölünürlər. Bəzi turşularda hidrogen atomlarının hamısı metalla əvəz olunmur. Məsələn, CH_3COOH tərkibində dörd atom hidrogen olmasına baxmayaraq birəsaslıdır. Ümumiyyətlə, üzvi turşularda karboksil qrupunda ($-\text{COOH}$) olan hidrogen atomu metalla əvəz olunur. Fosfit turşusu H_3PO_3 (H_2HPO_3) ikiəsaslı, hipofosfit turşusu H_3PO_2 (HH_2PO_2) birəsaslı turşudur. Turşular kimyəvi tərkiblərinə görə müxtəlif baxımdan təsnif edilir. Oksigensiz turşular hidrogen atomundan, qeyri-metaldan yaxud qeyri-metalların qruplaşmasından ibarətdir. Oksigensiz turşulara misal olaraq xlorid HCl , bromid HBr , yodid HI , sulfid H_2S , sianid HCN , flüorid HF , rodanid HSCN və s. göstərmək olar. Bunlardan başqa turşular sadə və politurşulara bölünürlər. Sadə turşuların molekulunda bir atom turşu əmələ gətirən element olur (N , P , S , Cl və s.) olur: HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_3 , H_3PO_4 və s. sadə turşulardır. Politurşuların molekulunda bir neçə atom turşu əmələ gətirən element olur. Politurşular da öz növbəsində izopoliturşular və heteropoliturşular olmaqla iki yerə bölünürlər.

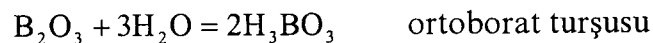
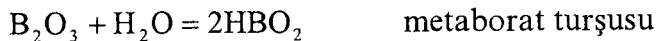
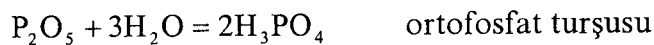
İzopoliturşularda turşu əmələ gətirən eyni elementin bir neçə atomu olur. Onlara misal olaraq $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$, $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ göstərmək olar.

Heteropoliturşularda turşu əmələ gətirən elementlər müxtəlif olurlar. Yaxud oksidləşmə dərəcələri müxtəlif olan eyni element atomları olur. Onlara misal olaraq HBF_4 , H_2CS_3 , $\text{H}_2\text{S}^{\overset{+6}{\text{O}}}_3\text{S}^{\overset{-2}{\text{S}}}$, $\text{H}_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$ göstərmək olar.

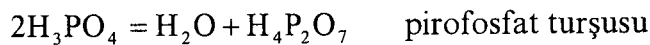
Kompleks turşularda turşunu əmələ gətirən element daxili sferada olur: $\text{H}_2[\text{ZnCl}_2(\text{OH})_2]$, $\text{H}[\text{AuCl}_4]$, $\text{H}_2[\text{PtCl}_4]$, $\text{H}_2[\text{ZnCl}_4(\text{OH})_2]$, sink-xloridin qatı məhlulunda hidroliz nəticəsində əmələ gəlir: $\text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2[\text{ZnCl}_2(\text{OH})_2]$

$\text{H}[\text{AuCl}_4]$ və $\text{H}_2[\text{PtCl}_4]$ qızıl və platini çar arağında həll etdikdə əmələ gəlir.

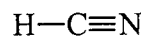
Bəzi turşu anhidridləri müxtəlif şəraitdə müxtəlif sayda su molekulu birləşdirir. Bu zaman suyu çox olan turşu ortoturşu az olan turşu isə metaturşu adlanır. Məsələn:



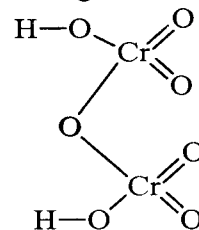
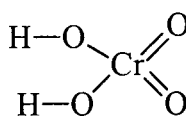
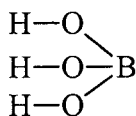
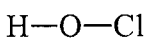
Ortoturşuları qismən susuzlaşdırdıqda alınan turşular piroturşular adlanır:



Turşular molekulyar quruluşlu maddələrdir. Onlar ayrı-ayrı molekulardan, dimerlərdən və polimerlərdən ibarət olur (hidrogen rabitələrinin hesabına). Oksigensiz turşularda hidrogen atomları bilavasitə qeyri metal atomu ilə birləşir:



Oksigenli turşularda hidrogen atomları turşu əmələ gətirən elementə oksigen vasitəsilə birləşir:

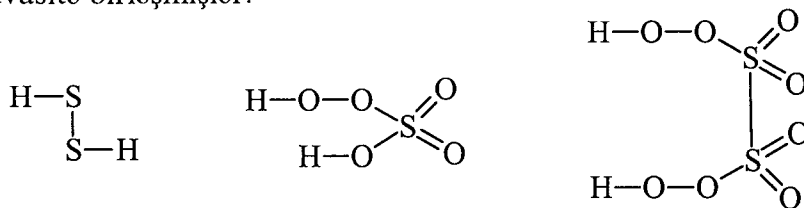


Fosfit turşusunda hidrogen atomunun biri, hipofosfit turşusunda isə ikisi bilavasitə fosfora birləşmişdir:



Ona görə də fosfit turşusu ikiasanlı, hipofosfit turşusu isə birəaslıdır.

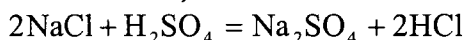
Disulfid (H_2S_2), monopirosulfat (H_2SO_5) və pirosulfat turşularında eyni qeyri-metal atomları bir-birilə bilavasitə birləşmişlər:



Turşuların alınma üsulları. 1. Turşu anhidridlərinin su ilə reaksiyasından. Turşu anhidridlərinin çoxu bilavasitə su ilə birləşirlər:



2. Duzların turşularla reaksiyasından. Bu üsulda reaksiya üçün götürülən duz kifayət qədər suda həll olmalıdır, turşu isə qüvvətli və az uçucu olmalıdır:

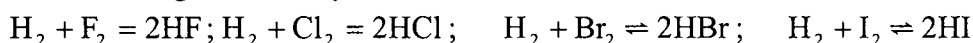


Bu reaksiyanın başa çatması üçün natrium-xlorid kristalı yaxud qatı məhlulu və qatı sulfat turşusu götürülür. Ona görə ki, xlorid turşusu sulfat turşusuna nisbətən qüvvətlidir. Buna baxmayaraq sulfat turşusu uçucu deyil, hidrogen-xlorid isə uçucudur:

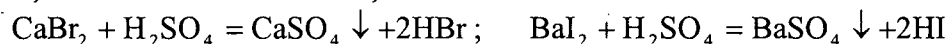


Bu reaksiyalarda alınan maddələrdən biri qaz, yaxud çöküntü halında reaksiya sferasından çıxır. Sulfat turşusu bromid turşusundan və sulfid turşusu sulfat turşusundan zəif olmasına baxmayaraq onları duzlarından çıxarırlar.

3. Qeyri-metalların hidrogenlə reaksiyasından:



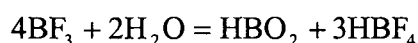
Hidrogenin flüorla reaksiyası partlayışla gedir. Laboratoriyada və sənayedə flüorla işləmək son dərəcədə ehtiyatlılıq tələb etdiyindən həmin reaksiyadan istifadə edilmir. Hidrogenin brom və yodla reaksiyası dönəndir, ona görə də hidrogen bromid və yodidlərinə duru sulfat turşusu ilə təsir etmək əlverişlidir:



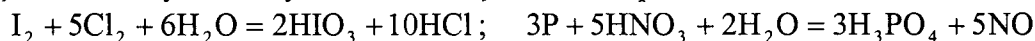
Bromid və yodid turşularının duzlarına qatı sulfat turşusu ilə təsir etdikdə oksidləşmə-reduksiya reaksiyası baş verir, sərbəst brom və yod alınır:



4. Halogen anhidridlərinin su ilə reaksiyasından (hidrolizindən) oksigenli və oksigensiz turşular alınır:



5. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarından turşuları almaq olur:

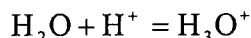




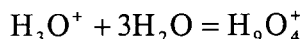
Turşuların xassələri. Suda məhlulunda turşular müsbət yüklü hidrogen (proton) və mənfi yüklü turşu qalığı ionlarına dissosiasiya edirlər:



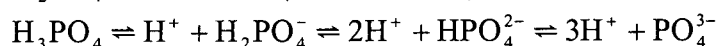
Hidrogen ionu donör-akseptor rabitəsi hesabına H_2O molekulu ilə birləşərək hidroksonium ionu H_3O^+ əmələ gətirir:



Alınan hidroksonium ionu özünə üç molekul su birləşdirir:



Çoxəsəli turşular pilləli dissosiasiya edirlər:

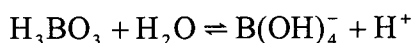


Qüvvətli turşuların dissosiasiya dərəcəsi yüksək olur. Əksinə zəif turşuların dissosiasiya dərəcəsi 3 %-dən kiçik olur. Oksigenli turşuların ümumi formulunu $\text{XO}_m(\text{OH})_n$ kimi göstərsək $m=0$ olduqda, turşu çox zəif olur. Onlara misal olaraq HClO , HBrO , HIO , H_4SiO_4 , H_3BO_3 , H_3AsO_3 , H_3SbO_3 göstərmək olar. Zəif turşuların ümumi formulunu $\text{XO}(\text{OH})_n$, yaxud $\text{H}_n\text{XO}_{n+1}$ şəklində göstərmək olar: HClO_2 , H_2SO_3 , H_2SeO_3 , H_3PO_4 , H_2HPO_3 , HH_2PO_2 , H_3AsO_4 , H_5IO_3 , H_2CO_3 zəif turşulardır.

Qüvvətli turşularda oksigen atomunun miqdarı get-gedə artır. Onların ümumi formulu $\text{XO}_2(\text{OH})_n$ yaxud $\text{H}_n\text{XO}_{n+2}$, HClO_3 , H_2SO_4 qüvvətli turşulardır. Çox qüvvətli turşuların ümumi formulu $\text{XO}_3(\text{OH})_n$ yaxud $\text{H}_n\text{XO}_{n+3}$, HClO_4 , HMnO_4 çox qüvvətli turşulardır.

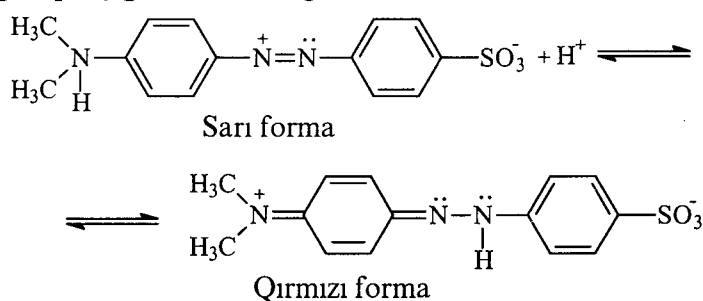
Oksigensiz turşuların qüvvətli yaxud zəif olmalarını yuxarıdakı qayda ilə təyin etmək olmur, HI , HBr , HCl , HSCN qüvvətli turşulardır, HF , H_2S , H_2Se , H_2Te , HCN , HN_3 zəif turşulardır, H_2O_2 , $\text{HON} - \text{NOH}$ çox zəif turşulardır.

Borat turşusunun dissosiasiyası digər turşulardan fərqlənir. Belə ki, suda məhlulunda həmin turşulardan hidrogen ayrılmır. Əksinə su molekulundan hidroksid ionunu özünə birləşdirir hidrogen ionunu azad edir:



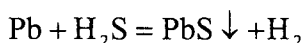
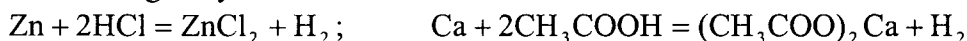
Qüvvətli turşuların dissosiasiya dərəcəsi yüksək olur. Əksinə zəif turşuların dissosiasiya dərəcəsi az olur.

Turşuların çoxu mayelərdir. Onlara misal olaraq H_2SO_4 , HNO_3 , HClO_4 , H_2SeO_4 və s. göstərmək olar. H_3PO_4 , H_2SiO_3 , H_6TeO_6 bərk maddələrdir. H_2SO_3 , H_2CO_3 , HNO_2 yalnız məhlulda mövcud olur. Turşuların dadı turş olur. Suda məhlulunda turşular bənövşəyi lakmusu qırmızı rəngə metiloranjı çəhrayı rəngə boyayır. Metiloranj kükürd və azotlu üzvi turşunun duzudur. Qələvi mühitdə sarı rəngdə, turş mühitdə qırmızı rəngdə olur. Neytral mühitdə bərabər miqdarda sarı və qırmızı formanın qarışığından ibarət olur. Sarı və qırmızı rəngin qarışığı narıncı rəng verir:

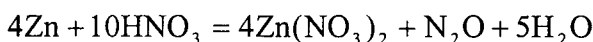
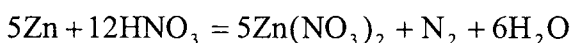
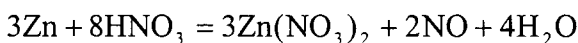


Elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşən metalların turşularla

reaksiyasından hidrogen ayrılır:

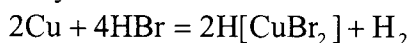


Elektrokimyəvi gərginlik sırasındakı mövqeyindən asılı olmayaraq metalların nitrat turşusu ilə reaksiyasından praktik olaraq hidrogen ayrılır. Turşunun bir hissəsi uyğun duzun – nitratın əmələ gəlməsinə digər hissəsi isə metalın fəallığından və turşunun qatılığından asılı olaraq reduksiya uğrayaraq NO_2 , NO , N_2O , N_2 , NH_3 əmələ gəlməsinə sərf olunur. Bunu sinklə reaksiyadan aydın görmək olur:



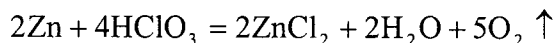
durulaşma

Məlum olduğu kimi mis metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşir. Buna görə də turşudan hidrogen çıxarmamalıdır. Lakin misin bromid turşusu ilə reaksiyasından hidrogen ayrılır:

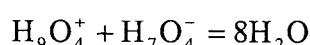
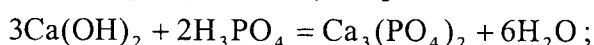
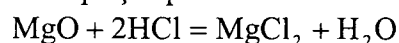
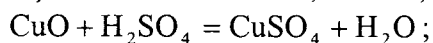


Reaksiya nəticəsində əmələ gələn mis ionu kompleks ionun tərkibinə keçməklə məhluldan kənar edilir. Nəticədə tarazlıq praktik olaraq hidrogenin əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlir.

Oksidləşdirici xassəsi yüksək olan turşularda turşunu əmələ gətirən element metalı və hətta turşudakı oksid ionunu oksidləşdirir. İlk baxışda qeyri-adi olsa da hidrogen əvəzinə oksigen ayrılır:

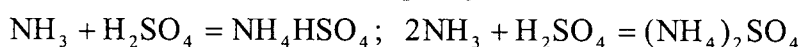
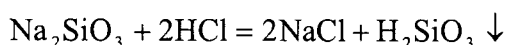
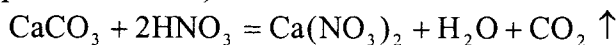


Turşular metal oksidləri, əsaslar, duzlar və ammoniyakla qarşılıqlı təsirdə olurlar:

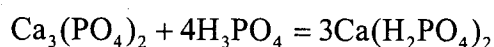
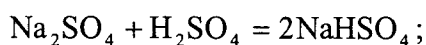
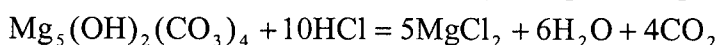
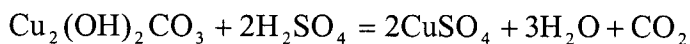


Sual ortaya çıxır, bunlardan hansı neytrallaşma reaksiyasını daha real ifadə edir?

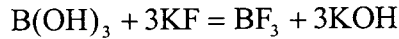
Kimyəvi relaksasiya metodu ilə sübut edilmişdir ki, neytrallaşma reaksiyasında su molekulu H_9O_4^+ və H_7O_4^- assosiatlarının birləşməsindən əmələ gəlir. Həmin reaksiyanın sürət sabiti $k = 1,4 \cdot 10^{11} \ell / \text{mol} \cdot \text{san} \cdot \text{y}$ ə bərabərdir. Belə yüksək sürət H^+ və OH^- ionları arasında gedən reaksiyada ola bilməz. Ona görə ki, onların ölçüləri H_9O_4^+ və H_7O_4^- ionlarına nisbətən çox kiçikdir. Deməli, axırıncıların bir-birilə görüşmə ehtimalı daha çoxdur. Kimyəvi relaksasiya metodunun mahiyyətini qısaca olaraq belə ifadə etmək olar: xarici şəraiti (temperaturu və təzyiqi) kəskin sürətdə dəyişdirməklə reaksiyanın tarazlığı çox qısa vaxtda pozulur və yenidən bərpa edilir. Həmin qısa vaxtda müasir cihazlar vasitəsilə reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığı ölçülür və reaksiyanın relaksasiyası (tarazlığın bərpa olunmasına qədər olan vaxt) hesablanır.



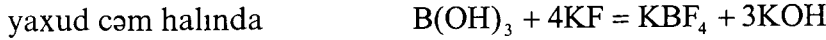
Turşuların əsasi duzlarla reaksiyasından normal duz, normal duzlarla reaksiyasından turş duz alınır:



Hidroksiduzlara $K_2[Zn(OH)_4]$ və ya $K_2ZnO_2 \cdot 2H_2O$ az miqdarda turşu ilə təsir etdikdə çöküntü halında əsas alınır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi turşuların normal duzlarla reaksiyasından yeni duz və yeni turşu alınır. Lakin bu mütləq deyil. Belə ki, ortoborat turşusunun kalium-flüoridlə reaksiyasından bor-flüorid və kalium-hidroksid alınır:



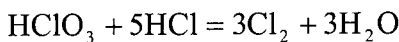
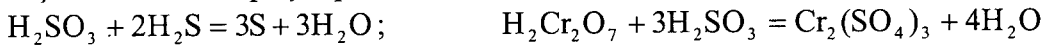
Bunun səbəbi odur ki, ortoborat turşusu amfoterdir, onda çox zəif olsa da əsaslıq xassəsi var. Əsasla $B(OH)_3$ duz arasında mübadilə reaksiyası gedir. Alınan BF_3 kalium-flüoridlə kompleks birləşmə KBF_4 əmələ gətirir. Bu isə reaksiyanın sağa doğru getməsinə təmin edir:



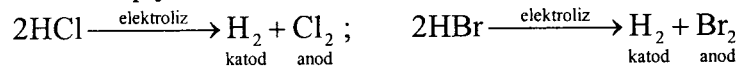
Metallarda olduğu kimi turşuların qeyri-metallarla qarşılıqlı təsirdə oksidləşmə-reduksiya baş verir:



Bəzi turşular bir-birilə qarşılıqlı təsirdə olurlar:



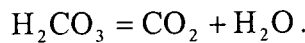
Oksigensiz turşuların (flüorid turşusundan başqa) məhlullarını elektrolizə uğratdıqda katodda hidrogen anodda isə qeyri-metal alınır:



Turşuları qızdırdıqda turşu anhidridinə və suya parçalanırlar:

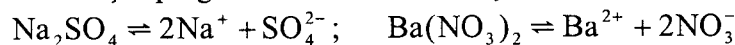


Bəzi turşular yalnız məhlulda mövcuddurlar. Onlar öz-özünə parçalanırlar:

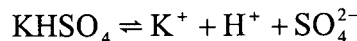


§ 4. Duzlar

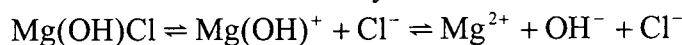
Duzlara turşulardakı (amfoter hidroksidlərdəki) hidrogen atomlarının metal atomları ilə, yaxud əsaslardakı (amfoter hidroksidlərdəki) hidroksid qruplarının turşu qalığı ilə əvəz edilməsi məhsulu kimi baxmaq olar. Turşulardakı hidrogen atomları tamamilə əvəz olunduqda normal duz, qismən əvəz olunduqda turş duz alınır. Normal duzlar məhlulda və əritdikdə metal kationu və turşu qalığı anionuna dissosiasiya edirlər:



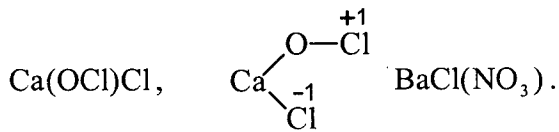
Turş duzlar metal kationu və turşu qalığı anionundan əlavə hidrogen ionuna dissosiasiya edirlər:



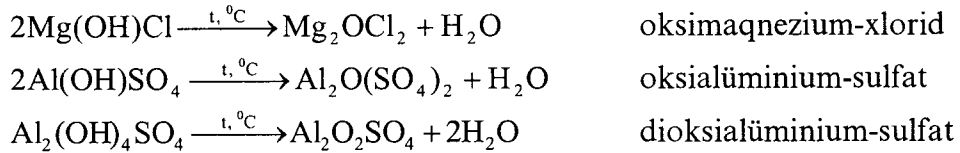
Əsasi duzlara əsas molekulundakı hidroksid qruplarının turşu qalığı ilə qismən əvəz edilməsi məhsulu kimi baxmaq olar. Əsasi duzlar dissosiasiya etdikdə metal kationu və turşu qalığı anionundan əlavə hidroksid ionlarına ayrılırlar:



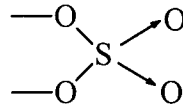
Normal, turş və əsasi duzlardan başqa ikiqat, qarışıq, oksid və kompleks duzlar var. İkiqat duzlarda iki müxtəlif kation və yalnız bir anion olur: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ (dolomit), $NaCl \cdot KCl$ (silvinit), $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (kalium-alüminium zəyi), $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (ammonium-dəmir zəyi). Qarışıq duzlarda yalnız bir kation və iki müxtəlif anion olur: $CaOCl_2$, yaxud



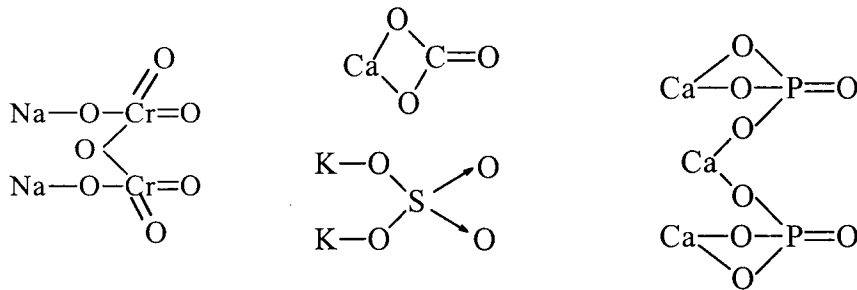
Oksiduzlara əsasi duzların dehidratasiya məhsulu kimi baxmaq olar:



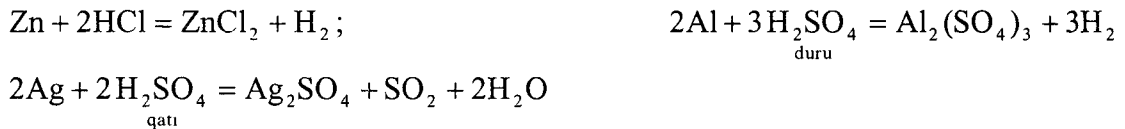
Bəzi hallarda duzlarda metal kationu əvəzinə atomlar qrupu olur. Onlara misal olaraq NH_4Cl ammonium-xlorid, VOSO_4 vanadil-sulfat, BiOCl bismutil-xlorid, SbONO_3 stibil-nitrat (yaxud antimonil nitrat), $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ uranil-nitrat və s. göstərmək olar. Duzların qrafik formulunu düzəltmək üçün əvvəlcə turşu-qalığının quruluşunu yazmaq lazımdır:



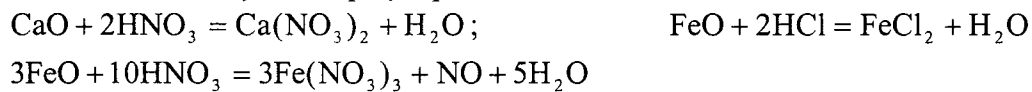
Sonra turşu qalığındakı oksigen atomlarının sərbəst valentlikləri duzdakı metal atomları ilə birləşdirilir:



Duzların alınma üsulları. 1. Metalların turşularla reaksiyasından:



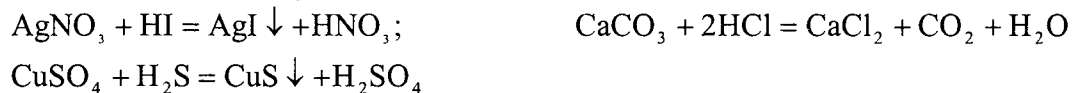
2. Metal oksidlərinin turşularla qarşılıqlı təsirindən:



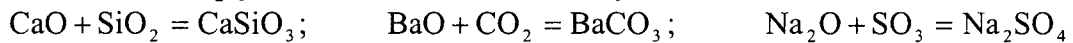
3. Əsasların turşularla qarşılıqlı təsirindən:



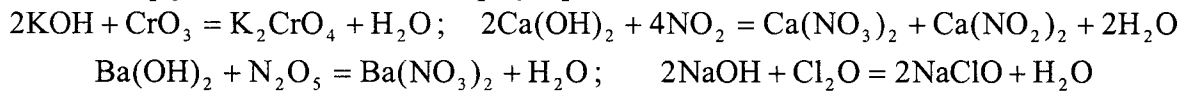
4. Duzların turşularla reaksiyasından:



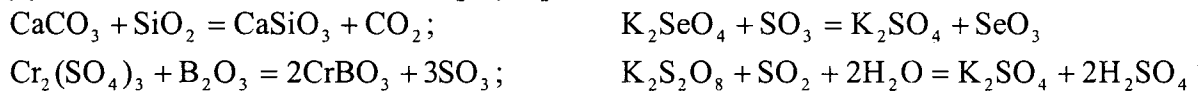
5. Metal oksidlərinin qeyri-metal oksidləri ilə reaksiyasından:



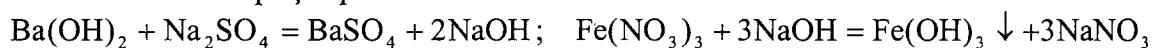
6. Əsasların qeyri-metal oksidləri ilə qarşılıqlı təsirindən:



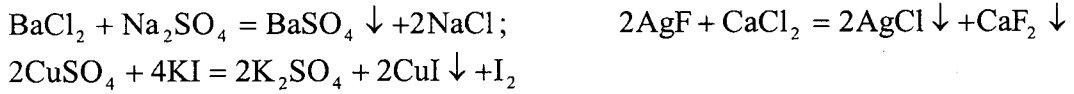
7. Qeyri-metal oksidlərinin duzlarla qarşılıqlı təsirindən:



8. Əsasların duzlarla qarşılıqlı təsirindən:



9. Duzların bir-birilə qarşılıqlı təsirindən:

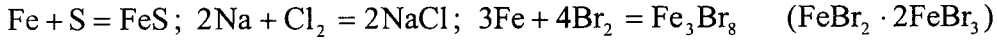


Bu tip reaksiyaların axıra qədər getməsi üçün alınan maddələrdən biri reaksiya zonasından çıxmalıdır (çöküntü yaxud qaz halında ayrılmalıdır).

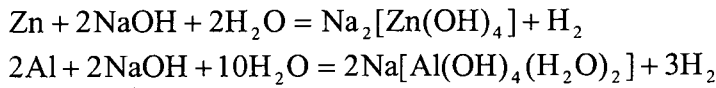
10. Metalların duzlarla reaksiyasından:



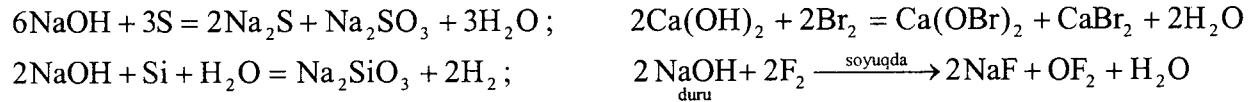
11. Metalların qeyri-metallarla reaksiyasından:



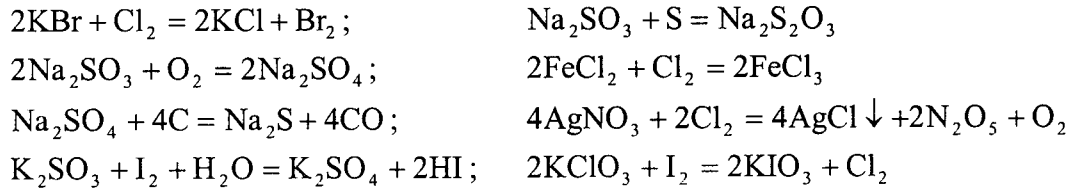
12. Oksidləri və hidrokidləri amfoter xassəli metalların qələvilərlə qarşılıqlı təsirindən:



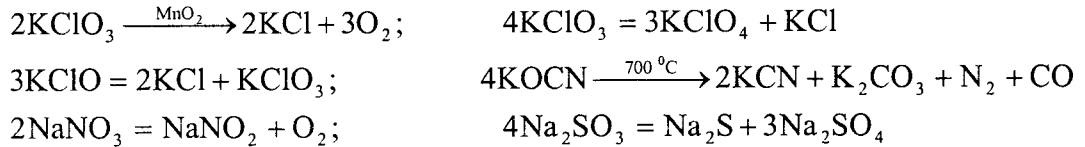
13. Qeyri metalların əsaslarla qarşılıqlı təsirindən:



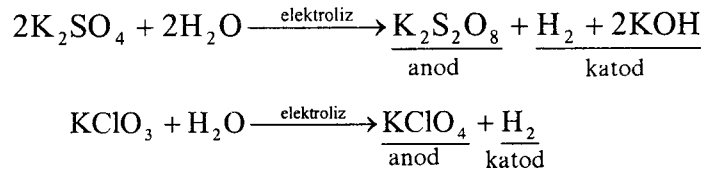
14. Qeyri-metalların duzlarla qarşılıqlı təsirindən:



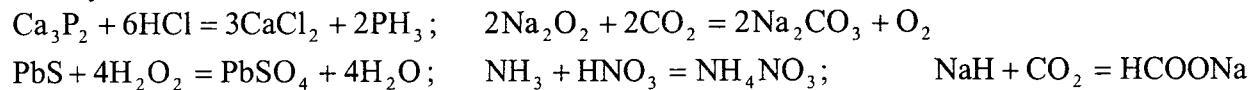
15. Duzların termiki parçalanmasından:



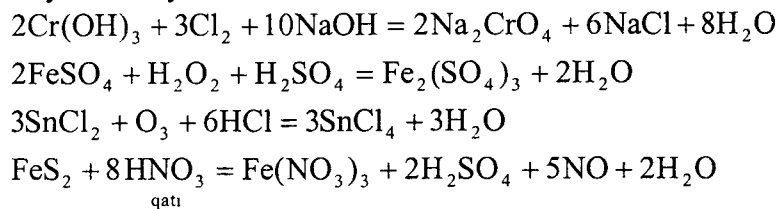
16. Duzların suda məhlulunun elektrolizindən:



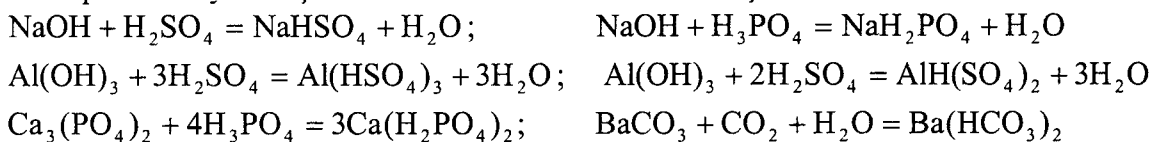
17. Qeyri-üzvi maddələrin başqa siniflərinə aid olan maddələrin iştirakı ilə gedən reaksiyalardan:



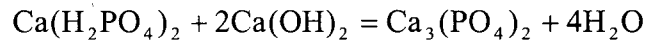
18. Bəzi oksidləşmə-reduksiya reaksiyasından:



Normal duzların kimyəvi xassələrini onların alınma üsullarına əsasən nəzərdən keçirmişik. Ona görə də turş və əsasi duzların alınma üsulları və xassələri ilə tanış olaq. Turş duzlar turşuların qismən neytrallaşmasından və normal duzlara turşuların təsirindən alınır:



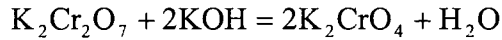
Turş duzlar onları əmələ gətirən turşuların xassələrini qismən saxlayırlar. Ona görə də onlar neytrallaşma reaksiyasına daxil olurlar:



Bəzi hallarda turş duzların əvəzinə çoxnüvəli turşunun duzu əmələ gəlir:



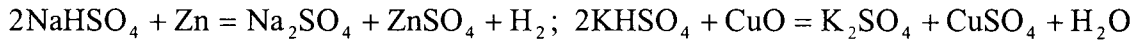
Alınan duzda hidrogen atomu olmadığına baxmayaraq turş duz xassəsini saxlayır, əsaslarla qarşılıqlı təsirdə olaraq normal duz və su əmələ gətirir (neytrallaşma reaksiyası):



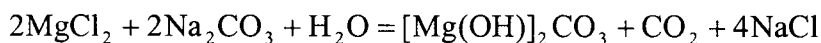
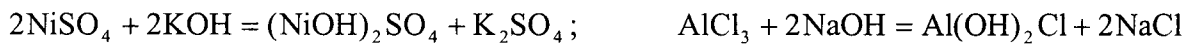
Qızdırdıqda turş duzların çoxu parçalanırlar:



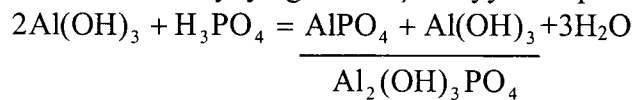
Turş duzlar metallar və metal oksidləri ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar:



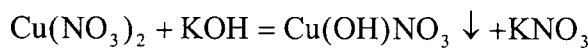
Əsasi duzlar normal duzlara az miqdarda qələvi və qüvvətli əsasla zəif turşudan əmələ gələn duzlara təsir etməklə alınır:



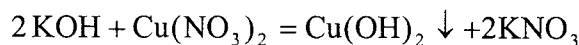
Bəzi vəsaitlərdə əsasların turşularla qismən neytrallaşmasından əsasi duz alınması qeyd edilir. Əslində belə deyil, bu zaman əsasi duzun əvəzinə əsasın qismən həll olmasından normal duz alınır. Qalan hissəsi reaksiyaya girməmiş vəziyyətdə qalır:



Əsasların və əsasi duzların alınması bir çox hallarda duzlarla qələvilərin qarşılıqlı təsiri şəraitindən asılıdır. Məsələn, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ məhluluna KOH məhlulu əlavə etdikdə əsasi duz alınır:



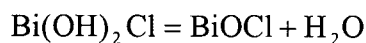
Əksinə KOH məhluluna $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ məhlulu əlavə etdikdə əsas alınır:



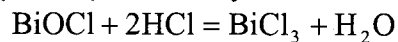
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi əsasi duzlar, əsaslar üçün xarakterik olan xassələri qismən saxlayırlar. Onların turşularla reaksiyasından normal duz və su alınır:



Bəzi hallarda əsasi duzların əmələ gəlməsi suyun ayrılması ilə müşayiət olunur, əsasi duz oksiduza çevrilir:



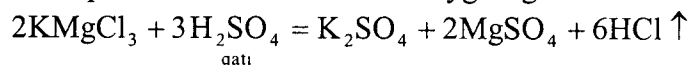
Tərkibində hidroksid qrupu olmadığına baxmayaraq oksidduzlar əsasi duzların xassələrini saxlayırlar. Onlar turşularla neytrallaşma reaksiyasına daxil olurlar:



Əsasi duzlar quruluşuna görə normal duzlarla əsaslar arasında aralıq mövqe tuturlar:

$\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$ əslində $[\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -nun qısaldılmış formasıdır. Deməli, $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$ formulu həmin birləşmənin həqiqi tərkibini və quruluşunu əks etdirmir.

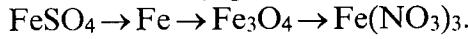
Kimyəvi reaksiyalarda ikiqat duzlar özlərini onlara uyğun gələn sadə duzlar kimi aparırlar:



Məsələlər

Məsələ 140. $6,02 \cdot 10^{22}$ atom sinkin duru sulfat turşusu ilə reaksiyasından neçə qram hidrogen ayrılır?

Məsələ 141. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın.



Məsələ 142. Aşağıdakı maddələr arasında reaksiyalar mümkündürmü?

a) ammonyak+fosfat turşusu; b) karbon+mis 2-nitrat; c) kükürd 4-oksidi+kalsium-hidroksid; d) ammonyak+karbon 4-oksidi; e) maqnezium+dəmir 2-nitrat.

Məsələ 143. Turşular a) turşular; b) turşu oksidləri ilə reaksiyaya girirmi? Misallar göstərin.

Məsələ 144. Dəmir lövhəni xlorid turşusu məhluluna, sonra miss 2-sulfat məhluluna saldılar. Bu zaman 0,56 l (n. ş.-də) qaz ayrıldı, lövhənin kütləsi 3,2 q artdı. Reaksiyaya girən dəmirin kütləsini təyin edin.

Məsələ 145. 3,1 q fosforu yandırdıqda alınan fosfor 5-oksidi 0,37 l 1%-li (sıxlığı 1 q/l-dir) kalsium-hidroksid məhlulunda həll edilmişdir. Reaksiya nəticəsində hansı duz əmələ gəlmişdir?

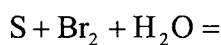
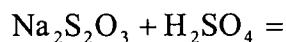
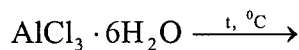
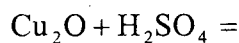
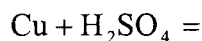
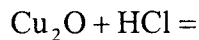
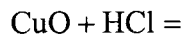
Məsələ 146. Artıqlaması ilə götürülən xlorid turşusuna o qədər kalium-sulfitlə təsir etmişlər ki, ayrılan qazın artıqlaması ilə götürülən hidrogen-sulfitlə reaksiyasından 14,4 q bərk maddə alınsın. Nə qədər kalium-sulfit götürülmüşdür?

Məsələ 147. Naməlum maddəyə duru sulfat turşusu ilə təsir etdikdə qüvvətli turşularda həll olmayan ağ çöküntü alındı. Filtirlədikdən sonra məhluldan reaksiya qurtarana qədər ozon buraxdıqda oksigen alındı. Oksigen çıxması dayandıqdan sonra məhlulda adi analitik reaktivlərlə heç bir maddəni təyin etmək mümkün olmadı. İlkin maddəni təyin edin.

Məsələ 148. A düzünü hidrogen-xlorid axımında reaksiya qurtarana qədər qızdırdıqda 2,58 l uçucu məhsullar (həcm 350 °C və 750 mm.c.s. təzyiqdə ölçülmüşdür) alınmışdır və su tərəfindən udulmuşdur. Alınan məhlul reaksiyanın digər məhsulu bərk B maddəsi ilə reaksiyaya girir və nitrat turşusunda həll olmayan 11,65 q çöküntü alınır. B-nin həmin miqdarı artıqlaması ilə götürülən gümüş-sulfatla 26 q ağ çöküntü əmələ gətirir. Həmin çöküntünün bir hissəsi ammonyaklı suda həll olur. Kəzərtmək üçün neçə qram A maddəsi götürülmüşdür?

Məsələ 149. 1,2005 q dolomitə sulfat turşusu ilə təsir etdikdə 1,6659 q sulfatlar qarışığı alınmışdır. Dolomitin faizlə miqdarını hesablayın.

Məsələ 150. Reaksiya tənliklərini tamamlayın:



XII FƏSİL

HİDROGEN VƏ ONUN BİRLƏŞMƏLƏRİ

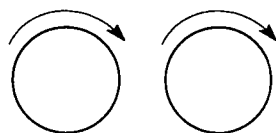
§ 1. Ümumi xarakteristikası

Dövri sistem cədvəlində VII qrup elementidir. Atom nömrəsi 1-ə bərabərdir. Kimyəvi işarəsi H-dir, haş oxunur. Latınca Hidrogenium sözünün baş hərfidir. Mənası yunanca hidro-su, gennao-doğuran deməkdir. Nisbi atom kütləsi 1,008 hesab edilir. Lakin, çox dəqiqliklə müəyyən edilmişdir ki, yüngül izotopunun nisbi atom kütləsi 1,007276470-ə bərabərdir. Mürəkkəb maddələrdə oksidləşmə dərəcəsi +1 və -1 olur.

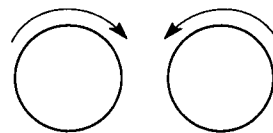
Kəşfi tarixi. XVI-XVII əsr kimyaçılarının əsərlərində turşuların metallara təsirindən qaz ayrılması haqqında məlumat var. 1766-cı ildə ingilis alimi H.Kavendiş toplayıb və tədqiq edərək həmin qazı «yanar hava» adlandırmışdır. 1783-cü ildə məşhur fransız kimyaçısı A.Lavuazye analiz və sintez yolu ilə suyun mürəkkəb maddə olduğunu sübut etmişdir. Sonra o, 1787-ci ildə «yanar hava»nın yeni kimyəvi element olduğunu müəyyən etmişdir və ona hidrogen adını vermişdir.

İzotopları. ^1H -protium (yüngül hidrogen; 99,985 %), ^2H yaxud D-deyterium (ağır hidrogen; 0,015 %), ^3H yaxud T-tritium (lap ağır hidrogen; yerdə 2 kq-a qədər ağır hidrogen var). Bunlardan başqa süni yolla son dərəcə davamsız izotopu da alınmışdır.

Hidrogen molekulları. Hidrogen izotopları ikiatomlu molekullar əmələ gətirir: H_2 , HD, D_2 , DT, HT və T_2 . Hidrogen molekulunda H_2 protonlar spinləri müxtəlif olan 1s yarımşəviyyəsində rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda olan iki elektron vasitəsilə birləşmişlər. Elektronlardan fərqli olaraq hidrogen molekulunda protonların spinləri paralel və antiparalel ola bilər:



Ortohidrogen (paralel spinli)



Parahidrogen (antiparalel spinli)

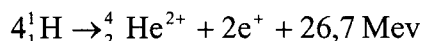
Adi hidrogen ortohidrogenlə parahidrogenin qarışığından ibarətdir. 25 °C-də təqribən 75 % ortohidrogendən 25 %-i parahidrogendən ibarətdir. Bunların hər ikisinin kimyəvi xassələri eynidir. Lakin, ərimə və qaynama temperaturları fərqlidir.

Cədvəl XII-1. Ortohidrogen və parahidrogenin ərimə və qaynama temperaturu

Temperatur keçidi, K	Ortohidrogen	Parahidrogen
Ərimə temperaturu	13,93	13,88
Qaynama temperaturu	20,41	20,29

H_2 molekulunu kimi digər hidrogen molekulları da (D_2 , T_2 , HD, HT, DT) orto- və para-vəziyyətdə ola bilərlər. Bunları nəzərə alsaq 12 müxtəlif hidrogen molekulunu olduğunu deyə bilərik. Bunlar son hədd deyil, alimlər antiproton və pozitrondan əmələ gəlmiş antihidrogen almışlar. Antideyterium və antitritium da alınmışdır.

Təbiətdə yayılması. Hidrogen kosmosda ən geniş yayılmış elementdir. Kosmik materiyanın 63 %-i H, 36 %-i He, 1 %-i qalan elementlərdən ibarətdir. Günəşin, ulduzların çoxunun, ulduzlar arası mühitin və dumanlığın kütləsinin yarıya qədərini hidrogen təşkil edir. Bir saniyədə günəşdən kosmik fəzaya 4 milyon ton kütləyə ekvivalent enerji şüalanır. Həmin enerji dörd hidrogen atomu nüvəsinin, protonların helium atomuna termonüvə çevrilməsi nəticəsində əmələ gəlir:



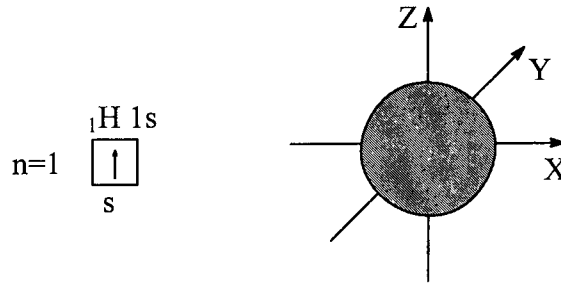
Bu (26,7 Mev) çox böyük enerjidir, nüvə reaksiyasında 1 qram proton çevrilməyə məruz qaldıqda ayrılan enerji 1 qram daş kömür yandıqda ayrılan enerjiden 20 milyon dəfə çoxdur. Belə hesab edirlər ki, indiyə qədər günəşin hidrogen ehtiyatının yalnız 20 %-i sərf edilmişdir. Qalan 80 % hələ milyardlarla illər kifayət edəcək. Gələcəkdə günəşin enerjisinin

tükənəcəyindən narahat olmaq lazım deyil. Yerdə hidrogenə əsasən birləşmiş halda rast gəlinir. Suyun, canlı orqanizmlərin, neftin, daş kömürün və bəzi mineralların tərkibində hidrogen var. Stratosferdə qismən ionlaşmış hidrogen var. Yer qabığının (17 km dərinliyə qədər) kütləsinin 1,4 %-ni hidrogen təşkil edir. Bu atom faizi ilə 17 % edir.

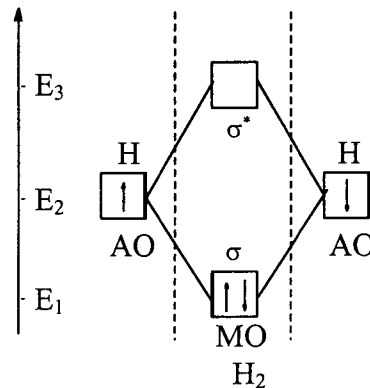
Dövri sistem cədvəlində mövqeyi. Kimyəvi elementlərin dövri sistem cədvəlində hidrogen uzun müddət I qrupun əsas yarımqrupunda litiumun üstündə yerləşdirilmişdir. Qələvi metallar kimi hidrogenin də bir valent elektronu var. Lakin hidrogenlə qələvi metallar arasında tam oxşarlıq yoxdur. Müasir dövri sistem cədvəllərində hidrogen VII qrupun əsas yarımqrupunda flüorun üstündə yerləşdirilir. Bunu dövri qanun və dövri sistem cədvəlinin məntiqi tələb edir. Ona görə ki, birinci üç dövrün analoq elementlərinin nüvələrinin yükü arasındakı fərq səkkizə bərabərdir. Əgər hidrogen I qrupda yerləşsəydi, analoqu litium olardı. Litiumla hidrogenin nüvələrinin yükü arasındakı fərq 2-yə bərabərdir. Flüorla hidrogenin nüvələrinin yükü arasındakı fərq isə 8-ə bərabərdir. Kiçik dövrlərin digər elementlərində də belədir. Məsələn, heliumla neonun nüvələrinin yükü arasındakı fərq (10-2=8) 8-ə bərabərdir.

§ 2. Atomunun və molekulunun quruluşu, alınması

Hidrogen atomu bir protondan və bir elektrondan ibarətdir. Hidrogen atomu dövri sistemdə analoqu olmayan ən sadə atomdur. Elektron onda birinci energetik səviyyədə yerləşir. Dayanıqlı halda elektron formulu $1s^1$ -dir. Onu sxematik olaraq belə təsvir etmək olar:



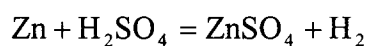
Hidrogen atomları bir-birinə kifayət qədər yaxınlaşdıqda elektron orbitalları qapanır. İki 1s orbitalı iki molekulyar orbital əmələ gətirir. Onlardan biri atom orbitallarının toplanmasından, digəri çıxılmasından əmələ gəlir. Birincinin enerjisi $E_1 < E_2$, ikincinin enerjisi $E_2 < E_3$ olur.



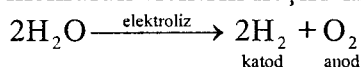
Elektronları nöqtələrlə işarə etsək atomlardan H₂ molekulunun əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:



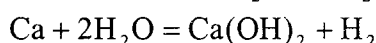
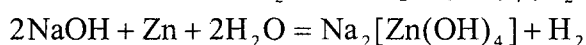
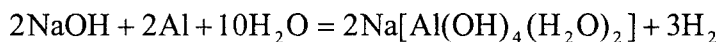
Laboratoriyada hidrogen Kipp aparatında sink qırıntılarına duru (həcmcə su ilə 1:5 nisbətində olan) sulfat turşusu ilə təsir etməklə alınır:



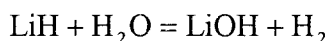
Reaksiyanı sürətləndirmək üçün məhlula az miqdarda CuSO_4 məhlulu əlavə edilir. Sinkin misə çevrilməsi nəticəsində alınan mis sinkin üzərində toplanır, qalvanik cüt əmələ gəlir. Elektronlar sinkdən misə, misdən isə hidrogen ionlarına verilir, hidrogenin ayrılması sürətlənir. Turşuların sinkə təsirindən alınan hidrogen təmiz olmur. Onda AsH_3 , PH_3 , H_2S və s. qazların qarışığı olur. Bunun səbəbi texniki sinkdə çox az miqdarda olan arsen, fosfor və kükürdün atomar hidrogenlə birləşməsidir. Hidrogeni digər qarışıqlardan təmizləmək üçün kalium-permanqanatın qələvi məhlulundan ($\text{KMnO}_4 + \text{KOH}$) keçirmək lazımdır. Təmiz hidrogen almaq üçün kalium-hidroksid məhlulu (350-400 q/ℓ) elektrolizə uğradılır. Burada kalium-hidroksidin rolu məhlulun elektrik keçiriciliyini artırmaq üçündür.



Bunlardan başqa laboratoriyada az miqdarda hidrogeni aşağıdakı reaksiya tənlikləri əsasında almaq olur:



Çöl şəraitində hidrogen almaq üçün litium-hidriddən istifadə etmək əlverişlidir:

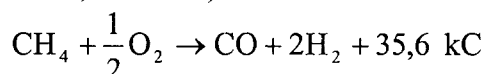


Bu üsulla az miqdarda litium-hidriddən çoxlu miqdarda hidrogen almaq olur; 1 kq LiH 3 m³ hidrogen verir. Sənayedə hidrogen aşağıdakı üsullarla alınır.

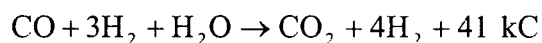
Metanın su buxarı ilə katalitik konversiyasından:



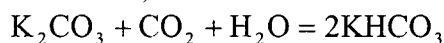
Proses Al_2O_3 üzərinə hopdurulmuş nikelin katalizatorluğu ilə 750-870 °C-də həyata keçirilir. Göründüyü kimi reaksiya endotermikdir, onu həyata keçirmək üçün reaksiya aparatı (reaktor) xaricdən metan yandırmaqla qızdırılır. Yaxud metana su buxarı ilə birlikdə oksigen əlavə edilir (1 m³ CH_4 -ə 0,55 m³ O_2):



Metanın bir hissəsi yanır ayrılan istilik hesabına, konversiya avtomatik olur. Reaktoru xaricdən qızdırmaq lazım gəlmir. İkinci mərhələdə karbon-monooksid su buxarı ilə konversiyaya uğrayır:



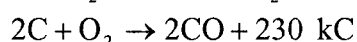
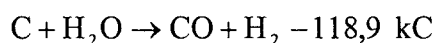
Proses 370-440 °C-də dəmir-xrom katalizatorunun (aktivləşdirilmiş Cr_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O və s. qarışığı olan Fe_2O_3) iştirakı ilə aparılır. Hidrogeni CO_2 -dən təmizləmək üçün qarışıq soyudulur. Bu zaman CO_2 maye hala keçir. Yaxud CO_2 -ni NaOH məhlulu ilə tuturlar. Əmələ gələn Na_2CO_3 əhəng məhlulu ilə emal edilir, NaOH regenerasiya edilir. Qaz qarışığından CO_2 -ni ayırmaq üçün qaynar K_2CO_3 məhlulundan da istifadə edilir. Təzyiq altında qaz qarışığı məhluldan buraxılır, kalium-hidrokarbonat alınır:



Sonra KHCO_3 qızdırılır, K_2CO_3 regenerasiya edilir:



Bunlardan başqa sənayedə hidrogen bərk halda olan yanar faydalı qazıntıların su buxarı və hava ilə emalından da alınır:



Nəticədə su qazı (40 %-ə qədər CO və 50 % H_2) əmələ gəlir. Su qazında CO və H_2 -dən əlavə CO_2 , CH_4 , N_2 və tərkibində kükürd olan digər qazlar olur. Hidrogen CO və digər qazlardan yuxarıda qeyd etdiyimiz üsullarla təmizlənir. Ağ neft qalıqlarını da bu üsulla analoji olaraq emal etməklə hidrogen alınır.

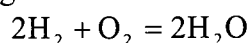
§ 3. Fiziki və kimyəvi xassələri

Adi şəraitdə hidrogen rəngsiz, iysiz və dadsız qazdır. 0 °C-də 101,3 kPa (1 atm.) təzyiqdə sıxlığı 0,09 q/l-dir. Havadan 14,5 dəfə yüngüldür. Ümumiyyətlə, yerdə ən yüngül maddədir. Heliumdan sonra ən çətin mayeləşən qazdır. -252,6 °C-də qaynayır və -259,1 °C-də bərk hala keçir. Maye hidrogen də mayələrin ən yüngülüdür, onun sıxlığı 0,0719 q/sm³-dir. Hidrogenin istilikkeçirmə qabiliyyəti yüksəkdir, qızdırılmış cisim hidrogen atmosferində havadakına nisbətən 6 dəfə tez soyuyur. Bunun səbəbi yüngül molekulların istilik hərəkətinin orta sürətinin yüksək olmasıdır. Suda çox az həll olur, bir həcm suda 0,02 həcm hidrogen həll olur. Hidrogenin fiziki xassələrində ən səciyyəvi cəhət onun Pd, Ni, Pt metallarında həll olmasıdır. Bir həcm palladiumda 900 həcmə yaxın hidrogen həll olur. Bu zaman H₂ molekulları atomlara parçalanır və əmələ gələn hidrogen atomları ionlaşır. Nəticədə H⁺ ionları olan, metal keçiriciliyinə malik bərk faza əmələ gəlir. Hidrogen atomlarının valent elektronları metalların valent elektronları kimi lokallaşmamışlar. Yüksək temperaturda hidrogenin metallarda və xəlitələrdə həll olması sürətlənir. Karbonlu poladdan hidrogen diffuziya etdikdə karbonla qarşılıqlı təsirdə olur, poladı aşındırır. Poladı turşularla emal etdikdə hidrogen ayrılır və poladın kövrəkliyi artır, hidrogen kövrəkliyi yaranır.

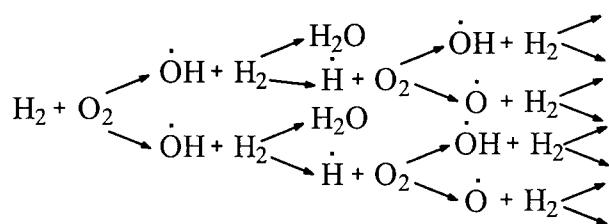
Molekulyar hidrogen H₂ adi şəraitdə yalnız flüorla və işıqda xlorla reaksiyaya girir:



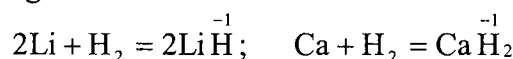
Bu reaksiyaların hər ikisi zəncirvari reaksiyadır. Qızdırdıqda hidrogen bir çox elementlərlə reaksiyaya girir. Oksigenlə su əmələ gətirir:



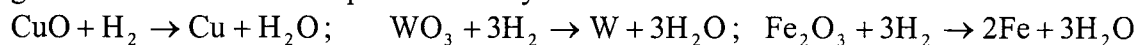
Hidrogenin oksigenlə yanması çoxlu miqdarda istilik ayrılması ilə müşayiət olunur. Hidrogenin oksigenlə qarışığı partlayış cəhətdən təhlükəlidir. 2 həcm hidrogen və 1 həcm oksigendən ibarət qarışıq güruldayıcı qaz adlanır. Hidrogenin oksigenlə reaksiyası budaqlanan zəncirvari reaksiyalara aiddir. Zəncirvari reaksiyaların mexanizmi akademik, Nobel mükafatı laureatı N.Semyonov tərəfindən öyrənilmişdir. Zəncirvari reaksiyalarda radikallar adlanan fəal hissəciklər əmələ gəlir. Onlarda qoşalaşmayan elektronlar nöqtələrlə işarə edilir. $\dot{\text{H}}$, $\dot{\text{O}}\text{H}$, $\dot{\text{O}}$ radikallarından əlavə iki qoşalaşmamış elektronu olan $\ddot{\text{O}}$ biradikalı əmələ gəlir. Hər elementar aktda, qarşılıqlı təsirdə fəal hissəciklər əmələ gəlir, bunlar isə sonrakı reaksiyalara səbəb olur:



Get-gedə zəncirvari reaksiyanın sürəti güclü axın xarakteri alır və nəhayət partlayışla nəticələnir. Katalizator kimi platin (xırdalanmış halda) iştirak etdikdə hidrogenin oksigenlə qarşılıqlı təsiri sakit halda gedir və tez başa çatır (80-130 °C). Hidrogen azotla katalizator iştirakı ilə yüksək temperaturda və təzyiqdə birləşir, ammonyak əmələ gəlir. Xalkogenlərlə qaz halda hidridlər əmələ gətirir: H₂S (600 °C-də), H₂Se (530 °C-də), H₂Te (730 °C-də). Qələvi və qələvi-torpaq metalları, III, IV, V və VI qrup elementləri ilə hidridlər və metaloxşar hidridlər əmələ gətirir:



Bu reaksiyalarda hidrogen oksidləşdiricidir. Lakin bu xassə hidrogen üçün o, qədər də xarakterik deyil. O, çox hallarda reduksiyaedici olur. Metal oksidlərinin çoxunu və halogenidləri sərbəst metala qədər reduksiya edir:



Bu reaksiyalardan sənayedə metalların alınmasında istifadə edilir. Hidrogen üzvi

birleşmələri yalnız katalizator (Pd, Pt və s.) iştirakı ilə reduksiya edir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi onunla birleşən elementin təbiətindən asılı olaraq birleşmələrdə hidrogenin oksidləşmə dərəcəsi +1 və -1 olur. Lakin bu hal mütləq deyil, aralıq vəziyyətdə olan birleşmələr də mövcuddur:

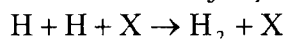
LiH	BeH ₂	B ₂ H ₆	CH ₄	H ₃ N	H ₂ O	HF
NaH	MgH ₂	AlH ₃	SiH ₄	H ₃ P	H ₂ S	HCl
KH	CaH ₂	GaH ₃	GeH ₄	AsH ₃	H ₂ Se	HBr
RbH	SrH ₂	InH ₃	SnH ₄	SbH ₃	H ₂ Te	HI
CsH	BaH ₂					
Hidridlər ⁻¹ H			Aralıq birleşmələr		⁺¹ H birleşmələri	

Kimyəvi xassələrinə görə qeyri-metalların hidridləri turşu xassəlidirlər. Metalların hidridləri isə əsasi xassəlidir. Bunların aralarındakı fərqli hidroliz məhsullarında daha kəskin nəzərə çarpır:



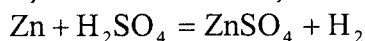
§ 4. Atomar hidrogen

Atomar hidrogen əmələ gələn anda (latınca in statu nascendi) mövcud olur. Aşağı təzyiqdə sakit elektrik boşalmasının təsirindən molekulyar hidrogen H₂ atomar hidrogenə çevrilir. Atomar hidrogen bir saniyəyə qədər mövcud ola bilir. Bunun səbəbi odur ki, H atomlarının qarşılıqlı təsirindən əvvəlcə H₂ molekulu əmələ gəlmir. Bunun üçün üçqat qarşılıqlı təsir yəni üç hissəciyin toqquşması lazımdır. Hidrogen atomları birleşərək H molekulu əmələ gəldikdə enerji ayrılır. Həmin enerji üçüncü hissəciyə verilir:

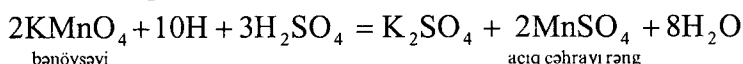
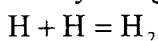


burada X ayrılan enerjini qəbul edən hissəcikdir. Ona görə də hidrogen atomları mövcud olduqları müddətdə bir-birilə milyon dəfə toqquşur lakin birleşmirlər. Lakin üçqat qarşılıqlı toqquşmaya nisbətən ikiqat toqquşma ehtimalı daha çoxdur. Hidrogen atomları bərk səthdə bir-birilə toqquşduqda H₂ molekulu əmələ gəlir. Bu zaman ayrılan enerji bərk səth tərəfindən qəbul edilir, temperatur 3500–4000 °C-yə qədər yüksəlir. Atomar hidrogen qızdırıcısı bu prinsipə əsasən hazırlanmışdır. Onun vasitəsilə ən çətin əriyən metalları belə kəsb və qaynaq etmək olur. Atomar hidrogen yalnız elektrik boşalmasının təsirindən əmələ gəlmir. O, turşuların metallara təsirindən də əmələ gəlir. Bunu aşağıdakı təcrübələr vasitəsilə sübut etmək olar.

Birinci təcrübə. Bənövşəyi kalium-permanqanat KMnO₄ məhlulundan hidrogen axını buraxdıqda dəyişiklik baş vermir, H₂ molekulları KMnO₄-lə qarşılıqlı təsirdə olmur. KMnO₄ məhluluna sink qırıntıları ilə bir neçə damla sulfat turşusu əlavə etdikdə hidrogen ayrılır:

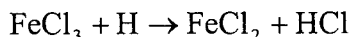


Metallın turşu ilə reaksiyasında ilk anda H₂ molekulu deyil, H atomları əmələ gəlir. Bunlar birleşib H₂ molekulları əmələ gətirənə qədər çox hissəsi kalium-permanqanatla reaksiyaya girirlər. Deməli, paralel reaksiyalar gedir:



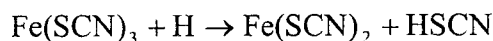
Kalium-permanqanat məhlulu tədricən rəngsizləşir.

İkinci təcrübə. FeCl₃ məhlulundan hidrogen qazını buraxdıqda dəyişiklik baş vermir, reaksiya getmir. Həmin məhlula sink qırıntıları və bir neçə damla sulfat turşusu məhlulu əlavə etdikdə FeCl₃ reduksiya olunur:

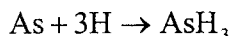


FeCl₃ məhluluna əvvəlcədən ammonium-rodanid məhlulu əlavə etdikdə qırmızı-qan rəngdə

əmələ gələn dəmir 3-rodanidi $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ atomar hidrogen reduksiya edir, məhlulun qırmızı rəngi solğunlaşır:



Göründüyü kimi atomar hidrogenin reduksiyaedici xassəsi çox yüksəkdir. Adi şəraitdə o, N_2 , S, P və As-lə birləşir:

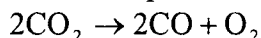


Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi hidrogen H_2 qaz halında platin, palladium və nikel tərəfindən adsorbsiya edildikdə atomar hala keçir. Ona görə də həmin metallar hidrogenləşmə reaksiyaları üçün yaxşı katalizatorudur.

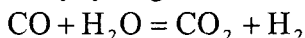
§ 5. Hidrogen energetikası

Kimyəvi enerjinin digər enerji növlərinə çevrilməsi üsullarının işlənməsi alimlərin qarşısında duran ən qədim problemlərdən olmuşdur. Uzun minilliklərdə onun bir həlli olmuşdur, enerjiyə malik xammalı, yəni yanacağı (neft, qaz, kömür, yanar şistlər, torf, oduncaq və s.) yandırmışlar. Yanacağın yandırılmasının səmərəliliyini artırmaq sahəsində texniki tərəqqinin yüksəlməsinə baxmayaraq bu üsulla enerji istehsalı iqtisadi cəhətdən əlverişli deyil. Ona görə də yanacağın elektrokimyəvi istilik elementlərində yandırılaraq kimyəvi enerjinin bilavasitə elektrik enerjisinə çevrilməsi, istilik elementlərində elektrokatalitik üsullar tətbiq etməklə effektivliyin artırılması müasir kimyanın ən aktual problemlərindəndir. Kimyəvi energetikanın digər vacib istiqaməti ekoloji təmiz və istisadi cəhətdən əlverişli enerji istehsalı üsullarını işləyib hazırlamaqdır. Bu sahədə hidrogen daha çox diqqəti cəlb edir. Digər enerji daşıyıcılarına nisbətən hidrogenin üstünlüyü, ekoloji cəhətdən ən təmiz maddə olması və mənbəyinin tükənməzliyidir. Hidrosferdə su ehtiyatı $1,39 \cdot 10^{18}$ tondur. Bunlardan əlavə hidrogenin yanma istiliyi yüksəkdir ($-143,0$ MC/kq), borularla nəql etmək asandır, özlülüyü çox azdır və tətbiq sahələri genişdir.

Hidrogendən kimya və metallurgiya sənayesində bir çox proseslərdə həmçinin aviasiyada və avtomobil nəqliyyatında yanacaq kimi istifadə edilə bilər. Bütün bunlar sənayenin hidrogen energetikası sahəsinin yaranmasına səbəb olmuşdur. Hidrogenin, yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz, ənənəvi üsullarla alınması hidrogen energetikası üçün iqtisadi cəhətdən əlverişli deyil. Belə ki, suyu termiki dissosiasiyaya uğratmaq üçün yüksək temperatur tələb olunur, 2483 °C-də 11,1 %-ni parçalamaq olur. Suyun elektrolizi çoxdan tətbiq edilməsinə baxmayaraq, elektroliz hidrogeni konversiya hidrogenindən 2 dəfə bahadır. Elektrolit kimi qələvi ərintisindən istifadə etməklə suyu elektrolizə uğratdıqda ənənəvi üsula nisbətən 30–40 % az elektrik enerjisi sərf olunur. Bu prosesdə elektrolitdə suyun miqdarı kütlə ilə 4 % olur. Hidrogenin plazmokimyəvi üsulla istehsalı daha perspektivlidir. Bu üsul iki mərhələdə həyata keçirilir. Əvvəlcə plazmatronunda CO_2 dissosiasiyaya uğradılır:

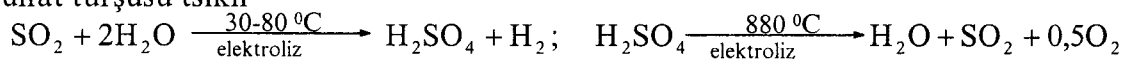


Sonra alınan CO su buxarı ilə konversiyaya uğradılır:

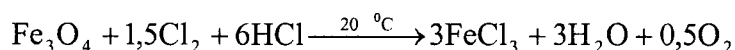
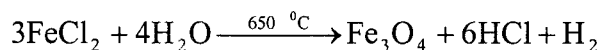


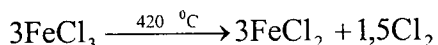
Alınan CO_2 yenidən plazmatrona qaytarılır. Göründüyü kimi termotsiklik prosesdə son nəticədə yalnız su parçalanır H_2 və O_2 alınır. Prosesi həyata keçirmək üçün yalnız su və istilik tələb olunur. Digər komponentlərin hamısı regenerasiya olunur. Həmin proseslərdə enerji mənbəyi nüvə reaktorlarında alınan enerjidir. Suyu termotsiklik üsulla parçalamaqla hidrogen alınmasının 1000-dən çox üsulu məlumdur. Bunlar elektron-hesablama maşınları vasitəsilə analiz edilib, yalnız 30-u hərtərəfli öyrənilib. Bunlardan aşağıdakıları göstərmək olar:

1. Sulfat turşusu tsikli

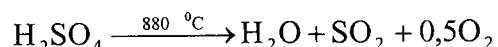
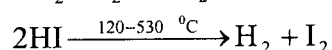
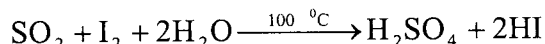


2. Dəmir-xlorid tsikli





3. Yod sulfat turşusu tsikli



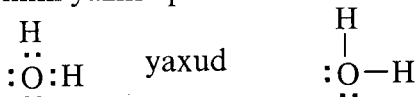
Hidrogenin tətbiqi. Hidrogendən əvvəllər hava şarlarını və drijablları doldurmaq üçün istifadə etmişlər. Partlayış cəhətdən təhlükəli olduğuna görə bundan imtina etmişlər. Ekoloji cəhətdən ən təmiz yanacaq növü kimi hidrogen bütün yanacaq növlərindən üstündür. Bu sahədə bütün dünya alimləri tədqiqat aparırlar. Hidrogenin oksigenlə qarşılıqlı təsirindən, hidrogen-oksigen alovundan ($4000\text{ }^\circ\text{C}$) metalların kəsilib və qaynaq edilməsində istifadə edilir. Hidrogendən ammoniyak, hidrogen-xlorid və metil spirtinin sintezində istifadə edilir. Maye yağların bərk yağlara çevrilməsində, müxtəlif üzvi sintezlərdə, sintetik maye yanacaq alınmasında hidrogendən istifadə edilir. Yarımkəçiricilər texnikasında xüsusi təmiz metal onların oksidləri və xloridlərini hidrogenlə reduksiya etməklə alırlar. Termonüvə yanacağı kimi hidrogenin izotoplarının, deuterium və tritiumun böyük perspektivi var. Bu izotoplar gələcəkdə bəşəriyyəti tükənməz enerji mənbəyi ilə təmin edəcək. Yüz milyonlarla temperaturda deuterium nüvələrindən heliumun nüvəsi sintez edilir və bu zaman hər kiloqrama külli miqdarda $4,19 \cdot 10^{11}$ kC (10^{11} kkal) enerji ayrılır. Təbii suda deuterium nisbətən az olmasına ($0,015\%$) baxmayaraq, yer üzərində suyun miqdarı çox olduğuna görə onun ehtiyatı praktik olaraq tükənməzdir. Suyu elektrolizə uğratdıqda əvvəlcə yüngül hidrogen (protium) ayrılır. Get-gedə su deuteriumla zənginləşir. Elektrolizi dəfələrlə təkrar etməklə deuterium almaq olur. Termonüvə reaksiyalarını hələlik dinc şəraitdə həyata keçirmək mümkün olmamışdır. Onu yalnız termonüvə partlayışında (hidrogen bombasında) aparmaq olur. İdarəolunan termonüvə reaksiyalarını dinc məqsədlə həyata keçirmək üçün alimlər və mühəndislər bir çox çətinlikləri aradan qaldırmalıdırlar. Elmi proqnozlara görə bu problem bizim əsrdə öz həllini tapacaq.

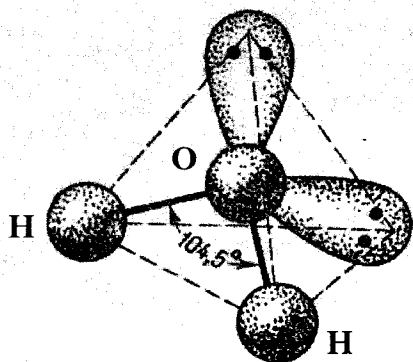
§ 6. Su

Su hidrogenin oksidi hesab edilir. Kimyəvi formulu H_2O -dur. Nisbi molekul kütləsi $18,016$ -ya bərabərdir.

Təbiətdə yayılması. Su yer kürəsində ən geniş yayılmış maddələrdən biridir. Ulduzlararası fəzada su molekulları aşkar edilmişdir, kometlərin, günəş sistemi planetlərinin çoxunun və onların peyklərinin tərkibində su var. Yer in səthində $1,39 \cdot 10^{18}$ ton su var. Bunların çoxu dənizlərdə və okeanlarda toplanmışdır. Suyun ümumi miqdarı ilə müqayisədə içməli su azdır $2 \cdot 10^{14}$ tona bərabərdir. Antraktikada, antraktidada və yüksək dağlıq rayonlarda buzlaqların kütləsi $2,4 \cdot 10^{16}$ tondur. Təqribən bu qədər də yeraltı sular mövcuddur. Yer in dərinliklərində daha çox olduğu güman edilir. Atmosferdə $1,3 \cdot 10^{13}$ ton su var. Mineralların və dağ süxurlarının (gilin, gipsin və s.) tərkibinə su daxil olur. Bütün canlı orqanizmlərin ən vacib komponentlərindən biri sudur. Normal halda insan orqanizminin 65% -i sudan ibarətdir. Həmin suyun $10-12\%$ -i itirildikdə ölüm təhlükəsi yaranır. İnsan fizioloji tarazlığı təmin etmək üçün gündə $2 \div 4$ l su qəbul etməlidir. Qida ilə qəbul edilən su da bura daxildir.

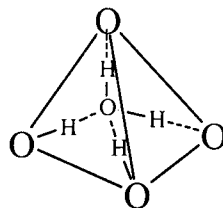
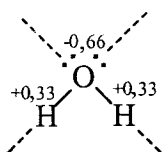
Molekulunun quruluşu. Oksigen atomunun xarici energetik səviyyəsində 6 elektron var. Bu elektronlar dörd orbitalda yerləşmişdir, qoşalaşmış vəziyyətdə dördü orbitalların ikisinə, ikisi isə qoşalaşmamış halda hər orbitalda biri yerləşir. Qoşalaşmamış elektronlar iki hidrogen atomu ilə iki kovalent rabitə əmələ gətirir. Bunlara əsasən H_2O molekulunun elektron quruluşunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:





Şəkil XII-1. Su molekulunun quruluşu.

HOH bucağı $104,5^{\circ}$ -dir. O–H rabitəsinin uzunluğu $0,0957$ nm-dir. Dipol momenti $6,17 \cdot 10^{-30}$ Kl·m-dir. Su yalnız buxar halında H_2O molekullarından ibarətdir. Lakin bu mütləq deyil, su buxarlarının sıxlığının təyin edilməsi nisbi molekül kütləsinin $18,64$ -ə bərabər olduğunu göstərir. Bu H_2O molekulalarının $3,5$ %-nin dimerləşmiş vəziyyətdə $(H_2O)_2$ olmasını göstərir. Hidrogen ionunun radiusu çox kiçik olduğundan digər H_2O molekularındakı mənfi oksigen atomunun elektron buluduna nüfuz edə bilər, hidrogen rabitəsi yaranır. Hidrogen rabitəsinin yaranmasında donör-akseptor qarşılıqlı təsiri də əhəmiyyətli rol oynayır. Su molekulunda dörd hidrogen rabitəsi yaranır. Bunlardan ikisi hidrogen atomlarının, ikisi isə oksigen atomunun kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütləri hesabına yaranır:

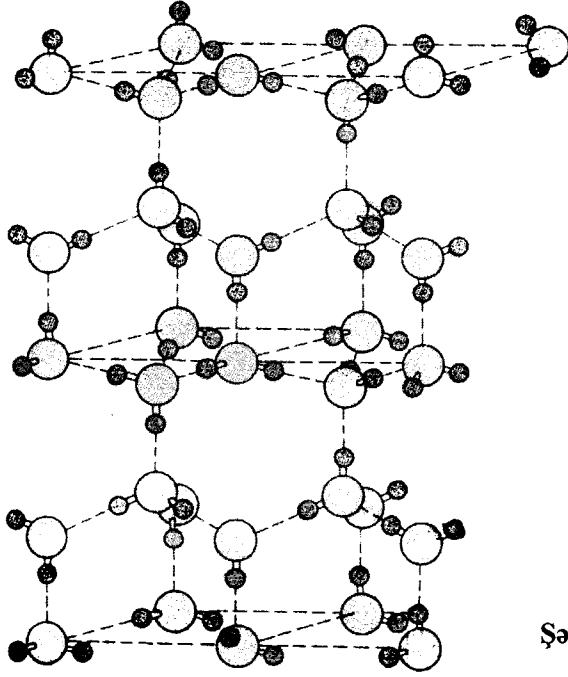


Şəkil XII-2. Su molekulunun tetraedrik koordinasiyanın sxemi.

Hidrogen rabitələri hesabına H_2O molekulaları assosiasiya etmişdir $(H_2O)_x$. $20^{\circ}C$ -də $x=4$. Bu səbəbdən də suyun ərimə və qaynama temperaturu anomaliya təşkil edir.

İzotop tərkibi. Hidrogenin 2, oksigenin isə 3 sabit izotopu olduğuna görə onlar 9 variantda birləşərək su molekulalarını əmələ gətirirlər. Hər iki elementin radioaktiv izotoplarını da nəzərə alsaq 36 variantda su molekulaları olar. İcməli suda mol faizi ilə $^1H_2^{16}O$ – $99,73$ %; $^1H_2^{18}O$ – $0,2$ %; $^1H_2^{17}O$ – $0,04$ %; $^1H^2H^{16}O$ – $0,03$ % qalan beş su molekulaları suda çox az miqdarda olurlar. Sabit su molekullarından əlavə suda çox az miqdarda T_2O molekulaları da olur.

Fiziki xassələri. Saf su rəngsiz, iysiz və dadsız mayedir. Lakin, 5 metrədən qalın təbəqələrdə mavi rəngdə olur. Su yer şəraitində üç aqreqat halında mövcud olan yeganə maddədir. Normal atmosfer təzyiqində su $100^{\circ}C$ -də qaynayır, $0^{\circ}C$ -də donur. Su donduqda həcmi 9 % artır. Bunlar suyun anomaliyasıdır. $4^{\circ}C$ -də sıxlığı ən yüksək (1 q/sm³) olur. $20^{\circ}C$ -də isə sıxlığı $0,998$ q/sm³-dir. Buzun sıxlığı $0,92$ q/sm³-dir. Buzun sıxlığının suyun sıxlığından az olmasının çox böyük əhəmiyyəti var. Əgər belə olmasaydı aysberqlər okeanda üzə bilməzdi, suyun üzərindəki buz parçası dibinə çökərdi. Həyati proseslər indiki şəkildə olmazdı, bəlkə də, ümumiyyətlə, həyat mövcud olmazdı. Qışda suyun üzərində əmələ gələn buz təbəqəsi onu soyumaqdan və bütövlükdə donmaqdan qoruyur. Su hövzələrindəki canlıların məhv olmaq təhlükəsi aradan qalxır. Digər bərk maddələr kimi buzun quruluşu suyun maye halına nisbətən daha nizamlıdır. Əmələ gələn quruluşda bütün istiqamətlərdə H_2O molekulaları arasında maksimum sayda hidrogen rabitələri yaranır. Buzun quruluşunda çoxlu sayda heksaqonal boşluqlar var, lakin bunların maye suda olan boşluqlara nisbətən kiçikliyi və möhkəmliyi azdır. Təzyiqi artırıqda buzun ərimə temperaturunun aşağı düşməsinin səbəbi, buzun daha sıx formaya maye hala keçməsi və sistemin həcmnin azalmasıdır.



Şəkil XII-3. Buzun kristal quruluşu.

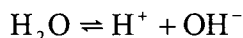
İstilik tutumu $4,2 \text{ C/q}$ -dərəcədir. İstilik tutumu ən yüksək olan mayedir. Əvvəllər bu kəmiyyət istilik vahidi etalonu kimi qəbul edilmişdir. Distillə edilmiş 1 q suyun temperaturunu $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -dən $20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə qədər artırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı 1 kalori götürülür: $1 \text{ kal} \approx 4,18 \text{ C}$. Suyun istilik tutumu havanın istilik tutumundan 3100 dəfə çoxdur. Müəyyən rayonda olan su hövzəsindəki suyun temperaturunu azacıq da olsa yüksəltmək üçün külli miqdarda istilik sərf edilməlidir. Ona görə də dənizətrafi sahələrdə iqlim yumşaq olur və kəskin temperatur dəyişməsi demək olar ki, baş vermir. Su elektrik cərəyanını pis keçirir. 1 sm^3 suyun elektrik müqaviməti en kəsiyi 1 sm^2 və uzunluğu 1 milyard kilometr olan mis məftilin müqavimətinə bərabərdir (yerdən günəşə qədər olan məsafə təqribən 150 milyon kilometrdir). Suda həll olan hava elektrik keçiriciliyini 100 dəfə artırır. Suyun qaynama və ərimə temperaturu oksigenin dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyi ilə uyğun gəlmir. Dövrü sistem cədvəlində oksigenin analoqları kükürd, selen və tellurdur. Bunların hidrogenli birləşmələrinin qaynama temperaturlarının ($\text{H}_2\text{S} -60,8 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{Se} -45,5 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{Te} -1,8 \text{ }^\circ\text{C}$) ekstrapolyasiyasına əsasən suyun qaynama temperaturu təqribən $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ olmalı idi. Həmin analoqların hidrogenli birləşmələrinin ərimə temperaturlarının ($\text{H}_2\text{S} -85,6 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{Se} -65,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{Te} -51,0 \text{ }^\circ\text{C}$) ekstrapolyasiyasından suyun donma temperaturu üçün $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ qiymətini alırıq.

VI	T, qay.				
$2 \text{ }^8 \text{ O}$	$\odot \text{ H}_2\text{O}?$				$\odot \text{ H}_2\text{O}!$
$3 \text{ }^{16} \text{ S}$	$\odot \text{ H}_2\text{S}$				
$4 \text{ }^{34} \text{ Se}$	$\text{H}_2\text{Se} \odot$				
$5 \text{ }^{52} \text{ Te}$		$\odot \text{ H}_2\text{Te}$			
	-100	-50	0	50	$100 \text{ }^\circ\text{C}$
VI	T, ərim.				
$2 \text{ }^8 \text{ O}$	$\odot \text{ H}_2\text{O}?$		$\odot \text{ H}_2\text{O}!$		
$3 \text{ }^{16} \text{ S}$	$\odot \text{ H}_2\text{S}$				
$4 \text{ }^{34} \text{ Se}$	$\odot \text{ H}_2\text{Se}$				
$5 \text{ }^{52} \text{ Te}$		$\odot \text{ H}_2\text{Te}$			
	-100	-50	0	50	$100 \text{ }^\circ\text{C}$

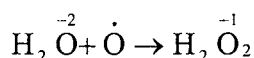
Şəkil XII-4. Kükürdün, selenin, tellurun hidrogenli birləşmələrinin və suyun ərimə və qaynama temperaturları. $\text{H}_2\text{Te}-\text{H}_2\text{Se}-\text{H}_2\text{S}$ sırası üzrə bu fiziki kəmiyyətlər azalır. Əgər eyni qanunauyğunluq suda da ödənsə idi $t_{\text{ərim.}} = -100 \text{ }^\circ\text{C}$ və $t_{\text{qay.}} = -80 \text{ }^\circ\text{C}$ olardı. Ancaq hamıya məlumdur ki, su üçün $t_{\text{ərim.}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ və $t_{\text{qay.}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ -dir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi buzun ərimə temperaturu 0 °C-dir. Suyun qaynama temperaturu isə +100 °C-dir. Deməli, bunlar gözlənilən qiymətlərdən –100 °C-dən və –80 °C-dən uyğun olaraq 100 °C və 180 °C yüksəkdir. Bu anomaliyaların səbəbi H₂O molekulları arasında yaranan hidrogen rabitələridir. Hidrogen rabitəsi və onun səbəbi kimyəvi rabitə bölməsində və su molekulunun quruluşu haqqında olan izahatlarda kifayət qədər aydınlaşdırılmışdır.

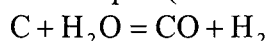
Kimyəvi xassələri. 25 °C-də hər $5 \cdot 10^9$ H₂O molekulundan biri dissosiasiyaya uğrayır:



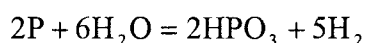
Əmələ gələn proton su molekulu ilə birləşərək hidroksonium H₃O⁺ ionu əmələ gətirir. Hidroksonium ionu da hidratlaşaraq H₉O₄⁺ (H₃O⁺ · 3H₂O) ionuna çevrilir. 25 °C-də saf suda H⁺ və OH⁻ ionlarının qatılığı 10⁻⁷ q -ion/ℓ-dir. Bu qatılıq pH=7 (-lg[H⁺] = pH; -lg10⁻⁷ = 7) hidrogen göstəricisinə uyğun gəlir. Temperaturu artırıqca suyun elektrolitik dissosiasiyası artır. 700 °C-də və 130000 atmosfer təzyiqdə suda H⁺ ionlarının qatılığı adi şəraitdə 10 %-li xlorid turşusunda olduğu kimidir. Su kimyəvi cəhətdən fəal maddədir. Atomar oksigen suyu oksidləşdirir:



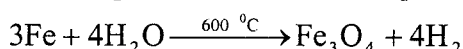
Suyun F₂ ilə reaksiyasından HF, həmçinin O, O₂, O₃, H₂O və F₂O və s. əmələ gəlir. Digər halogenlərin H₂O ilə reaksiyasından HHal və HHalO turşuları əmələ gəlir. Su buxarını közərmiş kömürün üzərindən keçirdikdə su qazı (CO və H₂) alınır:



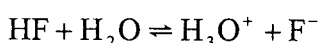
Yanan kömürü su ilə söndürdükdə CO və H₂ alınır. Bunlar da yanar qazlardır. Ona görə də yanğın söndürülməsində sudan istifadə etmək əlverişli deyil. Təzyiq altında qızdırdıqda su fosforu oksidləşdirir:



Su adi şəraitdə qələvi və qələvi-torpaq metalları ilə reaksiyaya girir, uyğun hidrokسيد və hidrogen əmələ gəlir. Bunlara nisbətən az fəal metallar qızdırdıqda suyu parçalayır:



Suyun metal oksidləri ilə reaksiyasından əsaslar, turşu oksidləri ilə reaksiyasından turşular əmələ gəlir. Qeyri-metalların hidrogenli birləşmələrinin su ilə qarşılıqlı təsiri məhsulu müxtəlifdir. Onların bəzilərində (NH₃, PH₃) məhlul qələvi xassəli, bəzilərində (HF, HCl, HBr, HI, H₂S və s.) isə turşu xassəli olur. İkinci dövrün sonundakı qeyri-metalların hidrogenli birləşmələrinin su ilə qarşılıqlı təsirini nəzərdən keçirək:



Göründüyü kimi ammoniyakın suda məhlulu qələvi, hidrogen-flüoridin suda məhlulu isə turşu xassəlidir. Su isə bərabər sayda H₃O⁺ və OH⁻ ionları əmələ gətirməklə özünəməxsus amfoterlik xassəsi göstərir. İon birləşmələrin suda məhlulunda ionlar su molekulları ilə əhatə olunmuşlar – hidratlaşmışlar. Bəzi maddələr suda məhlulunda kristallaşdıqda bir və bir neçə su – molekulunu saxlayır. Həmin su *kristallaşma suyu*, əmələ gələn maddə isə *kristalhidrat* adlanır. Onlara misal olaraq CuSO₄ · 5H₂O, 3CdSO₄ · 8H₂O və s. göstərmək olar. CuSO₄ · 5H₂O-nun dəqiq formulu [Cu(H₂O)₄]SO₄ · H₂O-dur. Su hər hansı maddə ilə kimyəvi reaksiyaya girdikdə və yeni maddə alındıqda *konstitusion su* adlanır. CaO-in H₂O ilə reaksiyasından Ca(OH)₂ alınır. Kalsium-hidroksidi yalnız qızdırdıqda o parçalanır və konstitusion su kənar olur. Çoxlu miqdarda məsamələri olan (kömür, silikagellər və s.) bərk maddə tərəfindən udulan su *absorbsion su* adlanır. Son dərəcə kiçik diametrli kanalları dolduran su (torpaqda və s.) kapilyar, yaxud *hiqroskopik su* adlanır. Su adi şəraitdə qaz

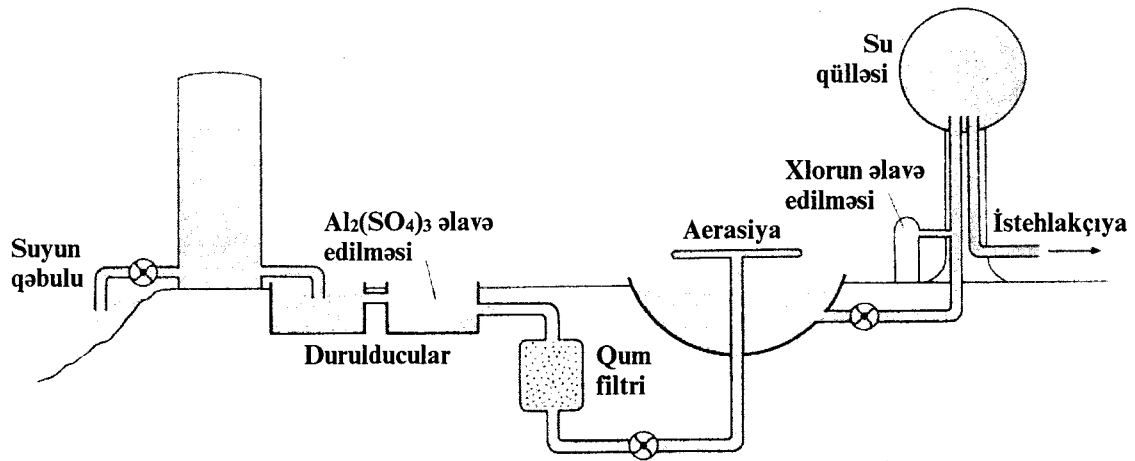
halında olan və kimyəvi fəallığı yüksək olmayan maddələrlə birləşmələr əmələ gətirir. Həmin birləşmələr *klratratlar* adlanırlar. Onlara misal olaraq $Xe \cdot 6H_2O$, $CH_4 \cdot 6H_2O$, $C_2H_5Cl \cdot 15H_2O$ göstərmək olar. Klratratlar buzun kristalındakı boşluqlara qaz molekullarının (Cl_2 , CH_4 , H_2S , Ar , Xe , SO_2 və s.) daxil olması nəticəsində əmələ gəlir. Bu zaman kimyəvi rabitə yaranmır. Klratratlar qazları saxlamağın əlverişli formalarından biridir. Klratratlar əmələ gətirməklə dəniz suyundan – içməli su almaq olur. 1,1–24 °C-də və 4–70 atm. təzyiqdə qazı (propanı C_3H_8) duzlu suya yönəltməklə qaz kristalı (klratrat) əmələ gəlir. Sonra duzlu sudan klratrat ayrılır və 7,2 °C, 5 atm. təzyiqdə parçalanır, içməli su alınır. Propandan yenidən klratrat almaq üçün istifadə edilir. Geoloqlar daimi donuşluq rayonlarında yerin dərinliklərində (200 atm. təzyiqdə, 25 °C-yə yaxın temperaturda) metanın qaz hidratını kəşf etmişlər. Onun ümumi ehtiyatı 15 trillion m^3 olduğu hesab edilir. Klratratlar xarici görünüşünə görə qara oxşayır.

Suyun katalitik təsiri maraqlıdır. Xlorun hidrogenlə reaksiyası, fosforun və qələvi metalların oksigendə yanması az miqdarda su buxarı olmadıqda başlamır. Lakin çox hallarda su katalitik zəhərdir. Məsələn, ammoniyakın sintezində su buxarları dəmir katalizatorun aktivliyini kəskin surətdə aşağı salır. Kimyəvi fəallığı və həlledicilik qabiliyyəti yüksək olduğuna görə, canlı və cansız orqanizmlərdə gedən reaksiyaların böyük əksəriyyəti suyun iştirakı ilə baş verir. Ona görə də bizi əhatə edən aləmin fizika və kimyasının suyun fizikası və kimyası olduğunu deməyə əsas verir.

§ 7. İçməli suyun təmizlənməsi

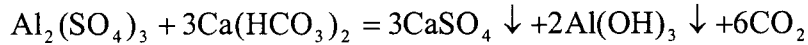
İnsanın həyatı və fəaliyyəti üçün suyun rolu əvəzəedilməzdir. Fizioloji və gigiyenik prosesləri suyun iştirakı olmadan həyata keçirmək olmur. İçmək və gigiyenik məqsədlər üçün istifadə edilən suda lazımi keyfiyyətlər olmalıdır.

Ümumdünya Səhiyyə Təşkilatının məlumatına əsasən dünyada baş verən yoluxucu xəstəliklərin 80 %-nin səbəbi sanitar-gigiyenik məqsədlər üçün keyfiyyətsiz sudan istifadə edilməsidir. Çirkli sudan istifadə etmək nəticəsində 2 milyardan çox insan xroniki xəstəliklərdən əziyyət çəkir. Ətraf mühitə düşən kimyəvi maddələrin 80 %-i gec-tez su mənbələrinə düşür. Təbiətdə kimyəvi təmiz suya rast gəlinmir. Su mineral həlledicidir, müxtəlif kimyəvi elementlər və onların birləşmələri tədricən suda həll olur. Bunlar son nəticədə onu içmək, suvarmaq və bir sıra texniki məqsədlər üçün yararsız hala salır. Yaşayış məntəqələrini təmin etmək üçün çoxlu miqdarda su tələb olunur. İçməli su şəffaf, rəngsiz, iysiz və dadsız olmalıdır. Atmosfer qazlarının həll olması üçün suyun temperaturu 8–15 °C olmalıdır. İçməli suda 1 litrində mineral duzların miqdarı 0,5 q-dan artıq olmamalıdır, sabun köpüklənməlidir. Bunlardan başqa içməli su ammonium-sulfidə çöküntü əmələ gətirməməlidir. Çöküntü əmələ gəlməsi suda ağır metallar olmasını göstərir. Onda nitratlar, hidrogen-sulfid, sulfidlər və mikroorqanizmlər olmamalıdır. Nitratlar olduqda sudan çürüntü iyi gəlir. Suyun rəngini müəyyən etmək üçün onu rəngsiz şüşə qaba töküüb ağ kağızın fonunda baxmaq lazımdır. Çirkli su mavi, yaşıl, boz, sarı və qəhvəyi rəngdə olur. Bunu təmiz suyun qalın təbəqələrdə mavi rəngdə olması ilə qarışdırmamaq lazımdır. Suyun şəffaflığı bir sıra amillərdən asılıdır. Gil, qum və lil hissəcikləri, mikroorqanizmlər və bir sıra kimyəvi birləşmələr suyu qeyri-şəffaf hala salır. İçməli suya verilən tələbləri bulaq suyu ödəyir. Lakin bu ona olan tələbatla müqayisədə çox azdır. Ona görə də şəhərləri və qəsəbələri içməli su ilə təmin etmək üçün xüsusi su təchizatı sistemi yaradılır. Amerika Birləşmiş Ştatlarında hər gün adambaşına 8000 ℓ su sərf edilir. Məişətdə, sənayedə və kənd təsərrüfatında istifadə edilən su da bura daxildir. Mədəni həyat səviyyəsi yüksəldikcə suya olan tələbat artır. Belə ki, avtomatik qabyuyan maşın bir dəfəyə 40 ℓ su işlədir. Bu əl ilə yuyulanda sərf edilən sudan iki dəfə çoxdur. İçməli suyun hazırlanması beş mərhələdən ibarətdir: mexaniki filtrləmə, çökdürmə, qum təbəqəsindən filtrləmə, aerasiya, sterilizasiya.



Şəkil XII-5. Adi su kəməri içməli suyun hazırlanma mərhələləri.

Mexaniki filtrlədikdən sonra durulducuya verilir. Burada sudakı kiçik qum hissəcikləri, gil və digər hissəciklər çökür. Çox kiçik hissəcikləri çökdürmək üçün suya əvvəlcə az miqdarda CaO sonra $Al_2(SO_4)_3$ əlavə edilir. Alüminium-sulfatın OH^- ionları ilə reaksiyasından $Al(OH)_3$ əmələ gəlir. Jelatinəbənzər, məsaməli alüminium-hidroksid tədricən dibə çökür və özü ilə suda asılıqan halda olan hissəcikləri və bakteriyaların çox hissəsini çökdürür. Suyu CaO əlavə etmədikdə də $Al(OH)_3$ əmələ gəlir:



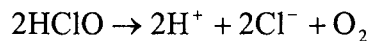
Bundan sonra su qalın qum təbəqəsindən keçirməklə filtrlənir. Filtrlədikdən sonra su havada çilənir. Proses aerasiya adlanır. Bu mərhələdə məqsəd havadakı qazlarla suyun doyurulmasıdır. Suda həll olan oksigen ondakı üzvi maddələrin oksidləşməsini sürətləndirir. Suda dəmir birləşmələri olduqda onda həll olan oksigen vasitəsilə kənar edilir:



Axırncı mərhələdə bakteriyaları məhv etmək üçün su hər-hansı kimyəvi maddə ilə işlənir. Bu məqsədlə ozon O_3 ən əlverişli maddədir. Lakin ozon davamsız olduğundan onu alındığı yerdə tətbiq etmək lazımdır. Bu prosədə bir sıra çətinliklər yaranır. Ona görə də xlorlardan istifadə etməyə üstünlük verilir. Xloru sıxılmış vəziyyətdə sistemlərdə istehsal olunduğu yerdən tələb olunan yerə gətirmək çətin deyil. Suyu əlavə edilən xlorun miqdarı, onun reaksiyaya girəcəyi maddələrin miqdarından asılıdır. Əksər hallarda içməli suyu zərərsizləşdirmək üçün $1 m^3$ suya 1,5 qram Cl_2 sərf edilir. Xlorun sterilizasiya təsiri xlorun özü ilə deyil, onun su ilə reaksiyasından alınan hipoxlorit turşusu ilə əlaqədardır:



Hipoxlorit turşusu zəif turşudur, tədricən oksigen ayrılmaqla parçalanır:



Hipoxlorit turşusunun oksidləşdiricilik qabiliyyəti kalium-permanqanatdan da yüksəkdir. Bakteriya və viruslarla reaksiyaya girib onları oksidləşdirərək məhv etməsi bununla izah olunur. Yalnız içməli suyu deyil, üzgüçülük hovuzlarını da zərərsizləşdirmək üçün xlorlardan istifadə edilir. Suyun zərərsizləşdirilməsində uzun illər xlorlardan istifadə edilməsinə baxmayaraq, son vaxtlar inkişaf etmiş ölkələrdə bu məqsədlə xlor əvəzinə ozondan istifadə etməyə üstünlük verirlər. Müəyyən edilmişdir ki, xlorla zərərsizləşdirilmiş sudan istifadə etmək insanın sağlamlığına mənfi təsir göstərir. Belə suda son dərəcə az miqdarda olsa belə xloroform $CHCl_3$ və karbon 4-xlorid olur. Bunlar toksik maddələrdir. Həmin maddələr olan sudan uzun müddət istifadə etdikdə böyrəklər və qara ciyər xəstələnir. Belə hesab edirlər ki, həmin maddələr ($CHCl_3$ və CCl_4) suyu çirkləndirən üzvi maddələrin xlorla reaksiyasından əmələ gəlir. Suda karbon-dioksidin CO_2 artıq miqdarı turş mühit yaradır. Ona görə də suyu $MgO+CaCO_3$ qarışığından keçirirlər. Sudakı xoşagəlməyən iyi yox etmək üçün aktivləşdirilmiş kömür təbəqəsindən keçirilir. Bəzi ölkələrdə diş kariesinin qarşısını almaq üçün suya az miqdarda $Na_2[SiF_6]$ əlavə edilir. Evdə, məişətdə işlədilən suyu istifadə etməzdən əvvəl nisbətən iri həcmli qablarda müəyyən vaxt saxlamaq lazımdır. Bu zaman suda olan sərbəst xlor Cl_2 kənar olur.

Bundan başqa suspenziya və kolloid halda asılı vəziyyətdə olan hissəciklər qravitasiya qüvvələrinin təsirindən çökür. Bəzi hallarda çöküntü sarımtıl rəngdə olur. Bunun səbəbi ikivalentli dəmir birləşmələrinin oksidləşməsi nəticəsində $\text{Fe}(\text{OH})_3$ əmələ gəlməsidir.

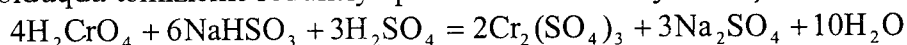
İkinci və sadə üsul suyun işlətməzdən əvvəl qaynadılmasıdır. Termiki təsir nəticəsində bakteriyalar və viruslar məhv olur. Bundan əlavə dezaqasiya baş verir, suda həll olan zərərli qazlar, eyni zamanda faydalı oksigen və karbon-dioksit kənar olur. Ona görə də qaynadılmış su dadsızdır. Qaynatdıqda bəzi duzların suda həll olması azalır. Kalsium-hidrokarbonat parçalanır, kalsium-sulfat çöküntü kimi ayrılır.

§ 8. Texniki suyun təmizlənməsi

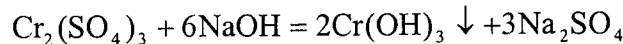
Sənayedə milyonlarla ton, neft və kömür istehsal edilir. Dəmir filizi, boksit və fosforit emala hazırlanır. Lakin həmin proseslərdə bunlardan çox su işlədilir. Ona görə də müasir sənayenin ən iri tonnajlı xammalı su hesab edilir. Bir ton sintetik lif istehsalına 2500 m³-ə qədər su sərf olunur. Suyu mütləq mənada xammal hesab etmək olmaz. Ona görə ki, bəzi istisnaları çıxmaq şərtilə su istehsal edilən məhsulun tərkibinə bilavasitə daxil olmur. Suyun əsas funksiyası texnoloji prosesin normal getməsinə təmin etməkdir. Hidrometallurgiyada, qalvanik proseslərdə və kimya sənayesində su reaksiya mühiti kimi iştirak edir. Texnoloji prosesin sonunda su o dərəcədə çirklənir ki, həmin proses üçün yararsız olur və istehsalın tsiklindən kənar edirlər. Hazırda bəşəriyyətin qarşısında duran ən vacib problemlərdən biri ətraf mühitin çirklənməkdən mühafizə edilməsidir. Ona görə də sənayedə və məişətdə istifadə edilən su zərərsizləşdirildikdən sonra ətraf mühitə buraxılmalıdır. Əksər hallarda istehsal prosesində əmələ gələn çirklənmiş su təmizlənir və yenidən texnoloji prosesə daxil edilir. Texniki suların təmizlənməsinin birinci mərhələsi onun bərk hissəciklərdən azad edilməsidir. Bu məqsədlə çökdürmə, filtirləmə, flotasiya (hava qabarcıqları sisteminin alınması və köpük əmələ gətirməklə onun kənar edilməsidir), koagulyasiya (dispers hissəciklərin iriləşdirilməsi və onların mexaniki yolla kənar edilməsi), flokulyasiya (irimolekullu birləşmələr vasitəsilə asılqan hissəciklərin böyüdülməsi) üsullarından istifadə edilir. Texniki suyun biokimyəvi üsulla təmizlənməsi bərk hissəciklər kənar edildikdən sonra həyata keçirilir. Bu proses mikroorqanizmlərin öz fəaliyyətləri prosesində üzvi və qeyri-üzvi maddələrdən (hidrogen-sulfid, ammoniyak, sulfidlər, nitratlar və s.) istifadə etməsinə əsaslanmışdır. Biokimyəvi təmizləmə prosesində aerob (oksigeniz mühitdə yaşaya bilən) mikroorqanizmlərdən istifadə edilir. Bunlardan birincilər havanın oksigeninin iştirakı ilə fermentlərin köməyi ilə oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını və sintez reaksiyalarını həyata keçirirlər. İkincilər qıvcırma reaksiyalarını həyata keçirirlər. Bu reaksiyaların məhsulları spirtlər, turşular və qaz halında maddələrdir. Biokimyəvi üsul ucuz və ən çox tətbiq edilən üsul olmasına baxmayaraq, zəif sürətlə gedir və mikroorqanizmlər toksiki maddələrə qarşı çox həssasdırlar. Su fenollar, pestisidlər (bitkilərin zərərvericilərinə və xəstəliklərinə qarşı işlədilən maddələr), aromatik birləşmələr, səthi-aktiv maddələr və boyalarlı çirkləndikdə onu təmizləmək üçün adsorbsiya üsulundan istifadə edilir. Adsorbent kimi çox vaxt aktivləşdirilmiş kömür götürülür.

İondəyişmə üsulu suda və üzvi həlledicilərdə həll olmayan bərk maddələrin – ionitlərin bərk və maye faza arasındakı ion mübadiləsinə əsaslanmışdır. İonit kimi müxtəlif təbii üzvi və qeyri-üzvi materiallardan istifadə edilir. Onlara misal olaraq seolitləri, gilli məhsulları, çöl şpatlarını, mikaları torpağın humin turşularını və kömürləri göstərmək olar. Süni surətdə sintez edilən iondəyişdiricilərin praktik əhəmiyyəti daha çoxdur. İondəyişmə üsulu ilə suyu sink, mis, xrom, qurğuşun, nikel, cıvə, kadmium metallarından, arsen və fosfor birləşmələrindən, sian törəmələrindən həmçinin radioaktiv maddələrdən təmizləmək olur. Ekstraksiya kənar edilən maddənin təmizlənən məhlulla qarışmayan təbəqəyə keçirilməsinə əsaslanmışdır. Ekstraksiya üsulu ilə texniki suyu fenollardan, yağlardan, üzvi turşulardan, metal ionlarından və digər maddələrdən təmizləmək olur. Bəzi hallarda selektiv (seçici təsirə malik olan) ekstragentlərdən istifadə edilir. Adsorbsiyanın fiziki-kimyəvi üsulları, ion mübadiləsi və ekstraksiya texniki suların təmizlənməsində geniş istifadə edilir. Bunlardan əlavə sırf kimyəvi üsullardan da istifadə edilir. Bu məqsədlə xlor və onun törəmələrindən,

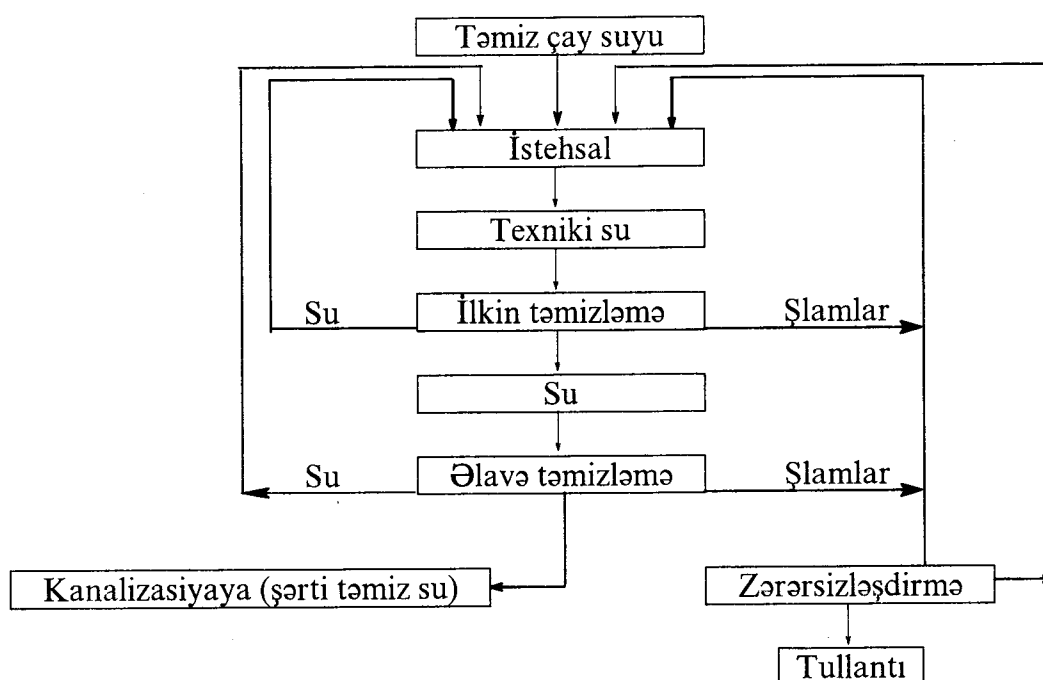
natrium-permanqanatdan, kalium-bixromatdan, hidrogen-peroksiddən, hava oksigenindən və ozondan istifadə edilir. Hava oksigeni sulfidləri, hidrosulfidləri, sulfidləri, etilmerkaptan və hidrazinhidrat kimi asan oksidləşən maddələri zərərsizləşdirmək üçün istifadə edilir. Ozondan, ozon-oksigen qarışığı şəkilində texniki suyu neft məhsullarından, kükürlü və sianid birləşmələrindən, silisium-üzvibirləşmələrdən, pestisidlərdən, aromatik birləşmələrdən və arsen birləşmələrindən təmizləmək üçün istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, ozon toksik maddədir. Ona görə də texniki suyu onunla emal etdikdən sonra təmizlənməsi yaxud qapalı tsikldə təkrarən istifadə edilməlidir. Sellüloz – kağız sənayesində, sintetik kauçuk və zəhərli kimyəvi maddələr istehsalında əmələ gələn texniki suları, xlor, natrium-hipoxlorit, xlorlu əhəng və xlor-dioksid vasitəsilə təmizləyirlər. Xlorlu oksidləşdiricilər artıq miqdarda götürüldükdə effektiv olur. Sonra isə oksidləşdiricinin artıq miqdarını parçalamaq lazımdır. Bundan əlavə təmizləmə prosesi həyata keçirilən cihazlar korroziyaya davamlı olmalıdır. Ona görə də xlorlu oksidləşdiricilərdən məhdud miqdarda istifadə etməyə başlamışlar. Texniki suların təmizlənməsində hidrogen-peroksid xlorlu oksidləşdiricilərə nisbətən əlverişlidir. Ona görə ki, H_2O_2 -dən istifadə etdikdə suyun duz tərkibi dəyişmir. Texniki suların təmizlənməsində radioaktiv maddələrin xüsusi yeri var. İonlaşdırıcı şüaların təsirindən alınan ionlar və oyanmış molekullar sudakı zərərli maddələrin oksidləşməsində iştirak edir. Bu üsul səthi-aktiv zərərli maddələrin parçalanmasında daha əlverişlidir. Texniki suyun radiasion təmizlənməsində daha zərərli maddələrin əmələ gəlməsi istisna olunmur. Ona görə də bu proses dəqiq analizlər vasitəsilə xüsusi nəzarətlə tətbiq edilir. Texniki suda altivalentli xrom birləşmələri olduqda təmizləmə reduksiya prosesi vasitəsilə həyata keçirilir:



Sonra qələvi mühitdə xrom 3-sulfat hidrokسيد şəkilində çökdürülür:



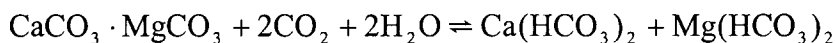
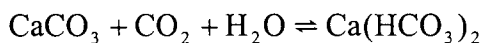
Xrom birləşmələrini reduksiya etdikdə texniki suda onların miqdarı 1000 mq/l -dən 1 mq/l -ə qədər azalır. Texniki suların elektrokimyəvi üsulla təmizlənməsi son vaxtlar daha geniş tətbiq edilməyə başlanmışdır. Bu məqsədlə texniki su 3:1 nisbətində dəniz suyu ilə qarışdırılır və qrafit anodlar və çuqundan hazırlanan torvari katodlarla təchiz edilmiş paralel yerləşdirilmiş elektrolitik qurğuya verilir. Elektrik cərəyanının təsirindən anodun ətrafında xlor, katodun ətrafında isə natrium-hidroksid və hidrogen əmələ gəlir. Ayrılan fəal xlor bakteriyaları məhv edir. Bu prosesdə elektrik enerjisi sərfi azdır, texniki suyun 1 m^3 -nə $0,4 \text{ kVt-saat}$ elektrik enerjisi sərf edilir. Texniki suları tamamilə təmizləyib və ətraf mühitə su hövzələrinə buraxılmasına nisbətən onu müəyyən həddə qədər təmizləyib istifadə edilən zavodda təkrar texnoloji prosesə daxil edilməsi ekoloji və iqtisadi cəhətdən əlverişlidir.



Kanalizasiyaya daxil edilən su yuxarıda qeyd etdiyimiz üsullarla sanitar-gigienik tələblərə cavab verincəyədək təmizlənilir. Kanalizasiyaya daxil olan su həmin sistemdə ikinci təmizləmə prosesinə uğradılır. İstehsal prosesində su itkiləri vaxtaşırı əlavə edilən təmiz çay suyu ilə əvəz edilir.

§ 9. Suyun codluğunun aradan qaldırılması

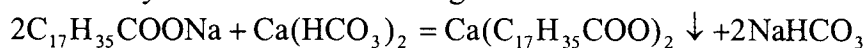
Kalsium birləşmələri geniş yayıldığından, onun duzları həll olmuş halda suda olur. Kalsiumun təbii duzlarından yalnız flüor şpatı CaF_2 və $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ gips suda həll olmur. Suda həll olmuş halda CO_2 olur. Belə su CaCO_3 və $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ olan süxurlarda və torpaqdan keçdikdə suda həll olan kalsium-hidrokarbonat əmələ gəlir:



Kalsium, maqnezium və dəmirin həll olan duzları olan su *cod su* adlanır. Müvəqqəti yaxud karbonat və daimi (qeyri-karbonat) codluğu var. Kalsium və maqneziumun hidrokarbonatlarının olmasından irəli gələn və qızdırdıqda aradan qaldırıla bilən codluq *müvəqqəti yaxud karbonat codluğu* adlanır. Kalsium və maqneziumun qüvvətli turşularla – sulfat və xlorid turşuları ilə əmələ gətirdiyi duzların olmasından irəli gələn və qızdırdıqda aradan qaldırıla bilməyən codluq *daimi yaxud qeyri-karbonat codluğu* adlanır. Müvəqqəti və daimi codluq birlikdə *ümumi codluq* adlanır. Suyun codluğunu müxtəlif ölkələrdə müxtəlif formada ifadə edirlər. Keçmiş SSRİ ölkələrində suyun codluğu 1 litr suda kalsium və maqnezium ionlarının milliqram-ekvivalentlə olan miqdarına əsasən ifadə edilir. 1 milliqram-ekvivalent codluq 1 litrində 20,04 milliqram Ca^{2+} yaxud 12,16 milliqram Mg^{2+} ionu olan sudur. Suyun ümumi codluğu aşağıdakı formulla hesablanır:

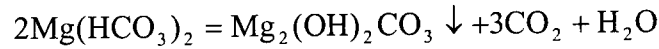
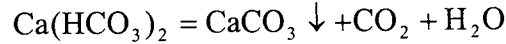
$$\text{Ümumi codluq} = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20,04} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12,16}$$

Burada $[\text{Ca}^{2+}]$ və $[\text{Mg}^{2+}]$ 1 litr suda olan kalsium və maqnezium ionlarının milliqramla kütləsidir. Hazırda suyun ümumi codluğunu təyin etmək üçün bir sıra üsullar hazırlanmışdır. Suyun codluğu onun mənbəyindən və ilin fəslindən asılıdır. Yaz yağışları nəticəsində göllərdə və çaylarda suyun codluğu azalır, əksinə qışda artır. Codluğu 4 mq-ekv/ℓ-dən az olan su yumşaq, 4–8 mq-ekv/ℓ olan su orta cod, 12 mq-ekv/ℓ-dən çox olduqda yüksək codluqlu su adlanır. Dəniz suyunun ümumi codluğu 65 mq-ekv/ℓ-dən çox olur. Milliqram-ekvivalentdən əlavə suyun codluğunu millimol/ℓ-lə də ifadə edirlər. Suyun 1 litrində Ca^{2+} və Mg^{2+} ionlarının millimollarının cəmi suyun mmol/ℓ-lə codluğunu göstərir. Ümumi codluğu 2 mmol/ℓ-dən az olan su yumşaq, 2–10 mmol/ℓ olduqda orta cod, 10 mmol/ℓ-dən çox olan su yüksək codluqlu su hesab olunur. Suda Ca^{2+} və Mg^{2+} ionlarının miqdarını milliqram/litrlə də ifadə edirlər. Ca^{2+} və Mg^{2+} ionlarının qatılığının cəmi 30 mq/ℓ olan su çox yumşaq, 30–80 mq/ℓ olduqda yumşaq, 80–150 mq/ℓ orta cod, 150–250 mq/ℓ cod və 250 mq/ℓ-dən çox olan su yüksək codluqlu su adlanır. İcməli suyun codluğu 170 mq/ℓ-dən yüksək olmamalıdır. Cod su bir sıra texniki məqsədlər üçün yaramır. Buxar qazanlarında uzun müddət cod sudan istifadə etdikdə su borularının daxili divarında ərp əmələ gəlir. Bu isə külli miqdarda yanacaq sərf edilməsinə səbəb olur, buxar qazanında və borularda çatlar və qabarmalar əmələ gəlir. Qurğunun ayrı-ayrı yerləri həddindən çox qızır və həmin yerlərdə su buxar halına keçir, partlayış baş verir. Qurğu qısa müddətdə sıradan çıxır. Cod suda sabun çox gec köpük əmələ gətirir. Bunun səbəbi kalsium və maqneziumun həll olmayan üzvi duzları əmələ gəlməsidir:

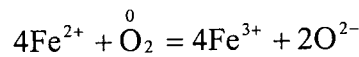
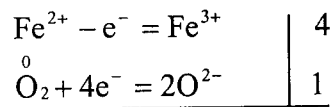
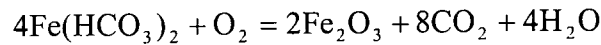


Cod su ilə paltarı yuduqda sabun çox işlənməkdən əlavə çöküntü şəklində əmələ gələn kalsium və maqnezium duzları parçanın keyfiyyətini aşağı salır və ondan üfunət iyi gəlir.

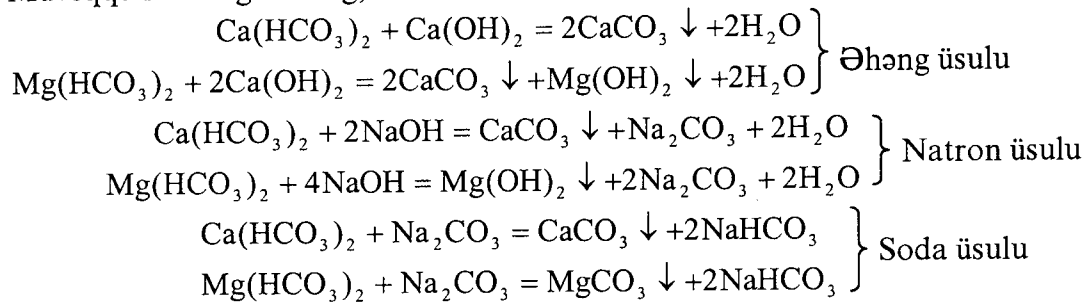
Ona görə də paltar yumazdan əvvəl suyun codluğu aradan qaldırılmalıdır. Bu məqsədlə sintetik yuyucu vasitələrdən istifadə etmək daha əlverişlidir. Bu zaman kalsium və maqneziumun həll olmayan duzları əmələ gəlmir. Cod suda tərəvəz bitkiləri pis inkişaf edir. Bunun səbəbi kalsium və maqnezium ionlarının qabığın hüceyrələrinin divarında pektinlə həll olmayan birləşmələr əmələ gətirməsidir. Süni liflər istehsalında və boyaqçılıqda cod sudan istifadə etdikdə texnoloji prosesin normal gedişi pozulur. Duz şəkilində olan Mn^{2+} birləşmələri havanın oksigeninin təsirindən oksidləşir, qonur rəngli maqnan-dioksid MnO_2 əmələ gəlir və lifin üzərinə çökür onu qonur rəngə boyayır. Suyun codluğunun aradan qaldırılması üçün fiziki və kimyəvi üsullardan istifadə edilir. Qaynatdıqda suyun müvəqqəti codluğu aradan qalxır, kalsium və maqneziumun hidrokarbonatları parçalanır:



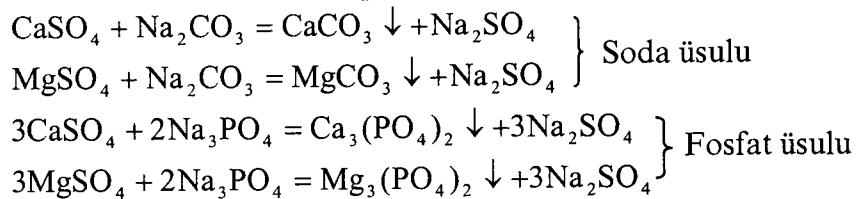
Su qaynadılan qabın divarında əmələ gələn ərp ağ rəngdə olduqda suda yalnız $Ca(HCO_3)_2$ və $Mg(HCO_3)_2$ olur. Ərp solğun-sarı pas rəngdə olduqda kalsium və maqneziumun hidrokarbonatlarından əlavə dəmir 2-hidrokarbonat da olur:



Müvəqqəti codluğu əhəng, natron və soda üsulları ilə aradan qaldırmaq olur:



Daimi codluğu soda və fosfat üsulu ilə aradan qaldırmaq olur:

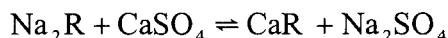
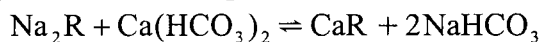


Hazırda suyun codluğunun aradan qaldırılmasında ionitlərdən daha çox istifadə edilir. İonitlər tərkibindəki ionları mübadilə edilə bilən suda həll olmayan üzvi və qeyri-üzvi materiallardır. Kationu mübadilə olunan ionit kationit, anionu mübadilə olunan isə anionit adlanır. Kimya sənayesi dənəvər, lif və membran şəklində sintetik iondəyişən materiallar istehsal edir. Kationdəyişən qətranlarda hidrogeni mübadilə edilə bilən $-SO_3H$, $-COOH$, $-OH$ aktiv qruplar olur. Aniondəyişən qətranlarda aktiv əsas qrupları olur $-NH_2$, $=NH$, $\equiv N$. Onlarda qətranın hidratasiyası nəticəsində səthində əmələ gələn $-OH$ qrupu mübadilə edilə bilər. Suyu kationit və anionit sistemindən buraxmaqla distillə edilmiş su almaq olur.

Kation mübadiləsi: $2RH + CaSO_4 = R_2Ca + H_2SO_4$. Kationitdən keçən suda H_2SO_4 olur. Onu anionitdən keçirmək lazımdır. Əks halda qurğunun metaldan olan hissəsini korroziyaya uğradır.

Anion mübadiləsi: $2ROH + H_2SO_4 = R_2SO_4 + H_2O$. Təbii qeyri-üzvi kationitlərdən seolitlərə aid olan alümosilikatları məsələn, $Na_2[Al_2Si_2O_8] \cdot nH_2O$ göstərmək olar. Süni

surətdə hazırlanan hidratlaşmış alümosilikatlar isə *permutitlər* adlanır. Bunların vasitəsilə suyun codluğunun aradan qaldırılmasını aşağıdakı tənliklərlə ifadə etmək olar:



Burada R alümosilikat $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}]^{2-}$ anionudur. İonitlərdən suyun codluğunun aradan qaldırılması və duzların kənar edilməsində əlavə müxtəlif qeyri-üzvi və üzvi maddələrin təmizlənməsində və ayrılmasında geniş istifadə edilir. Şəkər şirəsindən, süddən və şərabdən duzların kənar edilməsində, gön-dəri sənayesində, hidroliz prosesində və formakalogiyada (əczaçılıqda) ion mübadiləsindən istifadə edilir. Müxtəlif istehsal proseslərində əmələ gələn işlənmiş məhluldan qiymətli elementlər ion mübadiləsi vasitəsilə ayrılır. Mikroorqanizmlərin həyatfəaliyyəti nəticəsində əmələ gələn antibiotiklər və aminturşuları sənaye miqyasında istehsalı ionitlərdən istifadə edilməsi nəticəsində mümkün olmuşdur və ucuz başa gəlir. Qeyri-üzvi və üzvi maddələrin vəsfi (keyfiyyət) və miqdarı analiz üsulları ion mübadiləsindən istifadə etmək nəticəsində təkmilləşdirilmişdir.

§ 10. Ağır su

Ağır su kimyəvi formulu D_2O -dur. D və ya ^2H hidrogenin ağır izotopudur (deyterium ikinci deməkdir). Deyteriumun nüvəsi bir proton və bir neytrondan ibarətdir. Adi «yüngül» hidrogen ^1H protium adlanır (proton birinci deməkdir). Protiumun nüvəsi yalnız bir protondan ibarətdir. Digər elementlərin izotoplarının kütləsi arasındakı fərq o qədər də böyük olmur. Hidrogenin izotoplarında isə bu fərq çox böyükdür.

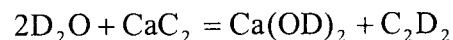
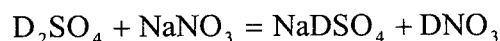
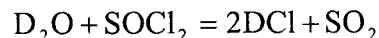
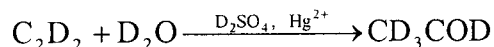
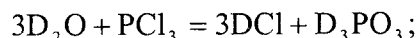
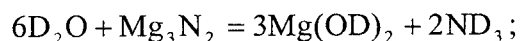
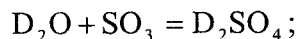
Xlor iki izotopun ^{35}Cl və ^{37}Cl qarışığından ibarətdir. Bunların kütlələrinin arasındakı fərq $\frac{37-35}{35} \cdot 100 \% = 5,71 \%$ edir. ^1H və ^2H izotoplarının kütlələrinin fərqi $\frac{2-1}{1} \cdot 100 \% = 100 \%$ edir. Ona görə də hidrogenin izotoplarının və onların əmələ gətirdikləri müvafiq birləşmələrin xassələrində fərqlər daha kəskin surətdə nəzərə çarpır.

Hidrogenə nisbətən deyterium və müvafiq birləşmələrin reaksiyalarının sürəti 10 dəfə azdır. Təbii sularda D_2O ilə H_2O -nun kütlə nisbəti 1:5500-ə bərabərdir. Lakin suda deyterium D_2O -dan başqa yarımağır su HDO şəklində də olur. Suyu elektrolizə uğratdıqda hidrogen ionuna nisbətən deyterium ionları çətin yüksəzləşir. Adi suyun 1 tonunun elektrolizindən saflığı 99,99 % olan 10 sm³ ağır su almaq olur. Adi su ilə ağır suyun fiziki xassələrindəki fərqi cədvəl XII-2-dən görmək olar.

Cədvəl XII-2. Adi və ağır suyun fiziki sabitləri

Fiziki xassələri	H_2O	D_2O
Ərimə temperaturu, °C	0,00	+3,80
Qaynama temperaturu, °C	100,00	101,42
100 °C-də mm.c. s. ilə buxar təzyiqi	760	721,2
20 °C-də sıxlığı, q/sm ³	0,9982	1,1056
Ən yüksək sıxlığa malik olduğu temperatur °C ilə	4	11,6
25 °C-də ion hasili	$1 \cdot 10^{-14}$	$0,6 \cdot 10^{-14}$
Dielektrik nüfuzluğu	80	81,5
Ərimə istiliyi, kal/mol	1436	1510
Buxarlanma istiliyi 25 °C-də, kal/mol	10,484	10,743
25 °C-də 100 q suda NaCl həllolması	35,9	30,5

Adi suya nisbətən ağır suyun özlülüyü yüksəkdir. Adi suyu D_2O ilə əvəz etdikdə canlılarda biokimyəvi proseslərin normal gedişi pozulur, onlar məhv olur. Bunlara baxmayaraq H_2O ilə D_2O -nun bir çox xassələri bir-birinə oxşardır. Bunların hər ikisi rəngsiz və iysiz mayelərdir. Molekulları H_2O -da hidrogen və D_2O -da deyterium rabitələri ilə assosiasiya olunmuşlar. Bunların hər ikisi bir çox reaksiyalarda eyni xassə göstərir:



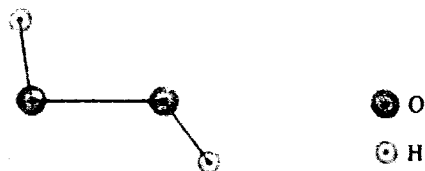
Ağır sudan nüvə reaktorlarında istilikdaşıyıcısı və neytron ləngidicisi kimi istifadə edilir. Ağır sudan başqa ən ağır su T_2O -da məlumdur. T_2O -nun ərimə temperaturu $4,5^\circ C$ -dir.

§ 11. Hidrogen-peroksid

Təmiz (susuz) hidrogen-peroksid H_2O_2 açıq-mavi rəngli mayedir. Partlayış cəhətdən təhlükəlidir. Satışa perhidrol adlanan 30 %-li məhlul və 3 %-li məhlul şəklində buraxılır. İşıqda və katalizatorların təsirindən (toz hissəcikləri, qan, katalaza fermenti, MnO_2 , dispers hala salınmış Ag və Pt , d-elementləri ionları Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} və s.) parçalanır. Sonuncuların çox az miqdarının belə katalitik təsiri daha güclüdür. Ona görə də hidrogen-peroksiddə d-elementlərinin ionları ilə davamlı komplekslər əmələ gətirən stabilizatorlar ($Na_4P_2O_7$ və s.) əlavə edirlər. Adi şüşənin həll olması nəticəsində belə məhlula keçən qələvi hidrogen-peroksidin parçalanmasını sürətləndirir.

Hidrogen-peroksid fiziki xassələrinə görə suya daha çox oxşayır. $152,1^\circ C$ -də qaynayır, $-0,41^\circ C$ -də əriyir. H_2O_2 -nin qaynama temperaturunu bilavasitə təyin etmək olmur. Qaynamazdan əvvəl parçalanır. Ona görə də onun qaynama temperaturunu ekstrapolyasiya üsulu ilə təyin edirlər. Hidrogen rabitələri hesabına suya nisbətən daha çox assosiasiya etmişdir. Sıxlığı $1,450 \text{ q/sm}^3$ -dir.

Hidrogen-peroksid su ilə istənilən nisbətdə qarışır, efrdə həll olur. Ona görə də efir vasitəsilə sudan ekstraksiya edilir. Hidrogen-peroksid molekulunda atomların birləşmə ardıcılığı belədir: $H - O - O - H$. Molekulunun fəza quruluşu trans formadadır.



Şəkil XII-6. Hidrogen-peroksid H_2O_2 molekulunun quruluşu. Bu molekulu bir müstəvi üzərində olmayan dörd atom əmələ gətirir.

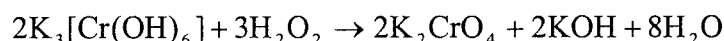
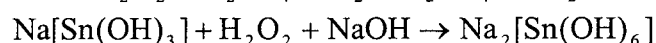
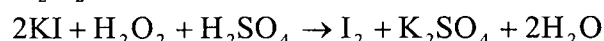
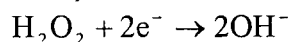
Onun molekulunda atomların dördü də bir müstəvi üzərində yerləşməyib. Digər peroksidlərdə olduğu kimi H_2O_2 -də oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1 -ə bərabərdir. H_2O_2 -də hidrogenin oksidləşmə dərəcəsi $+1$ -ə bərabərdir və molekul elektroneytraldır:

$$\begin{aligned} \overset{+1}{H}_2 \overset{x}{O}_2 & \quad 2 \cdot 1 + 2x = 0 \\ 2x & = -2 \\ x & = -1 \end{aligned}$$

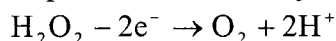
Buradan $\overset{+1}{H}_2 \overset{-1}{O}_2$ yazmaq olar. Hidrogen-peroksid çox zəif turşudur, $K = 1,4 \cdot 10^{-12}$. Suyun isə dissosiasiya sabiti $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$ -ə bərabərdir. Qatı H_2O_2 məhluluna qələvilərlə təsir etdikdə Li_2O_2 , Na_2O_2 , MgO_2 və s. alınır. Normal peroksidlərdən başqa hidroperoksidlər də məlumdur. Bunlarda H_2O_2 molekulundakı hidrogen atomlarından biri metalla əvəz olunub. $NaOOH$ natrium-hidroperoksiddir, hidrogen peroksidin turş duzudur.

Hidrogen-peroksiddə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi aralıq vəziyyətdədir (0 ilə -2 arasında). Ona görə də o həm oksidləşdirici və həm də reduksiyaedici xassə göstərir. Lakin

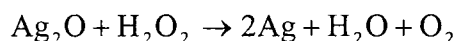
onda oksidləşdiricilik xassəsi daha güclüdür. O, oksidləşdirici xassə göstərdikdə elektron qəbul edir və hidrokسيد ionuna çevrilir:



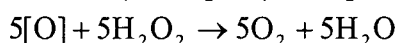
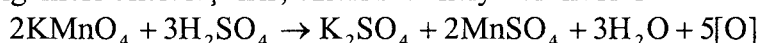
Reduksiyaedici xassə göstərdikdə proton və molekulyar oksigen alınır:



Gümüş-nitrat məhluluna qələvi ilə təsir etdikdə qonur rəngli Ag_2O alınır. Reaksiya aparılan sınaq şüşəsinə hidrogen-peroksiddə təsir etdikdə çöküntü qaralır, narın (çox xırda) gümüş tozu alınır:



Ayrılan oksigeni sınaq şüşəsinə közərmiş çöp daxil etməklə təyin etmək olar. Turşulaşdırılmış kalium-permanqanat məhluluna hidrogen-peroksiddə əlavə etdikdə sürətlə oksigen ayrılır. Kalium-permanqanat güclü oksidləşdiricidir. Onun sulfat turşusu ilə reaksiyasından 5 atom oksigen ayrılır. Həmin atomar oksigen atomları H_2O_2 molekulundakı oksigenləri oksidləşdirir, özləri reduksiya olunurlar:



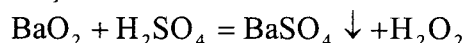
Hidrogen-peroksiddə təbiətdə bir çox maddələrin hava oksigeni ilə oksidləşməsi prosesində əmələ gəlir. Atmosfer çöküntülərində onun çox az miqdarı olur. Atmosferdə fotokimyəvi smoqda hidrogen-peroksiddin fraqmentləri HO_2 və HO əmələ gəlir. Onlar da yanacaqın qeyri-tam yanma məhsulları ilə qarşılıqlı təsirdə olur lakrimator (gözyaşardan

təsirə malik olan) peroksiasetilnitrat $\text{CH}_3\text{-C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{O} \end{matrix}\text{-O-NO}_2$ əmələ gəlir. Ona görə də nəqliyyatda,

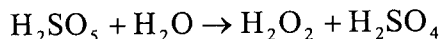
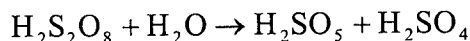
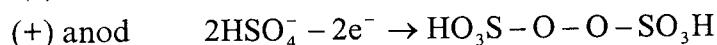
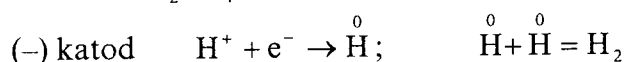
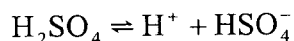
texnikada və məişətdə istifadə edilən müxtəlif yanacaq növlərinin tam yanması həmişə diqqət mərkəzində olmalıdır. Maraqlıdır ki, böcəklərin bəziləri hidrogen-peroksiddən müdafiə məqsədilə istifadə edirlər. Böcəyin vəzilərindən birində hidrogen-peroksiddə və hidroxinon olur. Digər vəzidə isə fermentlərin məhlulu olur. Həmin məhlullar bir-birinə toxunduqda hidrogen-peroksiddə parçalanır O_2 əmələ gəlir, hidroxinon isə oksidləşir. Bu zaman istilik ayrılır. Təhlükə yarandıqda böcəyin müdafiə mexanizmindən, yuxarıda qeyd olunan vəzilərindən temperaturu 100°C olan maye ifraz olunur. Qanda və heyvanların digər mayələrində və bitkilərin şirələrində katalaza fermenti var. Həmin ferment orqanizmdə əmələ gələn hidrogen-peroksiddi parçalayır, onun orqanizmə zərərli təsirini aradan qaldırır. Həmin ferment 0°C -də 1 saniyədə 50000 H_2O_2 molekulunu parçalayır. Üç kimya stəkanından birinə az miqdarda manqan 4-oksiddə, ikinciyə narın platin tozu, üçüncüyə bir neçə damla qan əlavə edib, sonra stəkanların hər birinə bir qədər 30 %-li hidrogen-peroksiddə məhlulu tökdükdə, qan olan stəkandan köpük əmələ gətirməklə oksigen daha sürətlə ayrılır.

Balda çox az miqdarda hidrogen-peroksiddə var. Ona görə də bal antibiotik xassəlidir, mikrobları məhv edir. Keçmişdə yaraların sağaldılmasında baldan istifadə etmişlər. Hazırda bu məqsəd üçün daha təsirli dərmanlardan istifadə edilir.

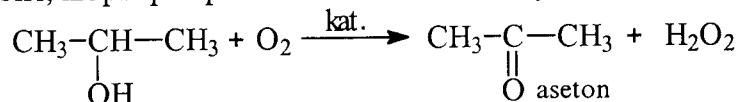
Hidrogen-peroksiddi ilk dəfə 1818-ci ildə fransız kimyaçısı L.Tenar barium-peroksiddə sulfat turşusu ilə təsir etməklə almışdır:



Hazırda bu üsulla hidrogen-peroksiddə laboratoriyada alınır. Sənayedə hidrogen-peroksiddə (1 l-də 300 q) H_2SO_4 məhlulunu elektrolizə uğratmaqla alınır. Katodda hidrogen ayrılır. Anodda persulfat turşusu alınır. Onun isə hidrolizindən hidrogen-peroksiddə əmələ gəlir:

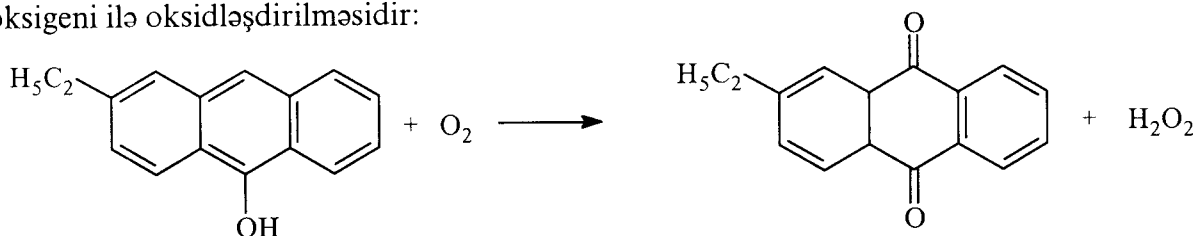


Hidrogen-peroksid sulfat turşusundan aşağı təzyiqdə distillə etməklə ayrılır. Distilləni atmosfer təzyiqində aparmaq olmaz. Həmin şəraitdə hidrogen-peroksid parçalanır. Hazırda bu üsulla demək olar ki, hidrogen-peroksid istehsal edilmir. Hidrogen-peroksidin sənayedə alınma üsullarından biri, izopropil spirtinin katalitik oksidləşdirilməsidir:

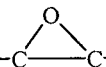


Bu reaksiyada əlavə məhsul qiymətli asetonur.

Hidrogen-peroksidin istehsalının müasir sənaye üsulu etilantrahidroksixinonun hava oksigeni ilə oksidləşdirilməsidir:



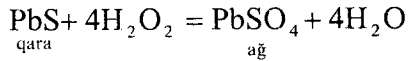
Proses benzol C_6H_6 və ikili spirt qarışığı ilə aparılır. Əmələ gələn etilantraxinon nikel iştirakı ilə hidrogenlə reduksiya edilir və yenidən hidrogen-peroksid almaq üçün istifadə edilir. Dünyada hidrogen-peroksidin illik istehsalı 0,5 milyon tondur. Hidrogen-peroksiddən yumşaq ağardıcı vasitə kimi, tükün, parçanın, dərinin, gönün ağardılmasında istifadə edilir. Ağartma prosesində hidrogen-peroksid əsas materialı demək olar ki, aşındırmır, onun boyağını (piqmentini) oksidləşdirir, dağıdır. Saça qara rəng verən melanindir. Onun molekulunda ikiqat və birqat rabitələr növbələşmişlər. Hidrogen-peroksid molekulu onun ikiqat rabitələrinə təsir edir, onlardan birini qırır epoksid halqası

adlanan üçüzvlü tsikl əmələ gətirir: . Birqat və ikiqat rabitələrin növbələşməsi

pozulduqda rəng yox olur. Dezinfeksiyaedici və ağardıcı vasitə kimi hidrogen-peroksidin xlorndan üstünlüyü onun parçalanma məhsullarının (su və oksigen) zərərli maddələr olmamasıdır. Yağların və kağız kütləsinin ağardılmasında da hidrogen-peroksiddən geniş miqyasda istifadə edilir. Filizdən metalların alınmasında H_2O_2 -dən oksidləşdirici kimi istifadə edilir. Onun vasitəsilə həll olmayan UO_2 -ni filizdən həll olan UO_4 formasına keçirirlər. İcməli və texniki suyun zərərsizləşdirilməsində H_2O_2 geniş tətbiq edilir. 3 %-li H_2O_2 məhlulundan tibbdə dezinfeksiyaedici vasitə kimi istifadə edilir. Sualtı qayıqlarda H_2O_2 oksigen mənbəyidir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi katalizatorların təsirindən H_2O_2 -nin O_2 -yə parçalanması sürəti artır. Bundan ilk döyüş raketləri konstruksiyasında istifadə edilmişdir. İkinci dünya müharibəsində Fau-1 və Fau-2 markalı alman raket mərmilərində katalizator əlavəsi olan hidrogen-peroksiddən yanacaq kimi istifadə edilmişdir.

Köhnə rəssamlıq əsərlərini bərpa etmək üçün hidrogen-peroksiddən istifadə edilir. Havada az miqdarda olan hidrogen-sulfid ağ boyağın əsasını təşkil edən qurğuşun belilini ($\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$) tədricən qaraldır, qurğuşun-sulfidə çevirir. Hidrogen-peroksid qara rəngli PbS -i ağ rəngli qurğuşun-sulfata PbSO_4 çevirir, tablonun əvvəlki görkəmini özünə qaytarır:



Hidrogen-peroksidin qatı məhlulu və susuz halda təhlükəlidir əldə, dəridə yanıqlar və sonra yox olan ağ ləkələr əmələ gətirir. Ona görə də onunla ehtiyatla davranmaq lazımdır. Laboratoriyada hidrogen-peroksid plastik kütlədən hazırlanan qabda qaranlıqda saxlanılır. Onu alüminium qabda saxladıqda korroziyanın qarşısını almaq üçün NH_4NO_3 -dən ingibitor kimi istifadə edilir. H_2O_2 -dən əlavə ali peroksidlər H_2O_3 və H_2O_4 məlumdur.

Məsələlər

Məsələ 151. İki qazın bərabər həcmliəri qarışığının sıxlığı etanın sıxlığından 10 dəfə azdır. Həmin qazlar hansılardır?

Məsələ 152. Qələvi mühitdə qızıl 3-xloridin hidrogen-peroksidlə reaksiyasından 5,863 q qızıl alınmışdır. Bu zaman hansı qaz və nə həcmdə ayrılmışdır?

Məsələ 153. Mis 2-oksidi və mis 1-oksidi qarışığının iki molunu reduksiya etmək üçün neçə mol hidrogen lazımdır?

Məsələ 154. Ulduzlarda və kosmik fəzada hidrogen molekulları yoxdur. Bunun səbəbi nədir?

Məsələ 155. Havaya nisbətən hidrogenin istilik keçiriciliyinin yüksək olmasının səbəbini izah edin.

Məsələ 156. Möhkəm poladdan qalındıvarlı şar şəkilli 10 litrlik qab hazırlanıb və çox kiçik kanal vasitəsilə su ilə doldurulub. Sonra həmin kanal möhkəm sürətdə bağlanıb və qab $-1\text{ }^\circ\text{C}$ -yə qədər soyudulub. Bu zaman nə baş vermişdir?

Məsələ 157. Hidrogen atomunun nüvəsini futbol topu qədər böyütsək, hidrogen atomu futbol stadionuna yerləşərmə?

Məsələ 158. Yerdə neçə kimyəvi element atomu tapılmışdır?

Məsələ 159. Hidrogeni etilen, karbon-monooksid və karbon-dioksiddən təmizləmək üçün üç ardıcıl məhluldan keçirmişlər. Həmin məhlullar hansılardır? Reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 160. Gənc kimyaçıya bir-birinə oxşar üç metal nümunəsi verdilər. Onları fərqləndirmək üçün turşu və qələvi məhlullarından istifadə etdi. Onun təcrübələrinin nəticələri aşağıda verilmişdir. Nəticələrə əsasən metalları təyin edin.

Reaktivlər	Metal I	Metal II	Metal III
Xlorid turşusu	–	+	+
Nitrat turşusu	+	–	+
Qələvi məhlulu	–	+	+

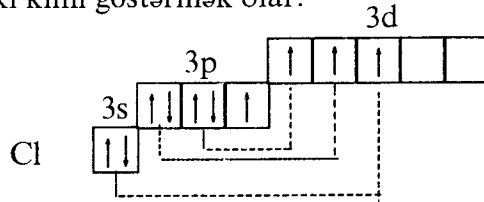
XIII FƏSİL

HALOGENLƏR

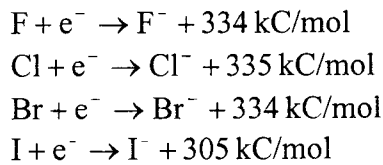
§ 1. Ümumi xarakteristikaları

Halogenlərə flüor (F), xlor (Cl), brom (Br), yod (I) və astat (At) aiddir. Onlar dövrü sistemin VII qrupun əsas yarımqrupunda yerləşirlər. Bunlar ona görə halogen adlanırlar ki, metallarla bilavasitə birləşərək duz əmələ gətirirlər (oksigen iştirak etmədikdə). Yunanca «hals»-duz «genno»-doğuran deməkdir. Halogenlərin bir-birinə oxşarlığı və fərqi atomlarının elektron quruluşu ilə əlaqədardır. Xarici elektron təbəqəsinin quruluşu ns^2np^5 formulu ilə ifadə olunur. d yarımsəviyyəsinin olmaması flüoru bir sıra fiziki və kimyəvi xassələrinə görə digər halogenlərdən fərqləndirir. Halogenlərin hər birində yerləşdikləri dövrdəki təsirsiz qazın elektron quruluşuna çatmaq üçün bir elektron tələb olunur. Ona görə də onların hamısı üçün -1 oksidləşmə dərəcəsi və birvalentli olmaq xarakterikdir. Flüorun xarici elektron təbəqəsində sərbəst orbitallar olmadığına görə yalnız birvalentli olur. Onun 2p səviyyəsindəki elektronun 3s yarımsəviyyəsinə keçməsi üçün (1 mola görə) 1225 kC/mol enerji sərf edilməlidir. Bu qədər enerji yeni kimyəvi rabitə əmələ gəldikdə ödənilir.

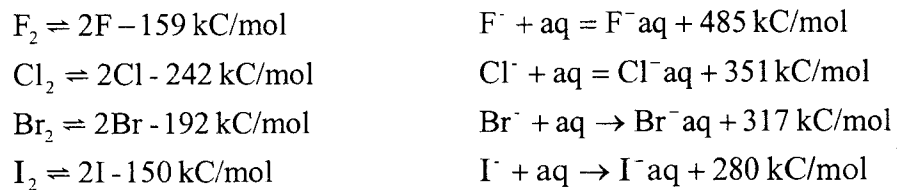
Xlor və digər halogenlərdə tamamlanmamış d yarımsəviyyəsi olduğundan müvafiq p və s yarımsəviyyəsindən elektronların qoşalaşmamış hala keçmələri energetik cəhətdən əlverişlidir (Hund qaydası). Hər dəfə d yarımsəviyyəsinə bir elektron keçdikdə halogenin valentliyi iki vahid artır. Ona görə də onların valentlikləri 1, 3, 5 və 7 olur. Xlorun mümkün olan valentliklərini aşağıdakı kimi göstərmək olar:



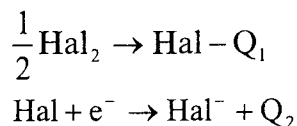
Elektrona hərisliklərinə əsasən halogenlərin nisbi fəallıqları haqqında fikir yürütmək olar:

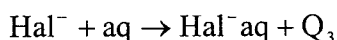


Buradan görünür ki, elektrona hərislik xlorndan yoda doğru azalır. Flüordan xlorə keçdikdə əksinə artma müşahidə olunur. Bu ziddiyyəti molekulların dissosiasiya enerjisi və halogen ionlarının hidratasiyasını nəzərə almaqla izah etmək olar:

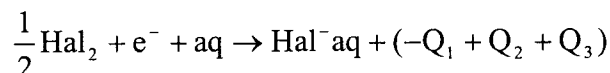


aq-ışarəsi suyun latınca adının (aqua) baş hərfləridir və bir mol ionla birləşən maksimum su molekullarının miqdarını göstərir. Molekulun dissosiasiyasına, elektrona hərislik və ionların hidratasiyasına əsasən halogen molekulunun hidratlaşmış halogenid ionuna çevrilmə enerjisini hesablamaq olar:

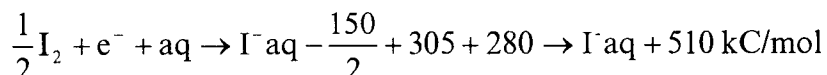
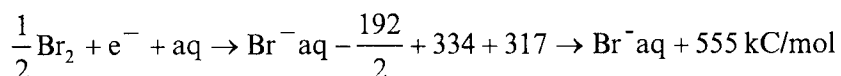
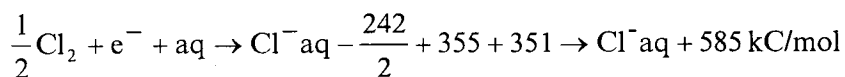
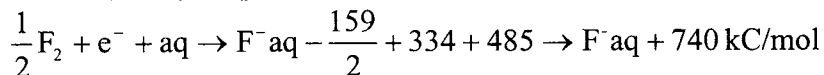




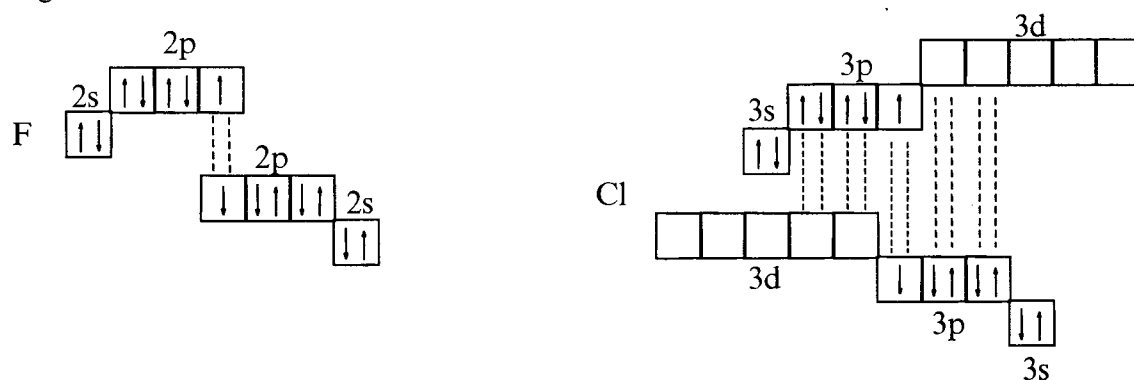
yaxud cəm halında:



Bunları halogenlərin hər biri üçün ayrılıqda hesablayaq:



Deməli, suda məhlullarda gedən reaksiyalarda halogenlərin fəallıqları flüordan yoda doğru azalır. Halogenlərin termiki davamlılığı flüordan xlorə doğru artır, xlorə doğru azalır. Flüora nisbətən xlorun termiki davamlılığının səbəbi F_2 və Cl_2 molekullarında kimyəvi rəbitənin xüsusiyyəti ilə əlaqədardır. Belə ki, F_2 molekulunda yalnız bir cüt valent elektronu var. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi flüor atomunda əlavə d yarım səviyyəsi yoxdur. Ona görə də 2p yarım səviyyələrində olan qoşalaşmış elektronların donör-akseptor rəbitəsi əmələ gətirməsi imkanı yoxdur. Cl_2 molekulunda xlor atomunun 3d orbitalı ilə (akseptor) digər xlor atomunun 3p yarım səviyyəsinin elektronları (donör) donör-akseptor rəbitəsini əmələ gətirir:



Xlorə doğru, brom və yoda doğru termiki davamlılığın azalmasının səbəbi, atomların radiusunun artmasıdır, nəticədə molekulda rəbitə yaradan elektron cütləri arasındakı əlaqə zəifləyir.

§ 2. Flüor

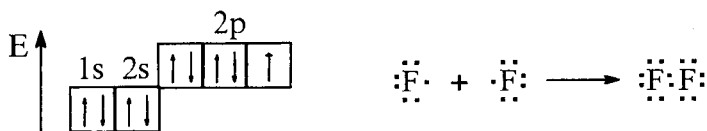
Flüoru ilk dəfə sərbəst halda 1886-cı ildə A. Muassan az miqdarda KHF_2 əlavə etməklə susuz hidrogen-flüoridin elektrolizindən almışdır.

Təbiətdə tapılması. Təbiətdə yayılmasına görə flüor on üçüncü elementdir. Onun analoqu xlor isə təbiətdə yayılmasına görə on yeddinci yeri tutur. Flüorun təbiətdə tapılan mineralları: flüorit CaF_2 , kriolit NaAlF_6 və flüorapatitdir $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ yaxud $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$.

Təbii sularda az miqdarda flüor (ion şəklində) var. Müxtəlif rayonlarda suda flüorun miqdarı eyni deyil. Əgər içməli suda flüorun miqdarı çox azdırsa, dişlərin çürümə xəstəliyi (karies) baş verir. Onu içməli suya az miqdarda flüorid duzları əlavə etməklə aradan qaldırmaq olur. Suda flüorid duzlarının normadan (1-1,5 mq/ℓ) artıq olması da zərərli olur. Cənubi Afrikada və Avstraliyada bitən bəzi bitkilərin yarpağında güclü zəhər olan kalium-

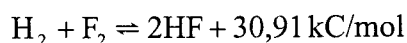
flüorasetat var. Həmin bitkilərin 1 qrama qədərini yeyən qoyun ölür.

Atom və molekuluğunun quruluşu. ${}_{9}\text{F } 2; 7 1s^2 2s^2 2p^5$.

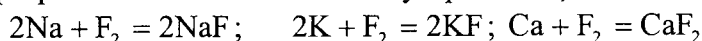


Sərbəst halda flüor ikiatomlu molekul əmələ gətirir. Davamlı energetik səviyyə əmələ gətirmək üçün flüor atomunda bir elektron çatışmır. Atomunun radiusu kiçik olduğundan digər halogenlərə nisbətən flüor çatışmayan elektronu çox fəal cəzb edir: F–F bu molekulda kovalent rabitə çox zəifdir, asanlıqla qırılır.

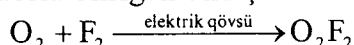
Fiziki və kimyəvi xassələri. Sarımtıl çox kəskin iyli zəhərli qazdır. Qaynama temperaturu $-188,13\text{ }^{\circ}\text{C}$, ərimə temperaturu $-219,61\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dir. Adi şəraitdə sıxlığı $1,69\text{ q/l}$ -dir. Flüor sərbəst halda çox yüksək fəallıq göstərir. Demək olar ki, kimyəvi elementlərin hamısı ilə reaksiyaya girir. Flüorun bilavasitə birləşdirilməsi ilə gedən reaksiyalarda çoxlu istilik ayrılır, yanma, partlayış baş verir:



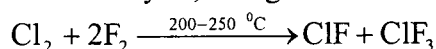
Qələvi və qələvi-torpaq metalları ilə flüor hətta soyuqda birləşir:



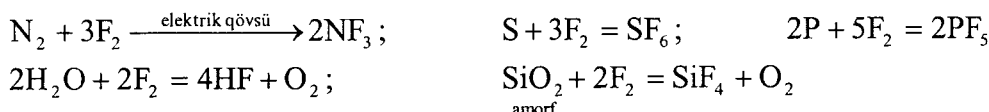
Adi şəraitdə Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Ni metalları flüora qarşı davamlıdır. Buna səbəb metalın səthində qoruyucu flüorid təbəqəsinin əmələ gəlməsidir. Qızdırdıqda flüor bütün metallarla o cümlədən qızıl və platinlə birləşir. Elektrik boşalması və yaxud $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də ionlaşdırıcı şüaların təsirindən flüorla oksigen birləşir:



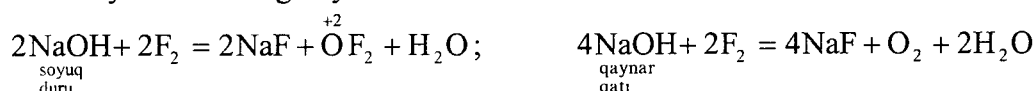
O_2F_2 başqa OF_2 , O_3F_2 , O_4F_2 , O_6F_2 birləşmələri də alınmışdır. Bu birləşmələrdə oksigen elektron verir. Ona görə də onları oksid yox, oksigen flüoridləri adlandırmaq lazımdır.



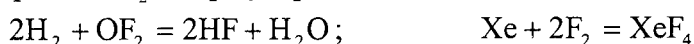
İkinci dünya müharibəsində ClF_3 atom bombasında istifadə edilmişdir. Volfram və osmium kimi metallar ClF_3 -də yanır.



Sonuncu reaksiyalarda oksigen yanma məhsuludur.

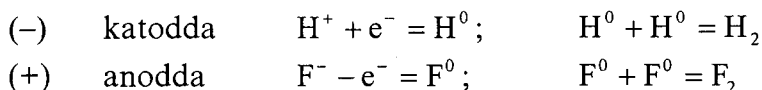
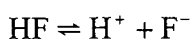
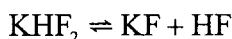


OF_2 açıq-sarı rəngli qazdır, H_2 ilə qarşılıqlı təsirindən flüorid turşusu məhlulu alınır:



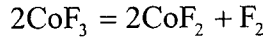
Brom və yod flüor atmosferində yanır. Bu zaman BrF , BrF_3 , BrF_5 , IF_5 və IF_7 tərkibli birləşmələr alınır. Azot flüorla elektrik boşalması təsirindən birləşir. Azot-flüoriddə közərməmiş ağac kömürü oksigendə olduğuna nisbətən şiddətlə yanır. NF_3 -ün hidrogendə yanması reaksiyasından metalların kəsilib və qaynaq edilməsində istifadə edilir.

Alınması. Flüor flüoridli birləşmələrin ərintisinin elektrolizindən alınır:



Laboratoriyada flüor almaq üçün elektrolizerin daxili misdən hazırlanır. Katod grafit çubuqlardır. Katod və anod diafraqma (arəkəsmə) ilə bir-birindən ayrılmışdır.

Elektrolizdən başqa flüoru flüoridlərində oksidləşmə dərəcəsi sabit olmayan elementlərin flüoridlərini parçalamaqla almaq olur:



Tətbiqi. Flüordan ilk dəfə 1941-ci ildə uranın izotoplarını ^{235}U və ^{238}U ayırmaq məqsədi ilə ^{235}U alınmasında istifadə edilmişdir. Atom bombası hazırlayarkən ^{235}U izotopuna tələbat yaranmışdır (təbii uran 0,7 % ^{235}U və 99,3 % ^{238}U ibarətdir). Nisbi molekül kütlələrindəki azca fərqə görə $^{235}\text{UF}_6$ və $^{238}\text{UF}_6$ effuziyası bir-birindən fərqlidir. Effuziya qazın qabın divarındakı çox kiçik deşikdən çıxmasıdır. Effuziya diffuziyaya yaxın anlayışdır, lakin onunla eyni deyil. Diffuziya bir maddənin digər maddə tərəfindən tutulmuş sahədə (yaxud vakuumda) yayılmasıdır. Məsələn, müəyyən iyə malik olan maddə molekullarının havada yayılması. Qazın effuziyası onun nisbi molekül kütləsinin kvadrat kökü ilə əlaqədardır. Qazın effuziyasının sürətini r-lə işarə etsək Qrexem qanununa görə

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{yazmaq olar.}$$

Qaz halında UF_6 arakəsmələri olan kameraların birindən digərinə keçdikdə birinci effuziya edən $^{235}\text{UF}_6$ izotopu olur.

$$\text{Mr}(^{235}\text{UF}_6)=349; \quad \text{Mr}(^{238}\text{UF}_6)=352$$

$$\frac{r_{235}}{r_{238}} = \sqrt{\frac{352}{349}} = 1,0043.$$

Qaz qarışığının arakəsmələrdən effuziyasını min dəfələrlə təkrar etməklə izotopları ayırmaq mümkün olmuşdur.

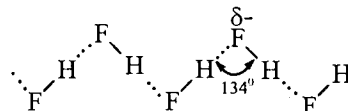
Flüorun karbohidrogenlərlə, aminlərlə, ammoniyak və hidrogenlə reaksiyasında çoxlu miqdar istilik ayrılır. Ona görə də raket yanacağı üçün oksidləşdirici kimi istifadə edilir.

Karbohidrogen zəncirində hidrogen atomları flüor ilə əvəz edildikdə sonuncunun radiusu nisbətən böyük olduğundan karbon atomları ətrafında karbon zəncirini aqressiv maddələrin təsirindən qoruyan xüsusi ekran yaranır. Bundan başqa C–H rabitəsinə nisbətən C–F rabitəsi daha möhkəmdir. Ona görə də flüorlaşmış karbohidrogenlər kimyəvi və termiki cəhətdən çox davamlıdır.

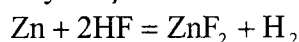
Politetraflüoretildən (texniki adı teflondur) hazırlanan əşyalar qaynar nitrat turşusunun, sulfat turşusunun, qələvilərin, xlorun və hidrogen-flüoridin təsirinə qarşı davamlıdır. Sürtünməni kəskin sürətdə azaltdığına görə teflondan yüngül alüminium xəlitələrindən hazırlanan xizəklərin üzərini örtmək üçün istifadə edilir. Soyuducu qurğularda işlədilən xladon (freon) qazında flüor, CCl_2F_2 və CClF_3 var.

§ 3. Hidrogen-flüorid

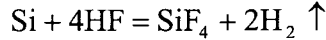
Hidrogen-flüorid (HF) rütubətli havada duman əmələ gətirən kəskin iyli qazdır. HF-un suda məhlulu flüorid turşusudur. Susuz hidrogen-flüorid $19,43\text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır. Donma temperaturu $-83\text{ }^\circ\text{C}$ -dir. Sıxlığı $0,991\text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. $90\text{ }^\circ\text{C}$ -dən aşağı temperaturda hidrogen flüorid assosiasiya edir:



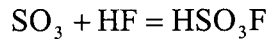
Digər hidrogen-halogenidlərlə müqayisədə ($\text{HCl} - 85,1\text{ }^\circ\text{C}$, $\text{HBr} - 68,7\text{ }^\circ\text{C}$, $\text{HI} - 35,9\text{ }^\circ\text{C}$) hidrogen-flüoridin qaynama temperaturunun yüksək olmasının səbəbi molekullararası hidrogen rabitəsidir. Lakin həmin turşulara nisbətən zəif turşudur. Elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşən metallarla qarşılıqlı təsirdə olur:



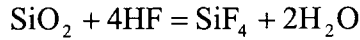
Səthində qoruyucu flüorid təbəqəsi əmələ gələn metallar HF-la qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bunlara alüminium, maqnezium, qurğuşun, dəmir və nikel aiddir. Hidrogen-flüoridin silisiumla qarşılıqlı təsirindən hidrogen ayrılır:



Hidrogen-flüorid sulfat anhidridi ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq qüvvətli turşulardan olan flüorsulfon turşusunu əmələ gətirir:



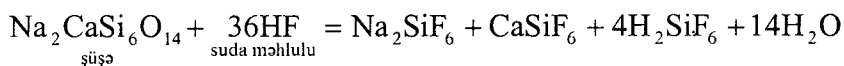
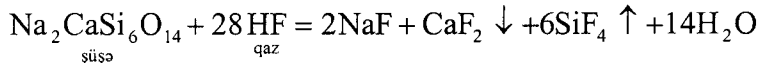
Silisium-dioksidlə hidrogen-flüoridin qarşılıqlı təsirindən qaz halında silisium-tetraflüorid əmələ gəlir:



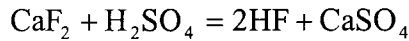
Silisium-tetraflüorid HF-un artığı ilə birləşərək davamsız H_2SiF_6 birləşməsinə əmələ gətirir:



Şüşəyə hidrogen-flüorid qazı və flüorid turşusu ilə təsir etdikdə müxtəlif məhsullar alınır:



Şüşənin üzərində yazı yazmaq yaxud şəkil çəkmək üçün onun üzəri parafin qatı ilə örtülür, sonra lazımı yazı və şəkillər cızılır, nəhayət hidrogen-flüoridlə emal edilir. Laboratoriyada flüorid turşusu üzəri parafinləşmiş şüşə qablarda yaxud polietilen qablarda saxlanılır. Hidrogen-flüorid sənayedə flüor şpatını qatı sulfat turşusu ilə qızdırmaqla alınır:



Bu reaksiyada alınan ikinci məhsul tullantı kimi istifadəsiz qalır. Ona görə də son vaxtlar flüor şpatına 250 °C-də ortofosfat turşusu ilə təsir etməklə hidrogen-flüorid alınır. Bu üsulun üstünlüyü ondadır ki, tullantı əvəzinə qiymətli gübrə olan fosfat turşusunun kalsium duzları alınır. Hidrogen-flüoriddən sənayedə alüminium istehsalında istifadə edilən kriolit $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ istehsalında istifadə edilir.

§ 4. Xlor

Xlor dövrü sistem cədvəlinin VII qrup elementidir. Halogenlərə aiddir. Atom nömrəsi 17, nisbi atom kütləsi 35,453. İki sabit izotopdan ^{35}Cl (75,53 %) və ^{37}Cl (24,47 %) ibarətdir.

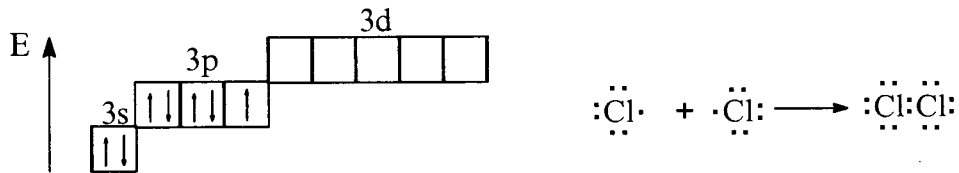
Tarixi məlumat. Xlorun birləşmələri bəşəriyyətə qədimdən məlumdur. Bizim əcdadlarımızın xörək duzundan nə vaxtdan istifadə etmələrini söyləmək çətindir. İlk dəfə isveç kimyaçısı K.Şeyele 1774-cü ildə pirolüsit mineralına xlorid turşusunun təsirindən sarımtıl-yaşıl qaz ayrıldığını müşahidə etmişdir. Lakin həmin qazı yeni kimyəvi element hesab etməmişlər. Fransız kimyaçısı A.Lavuazye onu naməlum elementin oksidi hesab etmişdir. 1810-cu ildə incilis kimyaçısı H.Devi dəqiq analiz nəticəsində sübut etmişdir ki, xlor bəsit maddədir və onu «xloros» adlandırmışdır. Lakin fransız kimyaçısı J.L.Gey-Lüssak onu «xlor» adlandırmışdır. «Xloros» adı yalnız ingilis dilli ölkələrdə saxlanılır.

Təbiətdə yayılması. Xlor təbiətdə geniş yayılmışdır: yer qabığının kütləsinin $1,7 \cdot 10^{-2}$ %-ni təşkil edir. Kimyəvi aktivliyinin yüksək olmasına görə təbiətdə sərbəst halda rast gəlinmir. Aşağıdakı mineralları geniş yayılmışdır: NaCl qalit (daş duz yaxud xörək duzu), $(\text{Na}, \text{K})\text{Cl}$ silvinit, KCl silvin, $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ karnallit, $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ kainit, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bişofit. Xlorun həll olan xloridləri çayların, göllərin və okeanların suyunda daha çoxdur. Geoloji epoxalarda həmin suların buxarlanması nəticəsində xloridlərin yataqları əmələ gəlmişdir. Tacikistanın cənubunda yerləşən dəniz səviyyəsindən yüksəkliyi 900 m olan Xoca-Mumin dağı tamamilə daş duzdan ibarətdir. İnsan orqanizmində kütləcə 0,25 % xlor var.

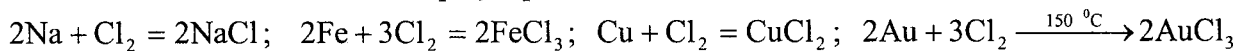
Fizioloji təsiri. Xlorid ionu Cl^- bütün canlı orqanizmlər üçün vacibdir. O, mədə şirəsinin əmələ gəlməsində və su mübadiləsinin nizama salınmasında iştirak edir. Qaz halında xlor çox zəhərlidir. Onunla tənəffüs etdikdə nəfəs yollarını və ağ ciyəri dağdır. Həcmcə 0,05 % Cl_2 olan hava ilə 1-2 saat müddətində tənəffüs etdikdə huşun itirilməsi və ölümlə nəticələnir. Xlorla zəhərləndikdə ilk yardım oksigenlə, spirtlə, efir buxarları ilə və ammonyakla (ammonyakın suda məhlulundan-naşatur spirtindən) tənəffüs etməkdir. Bir litrində 0,001 mq xlor olan hava ilə tənəffüs etmək belə təhlükəlidir.

Fiziki xassələri. Xlor ikiatomlu molekuldur (Cl_2). Sarımtıl-yaşıl, yanmayan, kəskin iyli qazdır. Havadan 2,5 dəfə ağırdır. Otaq temperaturunda bir həcm suda iki həcm xlor həll olur. Normal atmosfer təzyiqində $-33,6^\circ\text{C}$ -də maye hala keçir, $-100,98^\circ\text{C}$ -də bərkiyir. Xlorun suda məhlulunu (xlorlu suyu) soyutduqda klatratlar adlanan, dəyişən tərkibli, sarı rəngli $\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ və $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratları ayrılır.

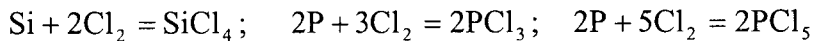
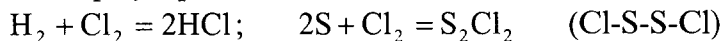
Kimyəvi xassələri. Atom və molekulunun quruluşu: $_{17}\text{Cl}2; 8; 7$ $1s^22s^22p^63s^23p^53d^0$



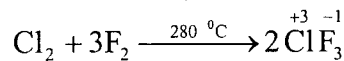
Xlor fəal qeyri-metaldır. Elektromənfililiyi 3-ə bərabərdir. Oksidləşmə dərəcəsi -1 olan birləşmələr əmələ gətirmək xlor üçün daha xarakterikdir. Bundan başqa xlor oksidləşmə dərəcəsi $+1, +3, +5$ və $+7$ həmçinin $+4$ və $+6$ olan birləşmələr əmələ gətirir. Su buxarı olmadıqda xlor kifayət qədər passivdir. Çox az miqdarda su buxarı olduqda onun fəallığı kəskin surətdə artır. Metallarla qarşılıqlı təsirdə olur:



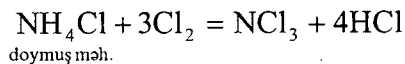
Qeyri metallarla da qarşılıqlı təsirdə olur:



Xlor bilavasitə oksigen, karbon və azotla birləşmir.



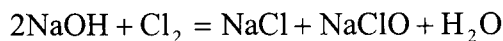
Bu yeganə reaksiyadır ki, sərbəst xlor reduksiyaedici xassə göstərir:



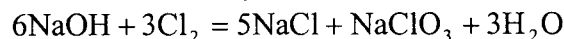
Azot-xlorid kəskin iyli, sarı rəngli yağlıtəhər mayedir. Onu ilk dəfə fransız kimyaçısı P.L.Dyulon almışdır. NCl_3 -ün partlayıcı xassəsinə görə həmin alim gözünü və üç barmağını itirmişdir. Xloru suda həll etdikdə özünüoksidləşmə-özünüreduksiya reaksiyası nəticəsində xlorid və hipoxlorid turşusu alınır:



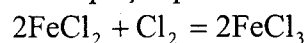
Bu reaksiya dönəndir. Tarazlıq halında maddələrin dördü də iştirak edir. Tarazlığı sağa yönəltmək üçün qələvi əlavə etmək lazımdır. Bu zaman OH^- ionları H^+ ionları ilə birləşərək H_2O molekulunu əmələ gətirir. Tarazlığı bərpa etmək üçün daha çox Cl_2 və H_2O molekulaları reaksiyaya daxil olur. Qələvi məhlulundan xlor buraxdıqda xlorid və hipoxlorit turşuları əvəzinə onların duzları alınır:

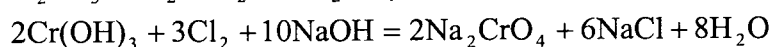
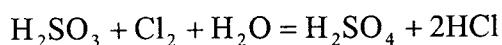


Qələvi qaynar olduqda xlorid və xlorat turşularının duzları alınır:

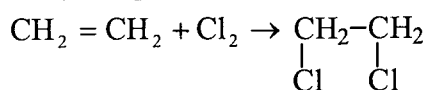
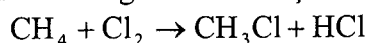


Xlor qüvvətli oksidləşdiricidir. Ona görə də tərkibində yüksək oksidləşmə dərəcəsinə qədər oksidləşə bilən element olan maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olur:

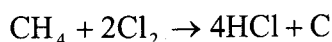




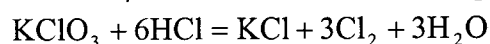
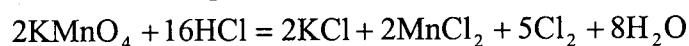
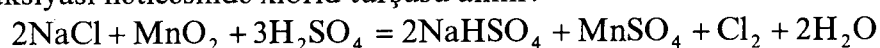
Qızdırdıqda xlor bir çox üzvi maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olur. Doymuş karbohidrogenlərlə əvəzetmə və doymamış karbohidrogenlərlə birləşmə reaksiyasına daxil olur:



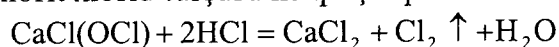
Yüksək temperaturda xlor hidrogen atomlarının hamısını özünə birləşdirir, karbon duda şəklində ayrılır:



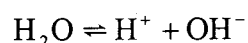
Alınması. Laboratoriyada xloru çox vaxt xlorid turşusunu, yaxud natrium-xloridi oksidləşdirməklə alırlar. İkinci halda oksidləşmə sulfat turşusunun iştirakı ilə aparılır. Ona görə ki, mübadilə reaksiyası nəticəsində xlorid turşusu alınır:



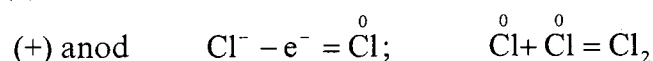
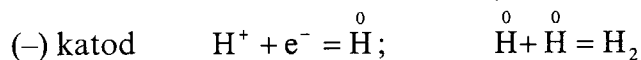
Qeyd etmək lazımdır ki, laboratoriyada xlor almaq üçün ən ucuz maddə xlorlu əhəngdir. Onda olan kalsium-hipoxlorit xlorid turşusu ilə qarşılıqlı təsirdə olur:



Xlorun sənayedə alınması üçün bu üsul əlverişli deyil. Ona görə ki, xlorlu əhəng sönmüş əhənglə xlorun qarşılıqlı təsirindən alınır. Sənayedə xlor əsasən xörək duzunun suda məhlulunun elektrolizindən alınır:



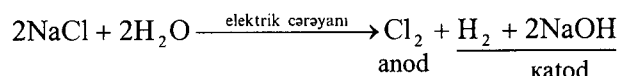
Məhluldan sabit elektrik cərəyanı buraxdıqda katodda Na^+ və H^+ kationlarından az fəal olanı, anodda isə OH^- və Cl^- anionlarından xlorid ionu yüksüzləşir:



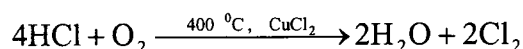
Elektroliz prosesində katodun ətrafında OH^- ionları toplanır, natrium qələvisi alınır:



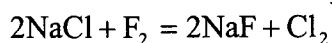
Anodda alınan xlor həmin qələvi ilə reaksiyaya girə bilər. Ona görə də katod və anod bir-birindən azbestdən hazırlanmış arakəsmə ilə ayrılır. Prosesin yekun tənliyi belədir:



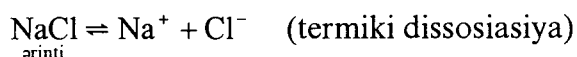
İstehsalatda hidrogen-xlorid əlavə məhsul kimi alındıqda ondan xlor alırlar. Bu məqsədlə hidrogen-xlorid mis 2-xlorid katalizatorunun iştirakı ilə 400 °C-də atmosfer oksigeni ilə oksidləşdirilir:

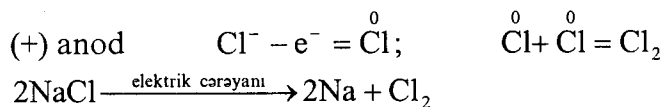


Prinsipcə natrium-xloridə flüorun təsirindən də xlor almaq olar:



Lakin flüor çox fəal olduğundan bu reaksiyanı istər laboratoriyada istərsə də sənaye miqyasında həyata keçirmək çətindir. Sənayedə metalların xloridlərinin ərintisinin elektrolizində xlor əlavə məhsul kimi alınır:





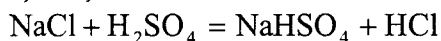
NaCl ərimə temperaturunu (800 °C) aşağı salmaq üçün az miqdarda Na₂CO₃ əlavə edilir. bu zaman qarışıqın temperaturu 600 °C-yə qədər aşağı düşür.

Tətbiqi. Dünya miqyasında xlorun illik istehsalı təqribən 1 milyon tondur. Ondan kağızın və parçanın ağardılmasında, suyun zərərsizləşdirilməsində, zəhərli kimyəvi maddələrin istehsalında, xlorid turşusunun, xloridlərin, üzvi maddələrin xlorlu törəmələrinin, həlledicilərin alınmasında həmçinin laboratoriya praktikasında istifadə edilir.

§ 5. Hidrogen-xlorid

Hidrogen-xlorid kəskin iyli rəngsiz qazdır. Çox hiqroskopikdir. Rütubətli havada duman əmələ gətirir. Adi atmosfer təzyiqində -84 °C-də maye hala keçir. Havadan 1,26 dəfə ağırdır. 0 °C-də 1 l suda 500 l -ə yaxın hidrogen-xlorid həll olur. Hidrogen-xloridin duru məhlulu hidrogen-xlorid turşusu, qatı məhlulu isə xlorid turşusu adlanır. Lakin, çox vaxt sadəcə olaraq duru və qatı xlorid turşuları terminlərindən istifadə edilir.

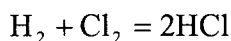
Sənayedə hidrogen-xlorid almaq üçün natrium-xloridə qatı sulfat turşusu ilə təsir edirlər. Azca qızdırdıqda (t < 110 °C) turş duz alınır:



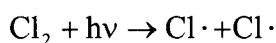
Temperaturu artırıdıda (800 °C) normal duz alınır:



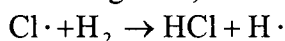
Əgər xörək duzunun suda məhlulu və duru sulfat turşusu məhlulu götürülsə reaksiya getməz. Ona görə ki, xlorid turşusu sulfat turşusundan qüvvətli turşudur. Sənayedə hidrogen-xloridin alınmasının ikinci üsulu sərbəst hidrogen və xloridan hidrogen-xloridin sintezidir:



Bu reaksiya adi temperaturda və səpələnmiş işığın təsirindən yavaş gedir. Qızdırdıqda yaxud ultrabənövşəyi şüalarla zəngin işıqla (düzünə düşən günəş işığı, yanan maqnezium lentinin işığı və s.) təsir etdikdə qarışıq partlayır. Temperaturun, yaxud ultrabənövşəyi şüaların enerji kvantlarının udulması nəticəsində xlor molekulu sərbəst atomlara, radikallara dissosiasiya edir:



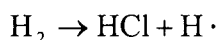
Xlor atom – radikalı hidrogen molekulu ilə qarşılıqlı təsirdə olur HCl molekulu və H· atom – radikalı əmələ gəlir. Sonuncu yenidən Cl₂ molekulu ilə HCl molekulu və Cl· atom – radikalı əmələ gətirir, zəncirvari reaksiya baş verir.



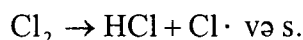
+



+



+



Zəncirin uzunluğu yüz min elementar akta bərabər olur. Bu prosesdə sərbəst radikallar da qarşılıqlı təsirdə ola bilərlər:



Bu isə zəncirin qırılmasına səbəb olur. Lakin, bu o halda baş verə bilər ki, ayrılan enerji üçüncü cisim tərəfindən udulsun. Bu zaman iki radikal və molekulun (M) üçqat qarşılıqlı təsiri baş versin:



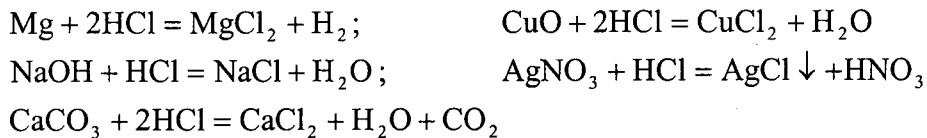
Yaxud ayrılan enerji reaksiya aparılan qabın divarı tərəfindən udula bilər. Ona görə də

zəncirvari reaksiyalar kənar qarışıqlara və qabın formasına qarşı həssas olurlar.

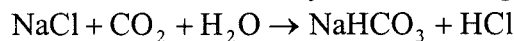
Xlorid turşusunu əksaxın prinsipi üzrə hidrogen-xloridi suda həll etməklə alırlar. Uducu qüllədə su yuxarıdan aşağı, qaz isə əksinə aşağıdan yuxarı verilir. Həmin qullənin yuxarı hissəsində qaz hələ hidrogen-xloridlə doymamış su ilə, aşağı hissəsində isə turşu məhlulu ilə görüşür. Qazın suda həll olması onun qaz fazasındakı qatılığı ilə düz, məhluldakı qatılığı ilə tərs mütənəsidir. Ona görə də hidrogen-xloridin artığı məhluldan ayrılır. Xlorid turşusu suda, demək olar ki, tamamilə ionlara ayrılır:



Xlorid turşusu metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən solda yerləşən metallarla, metal oksidlərlə, əsaslarla və duzlarla qarşılıqlı təsirdə olur:



Turşular üçün xarakterik olan xassələrdən başqa qatı xlorid turşusu yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi reduksiyaedici xassə də göstərir. Xlorid turşusunu saxlamaq və bir yerdən başqa yerə aparmaq üçün içərisi turşuya davamlı rezinlə örtülmüş sistemlərdən, yaxud şüşə balonlardan istifadə edilir. Xlorid turşusu və onun duzlarından laboratoriya praktikasında və sənayedə geniş istifadə edilir. Hidrogen-xlorid üzvi sintezdə xlorlu üzvi maddələr alınmasında tətbiq edilir. Lehimləmədən əvvəl metal əşyaların üzərindəki oksid təbəqəsi xlorid turşusu vasitəsilə təmizlənir. Mədə şirəsinin tərkibində xlorid turşusu (0,12 mol/l) var. O, həzm prosesində iştirak edir və qida vasitəsilə mədəyə düşmüş xəstəlik törədən bakteriyaları məhv edir. Mədənin turşuluğu aşağı düşdükdə həkimlər xəstələrə xlorid turşusunun çox duru məhlulunu yazırlar. Xlorid turşusu mədə divarlarının hüceyrələrində aşağıdakı ümumi tənliklə göstərilən ümumi reaksiya üzrə əmələ gəlir:



Zəif karbonat turşusunun qüvvətli xlorid turşusunu öz duzundan çıxarmasının səbəbi reaksiyanın fermentativ olmasıdır. Fermentlər reaksiyanı hidrogen-xloridin əmələ gəlməsi istiqamətə yönəldir.

Xlorid turşusunun geniş tətbiq olunan duzlarına aşağıdakıları misal göstərmək olar:

Xörək duzu NaCl. Xlorun, natrium-hidroksidin, sodanın, natrium metalının alınmasında xammaldır. Sabun istehsalında və yeyinti sənayesində NaCl geniş istifadə edilir. Xörək duzunda 90 %-dən 99 %-ə qədər NaCl olur. Onda qarışıq şəklində kalsium, natrium və maqneziumun sulfatları (CaSO_4 , Na_2SO_4 , MgSO_4), xloridlərdən kalsium və maqneziumun xloridləri olur (CaCl_2 , MgCl_2). Bunlardan maqnezium-xlorid çox hiqroskopikdir. Ona görə də xörək duzu açıq havada rütubəti özünə çəkir.

Kalium-xlorid KCl. Kalium gübrəsi kimi istifadə edilir.

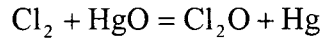
Kalsium-xlorid $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Qızdırdıqda 4 molekul su itirir. Bu zaman əmələ gələn $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ suyu şiddətlə özünə çəkir. Ona görə də həmin duzdan suuducu maddə kimi laboratoriya praktikasında geniş istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, aminləri, ammoniyakı, spirtləri və hidrogen-flüoridi qurutmaq üçün kalsium-xloriddən istifadə etmək olmaz.

Barium-xlorid $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Analitik kimyada sulfatları təyin etmək üçün istifadə edilir. Qüvvətli zəhərdir. İnsektisid kimi tətbiq edilir.

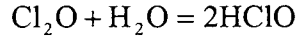
Sink-xlorid ZnCl_2 . Çürüməkdən qorumaq məqsədilə ağaca hopdurulur. Həmçinin çilingərlikdə metal əşyaları lehimlədikdə onların üzərindəki oksid təbəqəsini təmizləmək üçün sink-xloriddən istifadə edilir.

§ 6. Xlorun oksigenli birləşmələri

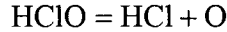
Dixlor-monooksid Cl_2O . Sarı-qonur qazdır. Xlor iyi verir. Xlorun civə 2-oksidlə reaksiyasından alınır:



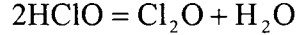
Su ilə qarşılıqlı təsirdən hipoxlorit turşusu əmələ gəlir:



Hipoxlorit turşusu zəif turşudur və davamsızdır. Onun parçalanma məhsulları şəraitdən asılıdır. Işıq təsirdən atomar oksigen ayrılmaqla parçalanır:



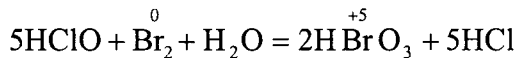
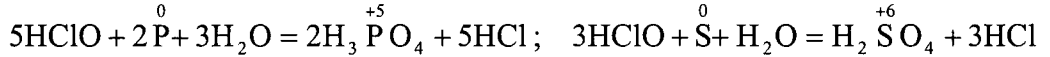
Sualıcı maddələrin təsirdən dixlor-monooksid əmələ gətirir:



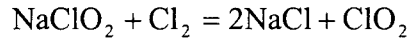
Qızdırdıqda xlorid və xlorat turşuları əmələ gəlməklə parçalanır:



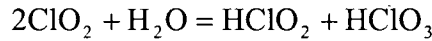
Hipoxlorit turşusu qüvvətli oksidləşdiricidir. Qeyri-metallarla qarşılıqlı təsirdə olduqda onları yüksək oksidləşmə dərəcəsinə qədər oksidləşdirir:



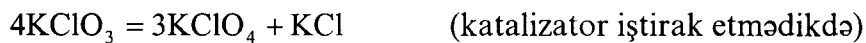
Monoxlor-dioksid ClO₂. Yaşılımtıl-sarı rəngli qazdır. Xlorun natrium-xloritə təsirdən alınır:



Su ilə qarşılıqlı təsirdən xlorit və xlorat turşuları əmələ gəlir:



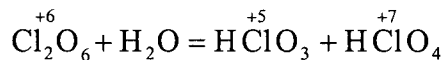
Xlorat turşusunun duzları – xloratlar, diafraqma (arakəsmə) olmadıqda xloridlərin elektrolizindən, həmçinin xlorun qaynar qələvi məhlulu ilə reaksiyasından əmələ gəlir. Hər iki halda kalium-xlorat (Bertole duzu) suda az həll olur, ağ çöküntü şəklində ayrılır. Xloratlar partlayıcı maddələr istehsalında və laboratoriyada oksigen alınmasında istifadə edilir. Qızdırdıqda Bertole duzu KClO₃ əvvəlcə əriyir. 400 °C-də şəraitdən asılı olaraq iki istiqamətdə parçalanır:



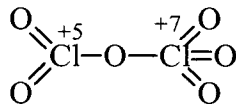
Dixlor-heksaoksid Cl₂O₆. Tünd-qırmızı rəngli tüstülənən mayedir. Aşağıdakı reaksiyalar əsasında almaq olur:



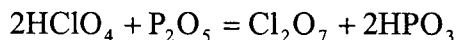
Suda həll olduqda xlorat və perxlorat turşuları alınır:



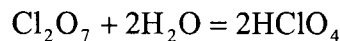
Cl₂O₆-da xlorun oksidləşmə dərəcəsi +5 və +7-dir.



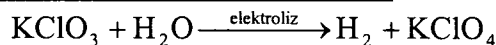
Dixlor-heptaoksid Cl₂O₇. Rəngsiz yağlıtəhər mayedir. Perxlorat turşusuna sualıcı maddələrin təsirdən almaq olur:



Perxlorat anhidrididir:

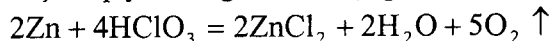


Sənayedə kalium-perxlorat Bertole duzunun məhlulunun elektrolizindən alınır

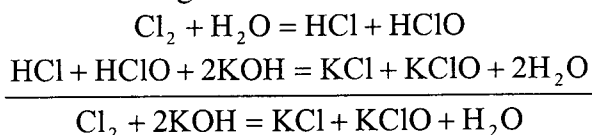


Xlorun oksigenli turşuları davamsızdırlar. Onların içərisində perxlorat turşusu davamlıdır. Perxlorat turşusu rəngsiz havada tüstülənən hiqroskopik mayedir. Xlorun oksigenli

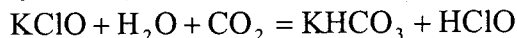
turşularının hamısı qüvvətli oksidləşdiricilərdir. Reduksiyaedici iştirak etdikdə həmin turşuların tərkibindəki xlor müsbət oksidləşmə dərəcəsi xlorid ionuna qədər reduksiya olunur. Ona görə də ilk baxışda qeyri adi görünən aşağıdakı reaksiya gedir:



Javel suyu. Otaq temperaturunda xlorun qələvi məhlulu ilə reaksiyasından xlorid və hipoxlorit duzları olan məhlul əmələ gəlir:

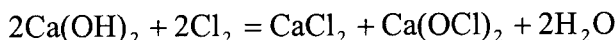


Həmin məhlul *javel suyu* adlanır. O, isə xlorlu su kimi parçalanır və kağızın ağardılmasında istifadə edilir. Bu zaman karbon qazı və sudan əmələ gələn karbonat turşusu kalium-hipoxloritdən hipoxlorit turşusunu çıxarır:

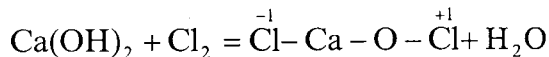


Hipoxlorit turşusu öz növbəsində rəngli maddələri oksidləşdirir.

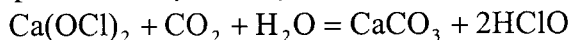
Xlorlu əhəng. Xlorun kalsium-hidroksidlə qarşılıqlı təsirindən xlorlu əhəng, yaxud ağardıcı əhəng alınır:



Alınan kalsium-xlorid və hipoxloriti topladıqda formal olaraq $\text{Ca}_2\text{O}_2\text{Cl}_4$ alırıq. Bunları ikiye böldükdə CaOCl_2 alınır. Ona görə də yuxarıdakı reaksiyanı aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Javel suyunda olduğu kimi karbonat turşusu xlorlu əhəngdəki kalsium-hipoxloritlə qarşılıqlı təsirdə olaraq hipoxlorit turşusunu çıxarır:



Alınan hipoxlorit turşusu işığın təsirindən atomar oksigen əmələ gətirməklə parçalanır. O, isə öz növbəsində mikroorqanizmləri məhv edir. Ona görə də xlorlu əhəngdən dezinfeksiya məqsədi ilə istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, çox vaxt səhv olaraq xlorlu əhəngin xarakterik iyini xlor hesab edirlər. Həmin iy əslində dixlor-monooksidin Cl_2O iyidir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi xlorlu əhəngə karbon qazı və suyun təsirindən əmələ gələn hipoxlorit turşusu eyni zamanda sualıcı maddələrin təsirindən dixlor-monooksid əmələ gətirməklə parçalanır. Burada sualıcı maddə kalsium-xloriddir.

§ 7. Brom

Brom VII qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir.

Atom nömrəsi 35, nisbi atom kütləsi 79,904-dür. Halogenlərə aiddir.

Tarixi məlumat. 1825-ci ildə ilk dəfə fransız kimyaçısı A. Balar dəniz yosunları külündən hazırladığı sulu ekstrakta xlorla təsir etməklə brom almışdır həmin dövrdə məşhur olmayan gənc alim tez bir zamanda məşhurlaşmışdır. Həmin dövrün alimləri demişlər ki, Balar bromu yox, brom Balar kəşf etmişdir.

Brom buxarları xoşagəlməyən kəskin iylidir. Yunanca «bromos» üfunətli deməkdir. Brom adı da buradan götürülmüşdür.

Təbiətdə tapılması. Brom təbiətdə geniş yayılmış elementlərə aid deyil. Yer qabığında yayılmasına görə 50-ci yeri tutur. Yer qabığının kütləsinin $2,1 \cdot 10^{-4}$ %-ni təşkil edir. Çox fəal olduğuna görə yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Brom birləşmələri iri yataqlar əmələ gətirmir. Qələvi metalların bromidləri şəklində NaBr , KBr müvafiq xloridli mineralların tərkibində qarışıq halında olur. Bromidlərin çox hissəsi bərk halda deyil, həll olmuş şəkildə dəniz suyunda, neft və buruq sularının tərkibində olur. Dəniz suyunda Br^- və Cl^- nisbəti 1:300 kimidir.

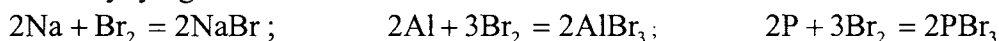
Fiziki xassələri. Brom qırmızı-qonur rəngli, kəskin iyli mayedir, $58,78^\circ\text{C}$ -də qaynayır,

-7,2 °C-də bərkiyir. Suda az həll olur, 100 q suda 3,6 q brom həll olur. Bu zaman sarı-qonur məhlul alınır. Lakin brom üzvi həlledicilərdə spirtdə, efirdə, xloroformda və benzolda yaxşı həll olur.

Əgər bromlu su olan silindrə bir qədər benzol əlavə edib qarışdırsa, bir qədər sonra yüngül olan benzol yuxarı qatda suyun üzərində toplanır. Suda olan bromun hamısı benzol olan təbəqəyə keçir. Su şəffəfləşir, benzol olan təbəqə isə parlaq rəng alır. Bu proses ekstraksiya adlanır. Ondan sənayedə və laboratoriyada geniş istifadə edilir.

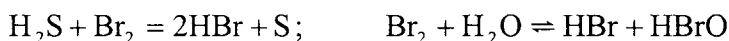
Kimyəvi xassələri. Bromun atomunun xarici energetik səviyyəsində yeddi elektron var $4s^2 4p^5$.

Digər halogenlər kimi çatışmayan bir valent elektronunu birləşdirərək Br^- ionu əmələ gətirir. Ona görə də sərbəst brom qüvvətli oksidləşdiricidir. Eyni zamanda bromun oksidləşmə dərəcəsi +1, +3, +5 və +7 olan birləşmələri məlumdur. Metallar və qeyri metallarla reaksiyaya girir:

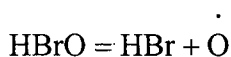


Bromun alüminiumla reaksiyası alüminiumun xlorla reaksiyasına nisbətən sürətlə gedir.

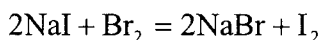
Brom mürəkkəb maddələrlə də qarşılıqlı təsirdə olur:



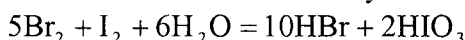
Hipobromit turşusu çox davamsızdır. Yalnız məhlulda mövcuddur. Işığın təsirindən parçalanır:



Brom yodidlərdən yodu çıxarır:



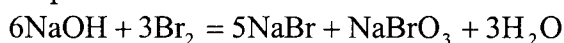
Məhlulda brom verilməsini davam etdirdikdə bromid və yodat turşuları alınır:



Soyuq qələvi məhlulu ilə bromid və hipobromit duzlarını əmələ gətirir:



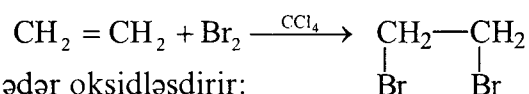
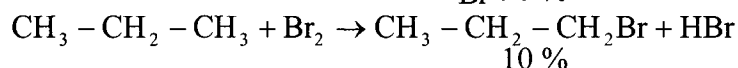
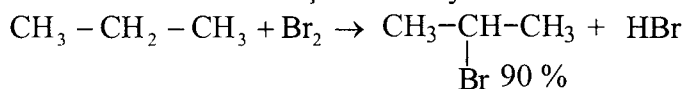
Qələvi məhlulu qaynar olduqda bromid və bromat duzları alınır:



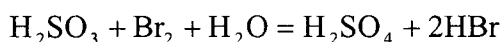
Oksidləşmə dərəcəsi +3 olan brom birləşməsi yalnız brom 3-flüoriddir BrF_3 . Brom triflüorid açıq-sarı rəngli mayedir. Suyun təsirindən parçalanır:



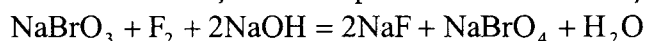
Brom karbohidrogenlərlə əvəzetmə və birləşmə reaksiyalarına daxil olur:



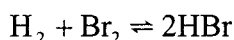
Sulfitləri sulfatlara qədər oksidləşdirir:



1968-ci ildə bromatları flüorla oksidləşdirməklə perbromatlar alınmışdır:

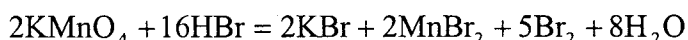


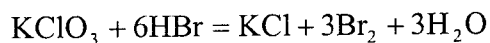
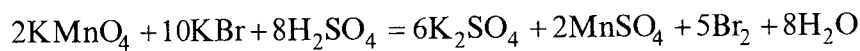
Brom hidrogenlə yalnız qızdırdıqda birləşir:



Brom digər halogenlər kimi bilavasitə oksigen, karbon və azotla birləşmir.

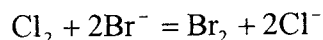
Alınması. Laboratoriyada brom müxtəlif oksidləşdiricilərə bromid turşusu, yaxud sulfat turşusu mühitində bromidlərlə təsir etməklə alınır:





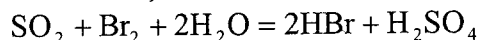
Dəniz suyundan bromun alınması aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

1. Dəniz suyu xlorla işlənir. Bu zaman bromid ionu sərbəst brom qədər oksidləşir:



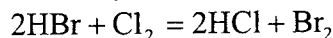
2. Sudan bromun hava vasitəsilə ayrılması.

3. Bromla zəngin olan hava su buxarı və kükürd qazı ilə qarışdırılır. Nəticədə hidrogen-bromid və sulfat turşusu kondensləşir:



4. Skrubberdə alınan turşuların buxardan su vasitəsilə yuyulması.

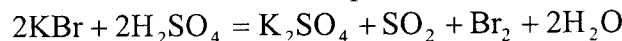
5. Turşuların qarışığının yenidən xlorla işlənməsi və brom buxarlarının toplanması:



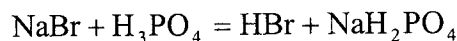
1 ton brom almaq üçün 22000 ton dəniz suyu sərf olunur.

Hidrogen-bromid HBr və bromid turşusu. Hidrogen-bromid kəskin iyli rəngsiz qazdır. 0°C-də 1 l suda 500 l hidrogen bromid həll olur. Hidrogen-bromidin suda məhlulu bromid turşusudur. Bromid turşusu xlorid turşusuna nisbətən qüvvətli turşudur, hidrogen-bromid isə qüvvətli reduksiyaedici.

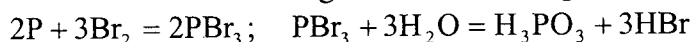
Bromidlərə qatı sulfat turşusunun təsirindən hidrogen-bromid almaq olmur. Ona görə ki, qatı sulfat turşusu bromidləri sərbəst brom qədər oksidləşdirir:



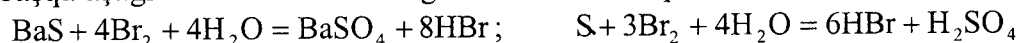
Hidrogen-bromidi almaq üçün natrium-bromidə fosfat turşusu ilə təsir etmək lazımdır. Ona görə ki, sulfat turşusundan fərqli olaraq fosfat turşusu hidrogen-bromidi oksidləşdirmir:



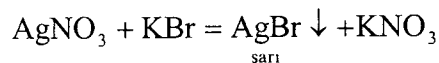
Fosfor tribromidin hidrolizindən də hidrogen-bromid almaq olur:



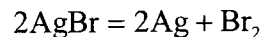
Bunlardan başqa aşağıdakı üsullarla hidrogen-bromid almaq olur:



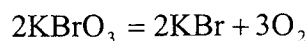
Bromid turşusu bromidlərin alınmasında, xüsusilə işığa həssas kino-foto materiallarının istehsalında istifadə edilən gümüş-bromid alınmasında geniş istifadə edilir. Bromidlərin əksəriyyəti suda yaxşı həll olur. Bromid turşusunun suda həll olmayan duzlarından AgBr, Hg₂Br₂, Cu₂Br₂ və PbBr₂ göstərmək olar. Analitik kimyada Ag⁺ ionunu təyin etmək üçün bromidlərdən istifadə edilir:



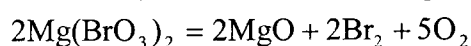
Gümüş-bromid işığın təsirindən parçalanır:



Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi bu duz kino-foto materialların istehsalında əvəzəlməz materialdır. Foto həvəskarlarına Unibrom, Fotobrom, Bromportret, Novobrom adı ilə foto kağızları yaxşı tanışdır. Bromun oksigenli birləşmələrindən Br(+5) birləşmələri daha davamlıdır. Bromat turşusu HBrO₃ yalnız məhlulda mövcud olduğu halda, onun duzları adi şəraitdə kifayət qədər davamlıdır. Qızdırdıqda NaBrO₃ və KBrO₃ bromatları bromid əmələ gətirməklə parçalanır:



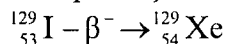
Mg, Al və Zn bromatları metal oksidi, sərbəst brom və oksigen əmələ gətirməklə parçalanır:



§ 8. Yod

D.İ.Mendeleeyevin kimyəvi elementlərin dövri sistem cədvəlinin VII qrupunun əsas yarımqrupunda yerləşir. Atom nömrəsi 53, nisbi atom kütləsi 126,9045-ə bərabərdir.

Sərbəst yod metal parıltısı olan qara-boz rəngli kristallik maddədir. ^{127}I izotopu ən davamlıdır. ^{129}I izotopu radioaktivdir. Onun yarımparçalanma dövrü $1,72 \cdot 10^7$ ilə bərabərdir. Nə vaxtsa yodun orta nisbi atom kütləsi hazırda olduğundan böyük olmuşdur. Ona görə ki, ^{129}I izotopu tədricən ^{129}Xe izotopuna çevrilmişdir:



Ona görə də yodun orta nisbi atom kütləsi tədricən azalmışdır. Nəticədə dövri sistem cədvəlindəki anomaliyalardan birinə səbəb olmuşdur. Belə ki, tellur (52) yoddan (53) əvvəldə yerləşməsinə baxmayaraq nisbi atom kütləsi yodun nisbi atom kütləsindən çox 127,6 olmuşdur.

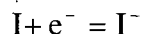
Tarixi məlumat. 1811-ci ildə fransız kimyaçısı B.Kurtua dəniz yosunu külündən sodanı ayırdıqdan sonra qalan duzlu suya qatı sulfat turşusu ilə təsir etdikdə bənövşəyi buxar ayrılmışdır. Əslində həmin təcrübəni B.Kurtua yox, onun pişiyi aparmışdır. Pişik təsadüfən içərisində sulfat turşusu olan qaba toxunaraq onu dəniz yosunu külünün üzərinə tökmüşdür. Bu zaman ayrılan yod buxarlarını görən B.Kurtua təcrübəni özü təkrar etmişdir.

Kimyəvi cəhətdən fəal olduğuna görə yod təbiətdə sərbəst halda tapılmaz. Yer qabığında yayılmasına görə 60-cı yeri tutur. Çox nadir hallarda rast gəlinən lautarit $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ və ditseit $7\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 8\text{CaCrO}_4$ mineralları məlumdur.

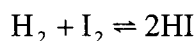
Dəniz suyunda, neft qurğularının buruq sularında və dəniz yosunlarında (laminariya) yod var. Yodu adi təzyiqdə tədricən qızdırdıqda mayeyə çevrilmədən bərk fazadan qaz fazasına keçir. Bu xassəsindən yodu təmizləmək üçün istifadə edirlər. Yodu sürətlə qızdırdıqda $113,5^\circ\text{C}$ -də əriyir və $184,35^\circ\text{C}$ -də qaynayır. Yod suda çox az həll olur: 1 l suda 0,34 q yod həll olur. Yodun suda məhlulu yodlu su adlanır. KI iştirak etdikdə yodun suda həllolması qismən artır. Bunun səbəbi $\text{K}[\text{I}_3]$ kompleksinin əmələ gəlməsidir: $\text{KI} + \text{I}_2 \rightarrow \text{K}[\text{I}_3]$. Yod karbon 4-sulfiddə və üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur. Yodun efrəddə məhlulu tünd-qonur, benzol, karbon 4-sulfid və xloroformda məhlulu bənövşəyi rəngdədir.

Fizioloji təsiri. İnsan üçün yod vacib elementlərdəndir. Orqanizmdə həmin elementin çatışmazlığı nəticəsində qalxanabənzər vəzidə tərkibində yod olan trioksin hormonu əmələ gəlmir. Bu işə zob xəstəliyinə səbəb olur. Ona görə də xörək duzunu «yodlaşdırırlar», çox az miqdarda NaI əlavə edirlər. Sonuncuda olan yodid ionunun oksidləşməsi nəticəsində xörək duzu azca sarımtıl rəngdə olur. Təzə kəsilmiş kartofa bir-iki damla yod əlavə etdikdə göy rəng alınır. Yod molekulları nişastanın polimer molekulları arasına daxil olur və həmin molekul polimer zəncirlərini bir-biri ilə birləşdirir. Qızdırdıqda rəng yox olur, soyutduqda yenidən göy-qonur rəng əmələ gəlir.

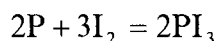
Kimyəvi xassələri. Yod atomunun xarici energetik səviyyəsində yeddi elektron var $5s^25p^5$. Digər halogenlər kimi yod da bir elektron birləşdirir:



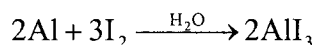
Kimyəvi aktivliyinə görə flüor, xlor və bromdan geri qalır. Yod bilavasitə karbon, azot, oksigen, kükürd və selenlə birləşmir. Onun həmin elementlərlə birləşməsi dolayı yolla alınır. Yod hidrogenlə yalnız qızdırdıqda qarşılıqlı təsirdə olur, reaksiya axıra qədər getmir:



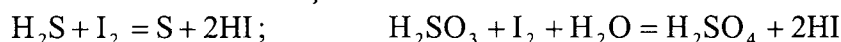
Qızdırdıqda fosforla birləşir:



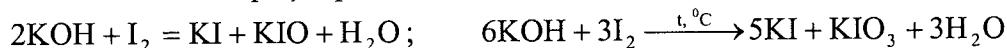
Yodun alüminium tozu ilə reaksiyasında 2-3 damla su katalizator rolunu oynayır:



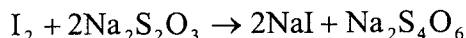
Yod bəzi mürəkkəb maddələri də oksidləşdirir:



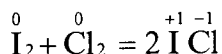
Qələvilərlə xlor və brom kimi qarşılıqlı təsirdə olur:



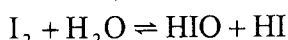
Xlor və bromdan fərqli olaraq yodun tiosulfatlarla reaksiyasında sulfat əvəzinə tetrasyonat əmələ gəlir:



Bu reaksiyalardan analitik kimyada istifadə edilir. Buna əsaslanan metod *yodometriya* adlanır. Reaksiyanın başa çatmasını yodun nişasta ilə qarşılıqlı təsirdən alınan göy rəngin əmələ gəlməsi yaxud yox olmasına əsasən təyin edirlər. Halogenlərdən elektromənfiliiyi ən az olanı yoddur. Ona görə də yod digər halogenlərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda müsbət oksidləşmə dərəcəsi göstərir:



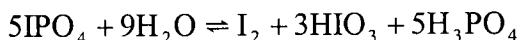
Yodu suda həll etdikdə yodid və hipoyodid turşuları alınır:



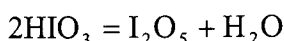
Hipoyodid turşusu amfoter maddədir, həm əsas, həm də turşu kimi dissosiasiya edir:



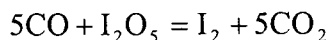
Yodun oksidləşmə dərəcəsi +3 olan birləşmələrindən yodun fosfat IPO_4 , nitrat $\text{I}(\text{NO}_3)_3$ və asetatını $\text{I}(\text{CH}_3\text{COO})_3$ göstərmək olar. Bunlar sarı rəngli bərk maddələrdir, 0°C -dən aşağı temperaturda davamlıdırlar. Həmin birləşmələr suya qarşı çox həssasdırlar:



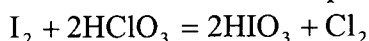
Yodun oksidləşmə dərəcəsi +5 olan birləşmələrindən natrium-yodatı göstərmək olar. Natrium-yodat təbiətdə çili şorasında (NaNO_3) qarışıq şəklində rast gəlinir. Yodat turşusu HIO_3 rəngsiz kristallik maddədir. 240°C -dən yüksək temperatura qədər qızdırdıqda yodat anhidridinə və suya parçalanır:



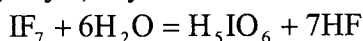
Yodat anhidridi bərk maddədir, ondan qaz qarışığında karbon-dioksidin miqdarını təyin etmək üçün istifadə edilir:



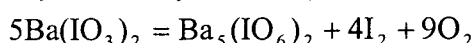
Yodat turşusunu xlorat turşusuna yodla təsir etməklə almaq olur:



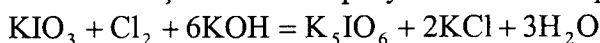
Bu reaksiya ilk baxışda halogenlərə aid biliklərimizlə ziddiyyət təşkil edir. Əslində belə deyil, xlor oksidləşdirici, yod isə reduksiyaedici kimi iştirak edir. Ona görə ki, xlorat turşusunda xlorun oksidləşmə dərəcəsi +5-ə bərabərdir. Yodu flüorla qızdırdıqda IF_7 alınır. Yod heptaflüorid qazdır 6°C -də qaynayır, suyun təsirdən hidrolizə uğrayır:



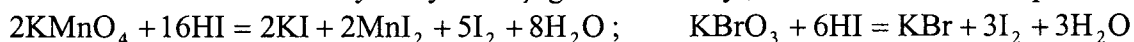
Peryodat turşusu H_5IO_6 rəngsiz kristallik maddədir, suda yaxşı həll olur. Perxlorat turşusuna HClO_4 nisbətən zəif turşudur. Peryodatları yodatlardan almaq olur:



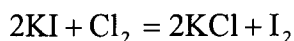
Qələvi mühitdə yodatlari xlorla oksidləşdirməklə də peryodatları almaq olur:



Yodun alınması. Laboratoriyada yodu aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə almaq olur:

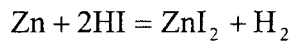


Sənayedə yodu yodidlərə xlorun təsirdən alırlar:

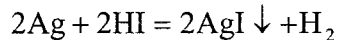


Hidrogen-yodid HI və ya yodid turşusu. Hidrogen-yodid kəskin iyli rəngsiz qazdır. 1 l suda 500 l hidrogen-yodid həll olur, yodid turşusu məhlulu əmələ gəlir. Yodid turşusu

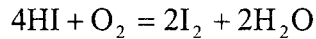
oksigeniz turşulardan ən qüvvətlişidir. Yodid turşusu metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşən metallarla şiddətlə reaksiyaya girir:



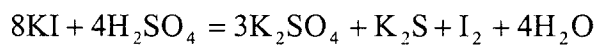
Maraqlıdır ki, hidrogendən sonra yerləşməsinə baxmayaraq gümüş yodid turşusundan hidrogeni çıxarır:



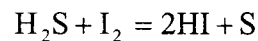
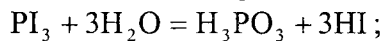
Bu reaksiya ona görə gedir ki, gümüş-yodidin suda həllolma qabiliyyəti çox azdır. Reaksiyanın gedişində tarazlıq sağa doğru yönəlir. Yodid turşusu və onun duzları qüvvətli reduksiyaedicilərdir. Uzun müddət saxladıqda bu turşu havanın oksigeninin təsirindən oksidləşir:



Alınan yod turşu məhlulunu sarımtıl rəngə boyayır. Ona görə də yodid turşusunu qaranlıqda saxlamaq lazımdır. Hidrogen-xloridin alınması üçün müvafiq xloridlərdən qatı sulfat turşusundan istifadə edildiyi halda hidrogen-yodidi almaq üçün bu üsuldən istifadə etmək olmaz. Ona görə ki, alınan hidrogen-yodid sulfat turşusunu reduksiya edir:



Hidrogen-yodidi laboratoriyada aşağıdakı üsullarla almaq olar:



Yodid turşusunun duzlarından AgI, Hg₂I₂, CuI və PbI₂ suda həll olmur.

Tətbiqi. Yoddan dərman maddələrinin istehsalında və kimyəvi analizdə istifadə edilir. Yodun spirtə (5 %-li) məhlulundan yaraların dezinfeksiyasında istifadə edilir.

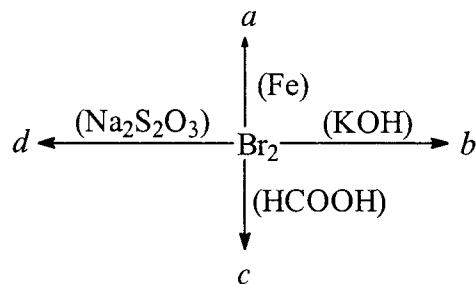
Məsələlər

Məsələ 161. Yer qabığına və hidrosferdə kütlə ilə 49 % oksigen və 0,8 % hidrogen var. Bir atom hidrogenə neçə atom oksigen düşür?

Məsələ 162. Su almaq üçün hidrogen və oksigendən ibarət stexiometrik qarışıqdan istifadə edilmişdir. Bu zaman 190,4 kC istilik ayrılmışdır. Maye suyun əmələgəlmə istiliyi 285,5 kC/moludur. Stexiometrik qarışığın miqdarını hesablayın.

Məsələ 163. Naməlum qazın sıxlığı 1,2 atm. təzyiqdə və 25 °C-də 3,485 q/l-dir. Qazın formulunu təyin edin.

Məsələ 164. Çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:

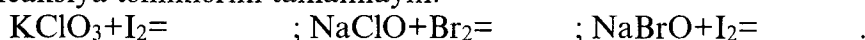


Məsələ 165. Qüvvətli A turşusu məhlulundan xlor buraxdıqda bəsit B maddəsi alınır və məhlul tünd rəngə boyanır. Xlorun verilməsini davam etdirdikdə B maddəsi C turşusuna çevrilir və məhlul rəngsizləşir. Maddələri təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 166. Tərkibində litium, xlor və oksigen olan duzun 0,543 qram turşulaşdırılmış məhluluna artıqlaması ilə natrium-yodid məhlulu əlavə etdikdə 4,57 q yod alınmışdır. Duzun formulunu təyin edin.

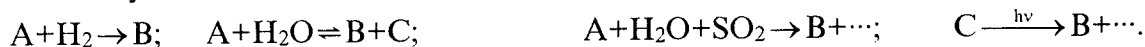
Məsələ 167. Oksidləşmə dərəcəsi +4 olan xlor birləşmələrinə misallar göstərin.

Məsələ 168. Reaksiya tənliklərini tamamlayın:



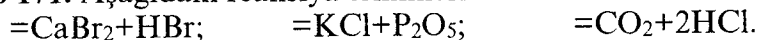
Məsələ 169. Aşağıdakı reaksiya sxemlərində naməlum maddələri təyin edin, onları

tamamlayın:



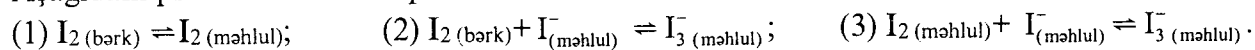
Məsələ 170. Natrium-hidroksid və hidrogen-peroksid qarışığı olan məhluldan xlor buraxdıqda məhlul qırmızı işıq saçır. Təcrübənin nəticəsini izah edin və reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 171. Aşağıdakı reaksiya tənliklərinin sol tərəfini tamamlayın:

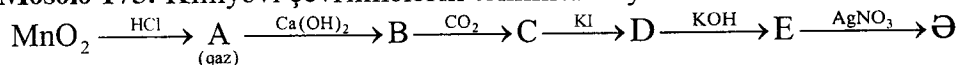


Məsələ 172. Yodun saf suda həllolması azdır, yodid ionu olan məhlulda isə yaxşı həll olur.

Aşağıdakı proseslərin tarazlıq sabitlərini necə ifadə etmək olar?



Məsələ 173. Kimyəvi çevrilmələrin tənliklərini yazın:



Məsələ 174. Nişasta, kalium-yodidin suda məhlulu və karbon 4-xlorid qarışığına ultrasəsle təsir etdikdə göy rəng alınır. Bunun səbəbini izah edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 175. Xassələri oxşar olan müxtəlif maddələrə misallar göstərin.

XIV FƏSİL

VI QRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. VI qrup elementlərinin ümumi xarakteristikaları

VI qrupun əsas yarımqrupuna (VI A qrupuna) oksigen, kükürd, selen, tellur və radioaktiv polonium metalı aiddir. Onlardan birinci dördü qeyri-metallardır və ümumi adları xalkogenlərdir. Mənası «filiz doğuran» deməkdir.

Bu yarımqrupa aid olan elementlərin xarici energetik səviyyəsində s orbitalında iki elektron p orbitalında dörd elektron var: s^2p^4 . Bunlarda p elektronlardan ikisi qoşalaşmamışdır.

Oksigen atomunda d yarımşəviyyəsi olmadığına görə ikivalentli olur. Lakin kimyəvi rəbitəyə sərf olunmamış elektron cütü olduğuna görə donor-akseptor mexanizmi üzrə əlavə valentlik əmələ gətirir. Qalan elementlərdə xarici energetik səviyyədə d yarımşəviyyəsi olduğuna görə xaricdən enerji təsiri ilə s və p elektronlarının bir hissəsi d yarımşəviyyəsinə keçir, yalnız 2 deyil 4 və 6 valentli olurlar.

Poloniumdan başqa VI A qrupu elementləri tipik qeyri-metallardır. Oksigen və digər qeyri-metallarla birləşmələrində S, Se, Te +4 yaxud +6 oksidləşmə dərəcəsi göstərir. Elektromənfiliyi fülordan az olduğuna görə OF_2 -də oksigenin oksidləşmə dərəcəsi +2 olur, peroksidlərdə -1 olur. Atom nüvəsinin yükü (sıra nömrəsi) artdıqca xalkogenlərin oksidləşdiricilik qabiliyyəti azalır, mənfi yüklü ionların reduksiyaedicilik xassəsi artır. VI A qrupu elementlərinin halogenli birləşmələrinin (hidridlərinin) dissosiasiyası sudan hidrogen-telluridə doğru artır. Bunun səbəbi E^{2-} ionunun radiusunun artmasıdır. Uçuculuqları sudan hidrogen-sulfidə doğru artır və yenidən H_2Se və H_2Te -ə doğru azalır. Kükürd, selen və tellur EO_2 və EO_3 tərkibli oksidlər əmələ gətirirlər. Onların oksidləşmə dərəcəsi +4 olan birləşmələri oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici və reduksiyaedici olurlar. H_2EO_4 tərkibli turşuları davamlıdırlar və yalnız oksidləşdirici xassə göstərir. Oksidləşdiricilik qabiliyyəti H_2SO_4 -dən H_2TeO_4 -ə doğru artır. Dissosiasiya dərəcəsinə görə H_2SeO_4 sulfat turşusundan qüvvətlidir. Tellurat turşusu $H_2TeO_4 \cdot 2H_2O$ (yaxud H_6TeO_6) sulfat turşusundan zəifdir. Xalkogenlər duru xlorid və sulfat turşularında həll olurlar. Qızdırdıqda nitrat turşusu kükürdü sulfat turşusuna, seleni və telluru H_2SeO_3 və H_2TeO_3 -ə qədər oksidləşdirir.

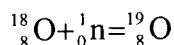
VI qrupun əlavə yarımqrupunda (VI B qrupunda) xrom Cr, molibden Mo, volfram W və 106-cı element rezerfordium Rf yerləşir. Bu elementlərin nüvəsinin yükü artdıqca elektron xaricdən ikinci d yarımşəviyyəsinə əlavə olunur. Xromda və molibdendə elektron quruluşu d^5s^1 volframda d^4s^2 olur. Bu elementlərin kimyəvi qarşılıqlı təsirləri xarici s və ondan əvvəlki d yarımşəviyyəsindəki elektronların verilməsilə həyata keçirilir. Maksimum oksidləşmə dərəcəsi +6 olur. Lakin xromun oksidləşmə dərəcəsi +2 və +3 olan birləşmələri də davamlıdır. Molibden və volfram üçün oksidləşmə dərəcəsi +4 və +6 olan birləşmələr əmələ gətirmək daha xarakterikdir. Lantanoid sıxılmasına görə molibden və volframın atom və ion radiusları bir-birinə yaxındır. Ona görə də onların fiziki və kimyəvi xassələri oxşarırlar və xromdan fərqlənirlər. Xromdan volframa doğru reduksiyaedicilik fəallıqları azalır.

Cədvəl XIV-1. VI B qrupu elementlərinin xassələri

Xassələri	Cr	Mo	W
Elektron quruluşu	$3d^54s^1$	$4d^54s^1$	$5d^46s^2$
Atom radiusu, Å	1,25	1,36	1,37
Birinci ionlaşma potensialı, eV	6,76	7,10	7,98
E^{6+} ionunun radiusu, Å	0,35	0,65	0,65
Sıxlığı, q/sm ³	7,2	10,2	19,1
Ərimə temperaturu, °C ilə	1850	2621	3390
Qaynama temperaturu, °C ilə	2530	4810	5650
$E \rightarrow E^{6+}$ standart elektrod potensialı, V	-0,91	-0,20	0,05

§ 2. Oksigen

Dövri sistem cədvəlinin VI qrup elementidir. Oksigen sözü latınca oksigenium, yunanca «oxys» (turşu) və «gennao» (doğuran) sözlərindən yaranmışdır. Atom nömrəsi 8-ə bərabərdir. Nisbi atom kütləsi 15,9994-dür. Təbii oksigen üç stabil izotopun qarışığından ibarətdir: ^{16}O (99,759 %), ^{17}O (0,037 %) və ^{18}O (0,204 %). ^{19}O izotopu radioaktivdir. O, təbii oksigendə olmur, süni yolla alınır. Yarımparçalanma dövrü 30 saniyədir (30 saniyədən sonra $\frac{1}{2}$ hissəsi, bir dəqiqədən sonra $\frac{1}{4}$ hissəsi, dəqiqəyarımdan sonra $\frac{1}{8}$ hissəsi qalır). ^{19}O izotopu atom elektrik stansiyalarında suyun neytronlarla şüalandırılmasında aşağıdakı nüvə reaksiyası nəticəsində əmələ gəlir:



Reaktordan keçən su radioaktiv olur, biosferə düşməməsi üçün onu izolə etmək lazımdır. Bu elementin izotoplarının fiziki və kimyəvi xassələri bir-birinə çox oxşardır. Lakin bu kəmiyyətlər bir-birinin eyni deyil. Yalnız ^{16}O izotopundan ibarət olan molekulyar oksigen 90,19 K-də qaynayır, ^{19}O izotopundan ibarət molekulyar oksigen isə 90,295 K-də qaynayır. Fərq çox kiçik olmasına baxmayaraq ondan xüsusi qurğularda maye oksigenin fraksiyalı distilləsində istifadə edilir.

Kəşfi tarixi. Oksigeni sərbəst halda ilk dəfə 1771-ci ildə İsveç alimi K.Şeyele şoramı (NaNO_3 , KNO_3), ondan asılı olmadan 1774-cü ildə ingilis alimi C.Pristli HgO və qurğuşun surikini (Pb_2PbO_4) parçalamaqla almışdır. Yanma proseslərində oksigenin rolunu A.Lavuazye düzgün müəyyənləşdirmişdir. Bununla o, Ştalin flagiston nəzəriyyəsinə zərbə vurmuşdur.

Təbiətdə yayılması. Oksigen yer qabığında ən geniş yayılmış elementdir. O, yer qabığının kütləsinin 49,13 %-ni təşkil edir. Bütövlükdə yer kürəsində yayılmasına görə dəmirdən sonra ikinci yeri tutur. Havanın kütləsinin 23,1 %-ni (həcmcə ≈ 21 %-ni) oksigen təşkil edir. Bu miqdar təqribən $1,1 \cdot 10^{15}$ ton edir. Birləşmiş halda oksigen suda (≈ 89 %), silikatlarda, qumda və digər minerallarda həmçinin canlı orqanizmlərdə olur. Tərkibində oksigen olan 1400-dən çox mineral məlumdur. Bəzi hesablamalara görə yer qabığının həcmnin $\frac{3}{4}$ hissəsi oksigenin payına düşür. Bunun səbəbi Si^{4+} və Al^{3+} ionlarının həcmnin

O^{2-} ionunun həcminə nisbətən kiçik olmalarıdır. Həmin ionlar birləşmələrdə oksid ionları aralarındakı boşluqlarda yerləşirlər. İnsan orqanizmində 65 %-ə yaxın oksigen var. Suda az miqdarda həll olmasına (0°C -də 100 həcm suda 5 həcm) baxmayaraq, yer üzərindəki bütün su hövzələrində həll olmuş oksigen $1,5 \cdot 10^{13}$ tondur. Əgər bu miqdar qaz halına keçsəydi normal şəraitdə 10 milyon km^3 edərdi. Atmosfer havasının tərkibi:

	Həcm, %	Kütlə ilə, %
Azot	78,09	75,51
Oksigen	20,95	23,15
Arqon	0,93	1,28
Karbon-dioksid	0,03	0,046
Su buxarı (25°C)	≤ 3	$\leq 0,27$

Bunlardan başqa havada Ne, He, Kr, Xe, CH_4 , azot oksidləri və digər maddələr də olur.

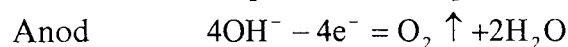
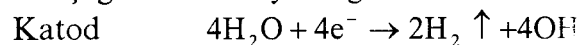
Fizioloji təsiri. Oksigen həyati vacib maddələrin, zülalların, yağların və karbohidratların tərkibinə daxildir. Oksigensiz çox vacib bioloji proseslər, tənəffüs, aminturşuların yağların və karbohidratların oksidləşməsi mümkün deyil. Çox az miqdarda bitkilər və sadə quruluşlu heyvanlar oksigensiz yaşaya bilirlər. Həmin orqanizmlər anaerob orqanizmlər adlanırlar. Qana daxil olan oksigen homoglobininlə birləşir, oksihomoglobinin əmələ gətirir. Qan axını ilə həmin maddə kapillyarlara daxil olur və orada asanlıqla dissosiasiya edir. Bu zaman ayrılan oksigen kapillyarların divarından toxumalara daxil olur. Toxumalarda oksigen müxtəlif maddələrin oksidləşməsinə sərf olunur. Həmin reaksiyalarda oksidləşmənin son məhsulu CO_2 və sudur. Ayrılan enerji ehtiyat halda saxlanılır və müxtəlif həyati proseslərə sərf

olunur. İnsanın ağ ciyərinin səthi təqribən 100 m²-ə bərabərdir, kapillyar qan damarları ilə əhatə olunan, zərif divarlı çox kiçik qovcuqlardan ibarətdir. Bir sutkada bizim ciyərlərimiz təqribən 25000 dəfə hava ilə təmasda olur. Orqanizmin müdafiə (faqositar) funksiyası da oksigenlə əlaqədardır. Faqosit xassəli hüceyrələrdə O₂ molekulu superoksid ionuna qədər reduksiya olunur: O₂ + e⁻ → O₂⁻. O₂⁻ ionu sərbəst radikaldır, qoşalaşmamış bir elektronu var. Həmin ion faqosit xassəli hüceyrələr tərəfindən tutulan kənar üzvi maddələrin oksidləşmə prosesində insiator rolunu oynayır. Havada oksigenin miqdarı azaldıqda uyğun olaraq orqanizmdə də azalır. Superoksid O₂⁻ ionunun əmələ gəlməsi prosesi də azalır, orqanizmin müdafiə funksiyası aşağı düşür, infeksiyanın sürəti artır. Oksigenin havadakı miqdarı (≈21 %) onun ağ ciyərlərə daxil olması üçün lazımı parsial təzyiq yaradır və qan oksigenlə zənginləşir. Havada oksigenin miqdarı azaldıqda (9 %-ə qədər) həyat üçün təhlükə vəziyyəti yaranır.

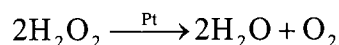
Bəzi xəstəliklərin müalicəsində havada oksigenin miqdarını 40–60 %-ə qədər artırırırlar. CO və turşu qazları ilə zəhərləndikdə müalicə üçün həcmcə 5 % CO₂ olan oksigen qarışığından istifadə edilir. Burada CO₂-nin rolu toxumalarda turş mühit yaratmaq üçündür. Tarixi təkamül nəticəsində orqanizmlər üçün havada oksigenin indiki miqdarı (21 %) optimal olmuşdur. Onun miqdarının yalnız azalması deyil, çox olması da orqanizmlər üçün arzuolunmaz nəticələrə səbəb olur. Ozon, peroksidlər, oksigen və onun törəmələri xarici mühitin ən aqressiv stressorlarındanıdır. İlk baxışda qeyri-adi görünsə də orqanizm üçün ən vacib olan oksigen bütün canlılar üçün toksikdir. Orqanizmlər təkamül prosesində qazandıqları mürəkkəb özünümüdafiə biokimyəvi mexanizmi nəticəsində havada ölmürlər. Yer üzərində oksigenlə daha zəngin olan havada yaşaya biləcək orqanizm yoxdur. İstənilən məməli heyvanın izolə edilmiş canlı hüceyrəsi oksigen mühitində ölür. Laboratoriya şəraitində siçanlar təmiz oksigen mühitində iki həftədən artıq yaşamamışlar. Anaerob orqanizmlər havadakından az oksigen olan şəraitdə məhv olurlar. Bütün bunlarda təəccüblü heç nə yoxdur. Hər şey müəyyən miqdarından, dozadan asılıdır. Dərmanların və vitaminlərin qəbulu, günəşin radiasiyası, şəkərli maddələrin və kalorili qıdanın qəbulu və idmanla məşğul olmaq normadan artıq olduqda müalicəvi təsir əvəzinə öldürücü təsir göstərir. Əksinə çox güclü zəhərli maddələrin bəzilərinin az miqdarının müalicəvi təsiri olur.

Allotropik şəkildəyişmələri. Sərbəst halda oksigenin iki allotropik şəkildəyişməsi var. Bunlar adi oksigen yaxud dioksidgen O₂ və ozon yaxud trioksidgen O₃-dür. Ozonun molekulunun quruluşunu və xassələrini bir qədər sonra nəzərdən keçirəcəyik.

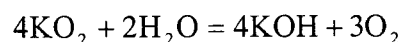
Alınması. Sənayedə oksigen havanın fraksiyalı kondensləşməsindən və distilləsindən alınır. Sənayedə suyun elektrolizindən də oksigen alınır. Bu prosesdə əsas məhsul hidrogen hesab edilir, təmiz hidrogen almaq üçün tətbiq edilir. Elektrolit 30 %-li KOH məhluludur. Katod dəmirdən, anod nikeləndən hazırlanır. Katodla anod arasında azbest diafraqma qoyulur. Elektrodalarda aşağıdakı reaksiyalar gedir:



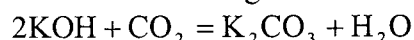
Laboratoriyada oksigen istehsalatdan gətirilən polad balondan alınır, yaxud nikel elektrodları olan U şəkilli elektrolizərdə KOH məhlulunu elektrolizə uğadırlar. Bu məqsədlə H₂O₂-ni parçalamaq əlverişlidir. Üzəri platin qarası ilə örtülmüş platin folqadan H₂O₂-ni parçalamaq üçün katalizator kimi istifadə edilir:



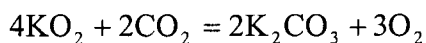
Perspektivdə bu reaksiyadan kosmik gəmilərdə ekipajı oksigenlə təmin etmək üçün istifadə etmək olar. Hesablamaya görə bir kosmonavtın bir sutkalıq oksigenə və suya olan tələbatını 2 kq 95 %-li hidrogen-peroksid məhlulu ödəyir. Maraqlıdır ki, H₂O₂-nin parçalanması ekzotermik prosesdir (800 kkal/kq). Kosmik gəmidə həmin istilikdən də istifadə etmək olar. Bu məqsədlə çox əlverişli oksigen mənbələrindən biri kalium-superoksiddir:



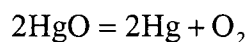
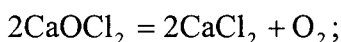
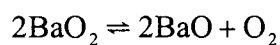
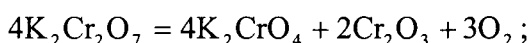
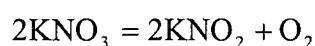
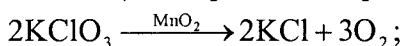
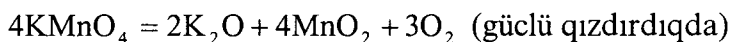
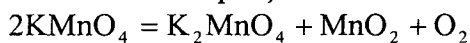
Tənəffüs prosesində ayrılan karbon-dioksid əmələ gələn kalium-hidroksid tərəfindən udulur:



Bu reaksiyaların yekun tənliyi belədir:



Vaxtilə «Vostok» və «Vosxod» kosmik gəmilərində və peyklərində oksigen mənbəyi kimi KO_2 -dən istifadə edilmişdir. Qapalı şəraitdə, sualtı qayıqlarda və kosmik gəmilərdə bərk oksigen mənbəyindən istifadə edilir. 80 % NaClO_3 , 10 % Fe (toz halında), 4 % BaO_2 və 6 % şüşə lifindən ibarət olan qarışıq slindr formasında preslənir. Belə oksigen şamını yandırdıqda tənəffüs üçün yararlı təmiz oksigen (240 l/kq) ayrılır. Laboratoriyada oksigeni aşağıdakı maddələrin termiki parçalanmasından da almaq olur:



Fiziki xassələri. Oksigen rəngsiz, iysiz və dadsız qazdır. Suda az həll olur, 0 °C-də 100 həcm suda 5 həcm oksigen həll olur. Lakin bu azota nisbətən çoxdur. Ona görə də suda həll olan havada həcmcə 36 % oksigen var. Normal şəraitdə sıxlığı 1,42897 q/l-dir. 760 mm civə sütunu təzyiqdə, -182,9 °C-də kondensləşir, maye hala keçir. Maye oksigenin sıxlığı 1,13 q/sm³-dir. -218,7 °C-də donur, bərk hala keçir. Maye və bərk oksigen açıq-göy rənglidir.

Kimyəvi xassələri. O_2 molekulunun quruluşunu valent rəbitəsinə aid olan təsəvvürlərlə izah etmək mümkün deyil. Maye oksigen paramaqnit xassəlidir. Bunun səbəbi O_2 molekulunda qoşalaşmamış elektronların olmasıdır. Qoşalaşmayan elektronların spinləri eynidir. Bəzi

dərs vəsaitlərində O_2 molekulunun elektron formulunu $\dot{\text{O}}-\text{O}$ formasında yazırlar bu doğru deyil. Ona görə ki, əgər oksigen atomları arasında birqat rəbitə olsa idi onun atomlara dissosiasiya enerjisi 210 kC/mol olardı. Lakin O_2 molekulunun atomlara dissosiasiya enerjisi 494 kC/mol-a bərabərdir. O_2 molekulunun elektron formulunu $:\text{O}:::\text{O}:$ yaxud

$:\ddot{\text{O}}\equiv\ddot{\text{O}}:$ formasında yazmaq qəbul olunmuşdur. Burada üçelektronlu rəbitə, rəbitə əmələ gətirə bilməyən orbitaldakı elektronlardan biri ilə rəbitə əmələ gətirə bilən orbitaldakı elektronlardan ikisinin arasındakı rəbitəni göstərir. İkinci formuldakı tək elektronlar rəbitə əmələ gətirə bilməyən orbitaldakı elektronları göstərir. Oyanmış vəziyyətdə O_2 molekulları

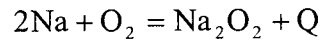
diamaqnit xassəli olur. Onun vəziyyəti $:\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}:$ quruluş formuluna uyğun gəlir. O_2 molekulunun elektron quruluşu molekulyar orbitallar metoduna əsasən ali məktəblərdə kvant kimyası kursunda ətraflı surətdə nəzərdən keçirilir.

Oksigen kimyəvi fəallığı ilə fərqlənir. He, Ne və Ar-dan başqa bütün elementlərlə birləşmə əmələ gətirir. Oksigen atomu kimyəvi birləşmələrdə elektron birləşdirir və effektiv mənfəi yük qazanır. Yalnız flüorla birləşmələrində elektron oksigendən flüora tərəf cəzb olunur (OF_2).

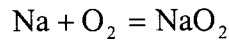
Bəsit maddələrdən yalnız Au, Pt, Xe və Kr-la bilavasitə birləşmir. Digər elementlərin əmələ gətirdikləri bəsit maddələrin hamısı ilə adi şəraitdə, yaxud qızdırdıqda həmçinin katalizator iştirakı ilə reaksiyaya girir. Halogenlərlə elektrik boşalmasının yaxud ultrabənövşəyi şüaların təsiri ilə reaksiyaya girir. Oksigen flüordan başqa bütün bəsit maddələrlə qarşılıqlı təsirdə reduksiyaedici olur.

Oksigen mənfəi yüklü dörd tip birləşmə əmələ gətirir. Bunlar oksidlər O^{2-} , peroksidlər O_2^{2-} ($-\text{O}-\text{O}-$), superoksidlər O_2^- və ozonidlərdir O_3^- . Dioksigenil O_2^+ birləşmələri də alınmışdır. Bunlardan başqa neytral O_2 molekulu Fe, Co, Mn, Cu metallarının kompleksləri ilə birləşir. İstiqanlı heyvanlarda və insanlarda oksigen daşıyıcısı olan hemoqlobin həmin birləşmələrdəndir. O_2 molekulundan oksid ionunun O^{2-} əmələ gəlməsi endotermik prosesdir: molekulyar oksigenin atoma çevrilməsi enerji sərf edilməsi ilə baş verir (59,2 kkal/mol): $\frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{qaz})} \rightarrow \dot{\text{O}}_{(\text{qaz})}$, oksigen atomuna bir elektron birləşdirilməsi

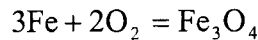
ekzotermik prosesdir (11 kkal/mol): $\dot{O}_{(qaz)} + e^- = O_{(qaz)}^-$, oksigenə ikinci elektronun birləşməsi endotermik prosesdir (168 kkal/mol). Bunların cəmi +216,2 kkal/mol edir. Deməli, proses endotermikdir: $\Delta H = +216,2$ kkal/mol. Lakin buna baxmayaraq tərkibində oksid ionu O^{2-} olan çoxlu sayda birləşmələr məlumdur. O^{2-} ionunun əmələ gəlməsi üçün yuxarıdakı proseslərdən əlavə ekzotermik proses də baş verməlidir. Həmin proses əks yüklü ionlar birləşərkən, yəni kristal qəfəs əmələ gələrkən enerji ayrılmasıdır. Məsələn, Ca^{2+} və O^{2-} ionları kristalda birləşərkən kation və anionlar arasındakı Kulon qüvvələrinin enerjisi yuxarıda qeyd etdiyimiz endotermik prosesi ödəyir. Bir çox maddələrlə oksigen adi şəraitdə fəal surətdə birləşir. Metalların oksigenlə qarşılıqlı təsiri müxtəlifdir. Qələvi və qələvi-torpaq metalları oksigenlə fəal surətdə birləşir. Dəmir qaşığda natriumun kiçik parçasını azbestin üzərinə qoyub (natriumu dəmirdən izolə etmək üçün) havada yandırdıqdan sonra (əvvəlcə natriumun üzərindəki kerosin yanır) oksigenlə dolu olan kolbaya saldıqda gözqamaşdırıcı alovla yanır:



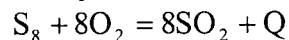
Bu zaman alınan peroksiddə az miqdarda oksid Na_2O qarışığı da olur. Qələvi metalların oksigenlə yanma prosesi yüksək təzyiqdə aparıldıqda superoksid alınır:



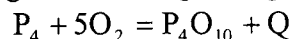
Közərcəyədək qızdırılmış dəmir oksigendə yanır:



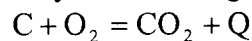
Xüsusi formada hazırlanan dəmir (pirofor dəmir) havada öz-özünə alışıb yanır. Metalların oksigenlə qarşılıqlı təsiri bir sıra amillərdən asılıdır. Bunlara metalın xırdalanma dərəcəsini, onda digər qarışıqların, rütubətin və s. olması və temperaturu göstərmək olar. Kompakt halda götürülən alüminium və xromun adi şəraitdə yalnız səthi oksidləşir. Bu zaman əmələ gələn qoruyucu oksid təbəqəsi metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur. Metalların oksidləşməsində suyun xüsusi rolu var. Belə ki, ən aktiv metallardan olan kalium su buxarından tamamilə təmizlənmiş oksigenlə reaksiyaya girmir. Lakin çox az miqdarda su buxarı olan oksigendə adi şəraitdə yanır. Su buxarı və oksigenin birlikdə təsiri nəticəsində havada metalların çoxu korroziyaya uğrayır. Hər ildə dünyada istehsal olunan metalların 1,5 %-ə qədəri korroziyaya uğrayaraq yararsız hala düşür. II A qrupu elementləri ilə oksigen asanlıqla reaksiyaya girir. Barium havada 20-25 °C-də alovlanır. Berillium və maqnezium 500 °C-dən yüksək temperaturda alovlanır. Bu zaman oksidləşmə məhsulu oksid və peroksidlərdir. İkinci qrupun əlavə yarımqrup metalları Zn, Cd və Hg oksigenlə yüksək temperaturda birləşirlər. Zn və Cd-un səthində möhkəm qoruyucu oksid təbəqəsi əmələ gəlir. Üzəri sinklənmiş dəmir lövhələrdən tikintidə geniş istifadə edilir. Kompakt halda Ti, Zr, Hf oksigenin təsirinə qarşı davamlıdır. W və Mo 400 °C-dən yüksək temperaturda, xrom isə daha yüksək temperaturda oksigenlə birləşir. Oksigen üçün qeyri-metallarla qarşılıqlı təsirdə olmaq xarakterikdir. Dibinə qum yaxud digər izoləedic material tökülmüş oksigenlə dolu olan kolbaya kimya qaşığında yandırılmış kükürdü saldıqda parlaq mavi alovla yanır. Havada isə kükürdün yanması demək olar ki, nəzərə çarpmır:



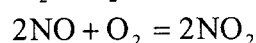
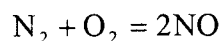
Fosfor havada nisbətən sakit yandığı halda oksigendə gözqamaşdırıcı alovla yanır:



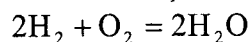
Yandırılan ağac kömürü havada közərdiyi halda oksigendə güclü surətdə közərir:



Oksigen azotla 1200 °C-də reaksiyaya girir. Bu zaman NO əmələ gəlir. O da asanlıqla oksigenlə birləşir:



Oksigenin hidrogenlə reaksiyasından su əmələ gəlir və çoxlu miqdarda istilik ayrılır. Otaq temperaturunda reaksiya gec gedir. Katalizator iştirakı ilə 80-100 °C-də gedir:



Bu reaksiyadan təsirsiz qazları və hidrogeni oksigendən təmizləmək üçün istifadə edilir.

Təbiiqi. Dünya miqyasında bir gündə 100 min tona yaxın oksigen sərf olunur. Çuqun və polad istehsalında domna və marten sobalarında havadan istifadə edilir. Polad istehsalında oksigen konvertorunda təmiz oksigendən istifadə edilir. Azot sanki oksigeni durulaşdırır. Oksigen əvəzinə havadan istifadə etdikdə istiliyin çox hissəsi azotun qızmasına sərf olunur və reaksiya mühitindən aparılır. Ona görə də metallurjiyada bəzi hallarda oksigenlə zənginləşdirilmiş (30 %) havadan istifadə edilir. İstehsal olunan oksigenin təqribən 55 %-i metallurjiyada, 20 %-i isə kimya sənayesində istifadə edilir. Kimya sənayesində, neft-kimya sənayesində, o cümlədən HNO_3 , H_2SO_4 , metanol, asetilen, formaldehid, oksidlər və peroksidlər istehsalında oksigendən istifadə edilir. Avtogen qaynağı qurğularında asetileni oksigendə yandırdıqda 3000°C -yə yaxın istilik alınır. Həmin istilikdən polad əşyaların kəsilib və qaynaq edilməsində istifadə edilir. Ağac ovuntusuna, kömür tozuna və başqa maddələrə hopdurulmuş maye oksigendən partlayış işlərində istifadə edilir. Belə qarışıq oksilikvit adlanır. Maye oksigendən raket yanacağı üçün oksidləşdirici kimi istifadə edilir. Bəzi ürək və ağciyər xəstəliklərində tənəffüs üçün 40-95 % oksigen olan havadan istifadə edilir, dərinin altına oksigen daxil edilir yaxud təzyiq altında oksigen həll olmuş su verirlər. Qaz halında oksigen 15-20 MPa təzyiqdə kiçik (0,4-12 l), yaxud orta həcmli (20-50 l) polad balonlarda saxlanır. Oksigen saxlanan balonun ventilində sürtgü yağları olmamalıdır. Bu partlayış cəhətdən çox təhlükəlidir. Maye oksigen Dyuar qablarında yaxud xüsusi çənlərdə saxlanır. Həmin qabların ağzını kip tıxacla bağlamaq olmaz.

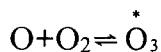
§ 3. Ozon

Ozon oksigenin allotropik şəkildəyişməsidir. Oksigen elementinin ikiatomlu molekulu O_2 dioksigeni (adi oksigeni) üçatomlu molekulu O_3 ozonu (trioxigeni) əmələ gətirir.

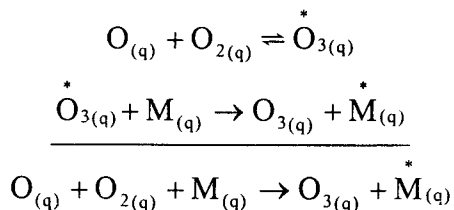
Tarixi məlumat. Ozonu ilk dəfə 1785-ci ildə holland fiziki M. Van-Marum aşkar etmişdir. O, müəyyən etmişdir ki, havadan elektrik qılgıcımı keçirdikdə xarakterik iy əmələ gəlir və bundan sonra hava adi şəraitdə cəvni oksidləşdirir. 1840-cı ildə isveç kimyaçısı X. Şönbeyn həmin şəraitdə əmələ gələn qazı ətraflı surətdə öyrənmişdir və ona ozon adı vermişdir. Ozon sözünün mənası yunanca iylenen deməkdir.

Təbiətdə yayılması və bioloji əhəmiyyəti. Ozon atmosferin yuxarı qatında, ozon təbəqəsi adlanan hissədə olur. Həmin təbəqə yerin səthindən 25-35 km yüksəklikdədir. Ozon təbəqəsinin qalınlığı təqribən 30 km olmasına baxmayaraq, normal atmosfer təzyiqində yerin səthində qalınlığı cəmi 3 mm olan təbəqə əmələ gətirərdi. Yerin səthindən yüksəkliyə qalxdıqca hava seyrəlidir. 10 km yüksəklikdə atmosfer təzyiqi 210 mm cəvə sütunu təzyiqinə bərabər olur. Həmin təzyiqdə su insanın bədən temperaturunda qaynayır. Atmosferin bütün qatlarında oksigenin miqdarı eyni deyil. Yüksəklikdə molekulyar oksigenin miqdarı azalır. Yerin səthindən 120-150 km məsafədə molekulyar oksigen O_2 praktiki olaraq yoxdur, bütün oksigen atomar haldadır. Həmin şəraitdə O_2 molekullarından atomar oksigen əmələ

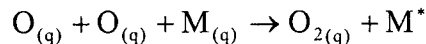
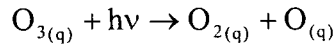
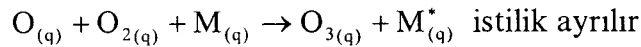
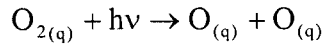
gəlir. Atomar oksigen molekulyar oksigenlə qarşılıqlı təsirdə olur, ozon O_3 əmələ gəlir. O_3 -ün üzərindəki ulduz artıq enerjini göstərir. O və O_2 -dən O_3 molekulu əmələ gəldikdə enerji (150 kC/mol) ayrılır. O_3 -ün molekulu artıq enerjiden azad olmalıdır. Əks halda o parçalanmalıdır. Ona görə də O_3 əmələ gəlməsi dönmən oxla göstərilir:



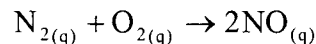
Digər atom yaxud molekullarla toqquşarkən O_3 -dəki artıq enerjinin bir hissəsi həmin hissəciklərə verilir, artıq enerjiden azad olur. Həmin atom və molekulları (bunlar çox halda O_2 və N_2 molekullarıdır) M ilə işarə edək, ozonun əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



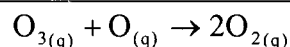
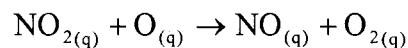
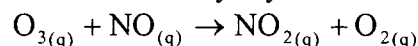
Əmələ gələn ozon uzun müddət mövcud ola bilmir. Ozon günəş şüalarını udur O_2 və O -ya parçalanır. Bu prosesə 105 kC/mol enerji sərf olunur. Ozon molekulları dalğa uzunluğu 200-310 nm arasında olan fotonları udur. Əgər ozon qatı olmasaydı həmin qısdalğalı şüalar (bunlar ultrabənövşəyi şüalardır) yerin səthinə çataardı və canlıları məhv edərdi. Ona görə də yer üzərində həyatın saxlanmasında ozonun bioloji əhəmiyyəti son dərəcə böyükdür. Stratosferdə ozonun əmələ gəlməsi və parçalanması tsiklik prosesdir:



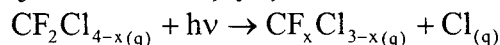
Bu proseslərin nəticəsi günəşin ultrabənövşəyi şüalarının istilik enerjisinə çevrilməsidir. Stratosferdə ozon tsikli onda temperaturun artmasına səbəb olur. Yer səthində yüksəklikdən asılı olaraq atmosferin temperaturu mürəkkəb şəkildə dəyişir. Yüksəklik artdıqca temperatur azalır. 12 km yüksəklikdə 215 K (-60°C) olur. Bundan sonra yüksəklik artdıqca temperatur artır 50 km yüksəklikdə 275 K ($+2^\circ\text{C}$) olur. Sonra yenə də aşağı düşür. Ultrabənövşəyi şüaların ozon təbəqəsindən keçdikdə şüalandırıcı təsiri 10^{30} dəfə azalır. Yer atmosferinin gecə olan hissəsində ozonun miqdarı azalır və səhər günəşi onun normal miqdarını bərpa edir. Bundan başqa ozon təbəqəsi yerin infraqırmızı istilik şüalanmasını 20 %-ə qədər azaldır, onun əlverişli istilik rejimini formalaşdırır. Sənayenin və texnikanın inkişafı ozon təbəqəsinin tarazlığının pozulması təhlükəsini yaratmışdır. Daxiliyanma mühərriklərində kifayət qədər yüksək temperatur yaranır və həmin şəraitdə atmosfer azotu və oksigendən azot-monooksid əmələ gəlir:



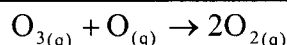
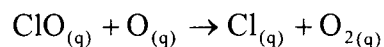
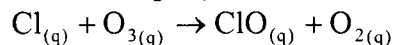
Bu reaksiya endotermikdir, ona görə də temperatur artdıqca NO əmələ gəlməsi sürətlənir. Səsdən sürətli uçan təyyarələrin mühərriklərində NO daha çox əmələ gəlir. NO ozon təbəqəsinin dağılmasında katalizator rolunu oynayır:



Ozon təbəqəsinin dağılmasında ümumi adla freonlar adlanan xlorflüormetanlar da iştirak edirlər. Xlorflüormetanlardan soyuducu qurğularda, məişətdə və digər sahələrdə geniş istifadə edilir. Həmin qazlar atmosferin yerin səthinə yaxın hissəsində canlılar üçün zərərsizdir. Lakin həmin qazlar ozon təbəqəsinə düşdükdə dalğa uzunluğu 190 nm-dən 225 nm-ə qədər olan yüksək enerjili ultrabənövşəyi şüaların təsirindən fotolizə uğrayırlar:



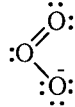
Bu reaksiyada alınan atomar xlor ozonun parçalanmasında katalizator rolunu oynayır:



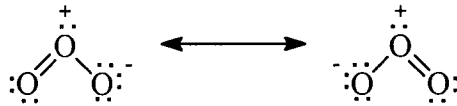
1979-cu ildə Antraktidanın səmasında ozon qatında Şimali Amerikanın ərazisi böyüklükdə sahədə dəşik əmələ gəlmişdir. Ozon dəşiyinin əmələ gəlməsində freonların iştirak etməsi eksperimental olaraq sübut edilmişdir. Ona görə də dünyanın aparıcı dövlətləri 1985-ci ildə ozon təbəqəsinin mühafizə edilməsi və freonların istehsalının qadağan edilməsi haqqında müqavilə bağlamışlar. Artıq 1989-cu ildə Antraktidanın üzərində ozon təbəqəsinin normal vəziyyəti bərpa olunmuşdur.

Molekulunun quruluşu. Ozona oksigenin oksidləşmə dərəcəsi +4 olan birləşməsi kimi baxmaq olar: O_3 ($\overset{+4}{O}O_2$). Ozon molekulu diamagnit xassəlidir (molekulda qoşalaşmamış elektron

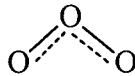
yoxdur). Molekulu bucaq formasındadır ($\angle O-O-O=116,5^\circ$) və polyardır, dipol momentinə malikdir ($\mu=0,52$ D). O_3 molekulunda mərkəzi atomda qoşalaşmamış elektronlardan biri hibridləşir və kənardakı oksigenlərdən biri ilə σ -siqma rabitə əmələ gətirir. Mərkəzi atomdakı qoşalaşmamış ikinci elektron hibridləşməmiş vəziyyətdə σ -siqma rabitəsinə perpendikulyar vəziyyətdə π -pi rabitəsinə əmələ gətirir. Nəhayət mərkəzi oksigen atomunun sp^2 hibrid orbitallarındakı qoşalaşmış elektron cütlərindən biri donor kimi kənardakı oksigenlərdən ikincisi ilə donor-akseptor mexanizmi ilə σ -siqma rabitəsinə əmələ gətirir. Deməli, mərkəzi oksigen atomu ilə kənardakı oksigenlərdən biri ikiqat, digəri birqat rabitə əmələ gətirir:



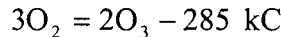
Lakin spektroskopik tədqiqat üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki, mərkəzi oksigen ilə digər oksigenlər arasındakı rabitənin uzunluğu eynidir ($1,26 \text{ \AA}$). Deməli, yuxarıdakı formul ozon molekulunun quruluşunu kifayət qədər əks etdirmir. Ona görə də ozon molekulunun quruluşunu rezonans üsulu ilə göstərmək qəbul olunmuşdur. Bu üsula əsasən birqat və ikiqat rabitələr bir-birinə əks vəziyyətdə yerləşirlər:



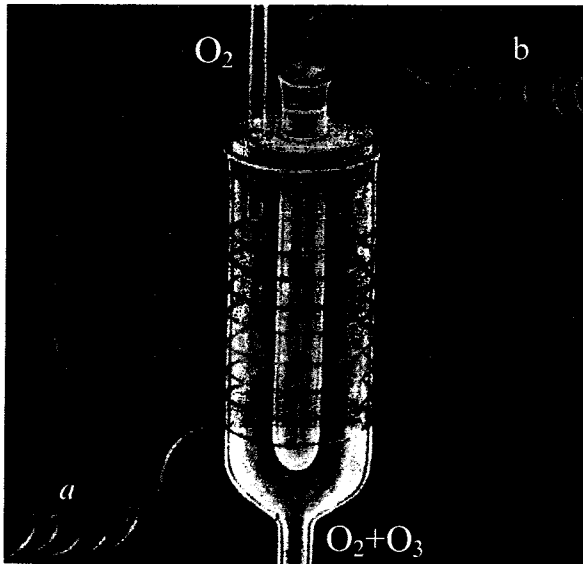
Bu formullardan heç biri ozon molekulunda elektronların vəziyyətini real olaraq əks etdirmir. O_3 molekulunun həqiqi quruluşu bu formulların aralıq vəziyyətidir:



Alınması. Ozon ozonator adlanan cihazda alınır. Həmin cihazın iş prinsipi sabit elektrik boşalması təsirindən O_2 -nin O_3 -ə çevrilməsinə əsaslanmışdır:

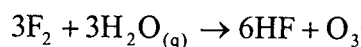


Elektrik boşalması şəraitindən keçən oksigenin hamısını ozona çevirmək olmaz. Ozonatorlardan çıxan oksigendə 10 %-ə qədər ozon olur.



Şəkil XIV-1. Ozonator. a) və b) elektrodlarına yüksək gərginlik verilir. Bu zaman daxili və xarici şüşə qablar arasındakı sahədə sakit elektrik boşalması adlanan (yəni işıqlanma və qığılcım olmadan) cərəyan meydana gəlir. Oksigen elektrik boşalması sahəsindən keçərək qismən (bir neçə %) ozona çevrilir.

Ozon bəzi kimyəvi reaksiyalarda az çıxımla əmələ gəlir. Bunlara misal olaraq flüorun su ilə reaksiyasını göstərmək olar:

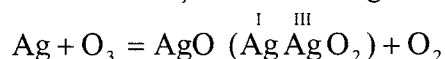


Perxlorat turşusunun $HClO_4$ qatı məhlulunun elektrolizində anodda oksigenlə bərabər ozon da ayrılır.

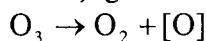
Fiziki xassələri. Ozon kəskin iyli, göy rəngli qazdır. $-111,9 \text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır, oksigen isə

-182,9 °C-də qaynayır. Bunların arasındakı fərq böyükdür. Ona görə də soyutduqda əvvəlcə ozon maye hala keçir və onu oksigendən ayırmaq olur. Lakin təmiz ozonu saxlamaq çətindir, bunun üçün aşağı temperatur tələb olunur. O₃ molekulları davamsızdır, istilik ayrılmaqla öz-özünə oksigenə çevrilir. Ozon çox az miqdarda üzvi maddələrlə və kükürlə təmasda olduqda, ani müddətdə partlayış baş verir. Əksinə nitrat turşusu onu stabiləşdirir. Təmiz metal və bəzi plastik kütlədən hazırlanan qabda ozonu -78 °C-də saxlamaq olur. Maye ozon tutqun-göy, bərk halda isə qara rənglidir. Çox zəhərli və partlayıcıdır. 0 °C-də 100 həcm suda 49 həcm ozon həll olur. Ozonun havada çox az miqdarı toksik deyil. Havada həcmcə 1:100000000 nisbətində ozon olduqda iyi hiss edilir. Onun miqdarı 1:1000000 nisbətində çatdıqda qıcıqlandırıcı təsir göstərir, baş ağrısı və yorğunluq baş verir. Qapalı şəraitdə ozonun havada yol verilən miqdarı 0,1 mq/m³-dir. Havada ozonun miqdarı yol verilən həddən çox olduqda ağ ciyərlər və görmə orqanları zədələnir, orqanizmin qocalması sürətlənir. Bunlara səbəb ozonun insiatorluğu ilə gedən sərbəst radikallı zəncirvari reaksiyalardır. Böyük sənaye şəhərlərinin atmosferində fotokimyəvi proseslər nəticəsində ozon əmələ gəlir. Fotokimyəvi smog nəticəsində 1972-ci ildə Tokioda yüzə yaxın insan xəstəxanaya düşmüşdür, otuz minə yaxın isə poliklinikaya müraciət etmişdir. Ozonun havada yol verilən həddən artıq miqdarı insanların tənəffüs yollarını ciddi surətdə xəstələndirmişdir.

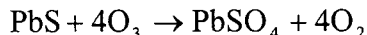
Kimyəvi xassələri. Ozon qüvvətli oksidləşdiricidir, oksidləşdirici xassəsi oksigendən dəfələrlə yüksəkdir. Au, Pt və Ir-dan başqa bütün metalları oksidləşdirir. Qızdırdıqda belə oksigen gümüşü oksidləşdirmir. Lakin adi şəraitdə ozon gümüşü oksidləşdirir:



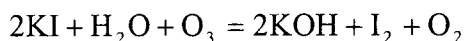
Bəzi dərs vəsaitlərində gümüşün ozonla reaksiyasında Ag₂O əmələ gəlməsi göstərilir. Bu doğru deyil. Ozonun oksidləşdirici təsirini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



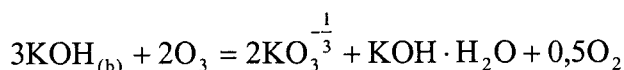
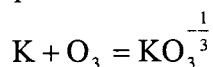
Oksigen atomu [O] ayrılan anda oksidləşmə reaksiyasına daxil olur:



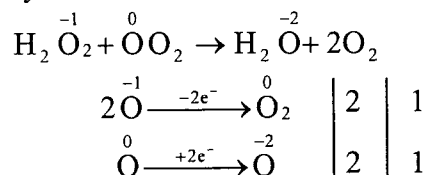
Ozonun xarakterik reaksiyalarından biri KI məhlulundan molekulyar yod çıxarmasıdır:



Ayrılan yodu təyin etmək üçün kalium-yodid məhluluna nişasta əlavə edilir. İşləyən ozonatorlardan qazaparan boru vasitəsilə kalium-yodid məhluluna ozonlaşmış oksigen verdikdə göy rəng alınır. Qaz qarışığının verilməsini davam etdirdikdə məhlul qaralır. Bunun səbəbi çoxlu miqdarda yod ayrılmasıdır. Ozon fəal metallarla yaxud metalların hidrokksidləri ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq ozonidlər əmələ gətirir:



Ozon hidrogen-peroksidi parçalayır:

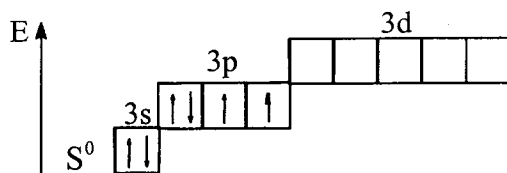


Ozon alkenlərlə qarşılıqlı təsirdə olur, ozonoliz prosesində onlardakı ikiqat rabitə qırılır. Bu zaman ozonidlər adlanan üzvi birləşmələr əmələ gəlir.

Tətbiqi. Ozonun tətbiqi qüvvətli oksidləşdirici və sterilizəedici təsirinə əsaslanmışdır. Ozon yalnız bakteriyaları deyil, göbələk əmələgətiricilərini və virusları da məhv edir. Soyuducu anbarların havasını ozonla dezinfeksiya edirlər. İçməli və çirkab sularının dezinfeksiyasında və kimyəvi sintezlərdə ozondan istifadə edilir. Ozonla yanma prosesi oksigendə yanmaya nisbətən sürətlə gedir və yüksək temperatur alınır. Ona görə də reaktiv texnikada ozondan istifadə edilməsi maraqlıdır.

§ 4. Kükürd

Kükürd bəşəriyyətə çox qədimdən məlumdur. Dövri sistem cədvəlinin VI qrupunun əsas yarımqrupunda yerləşir. Atom nömrəsi 16-dır. Nisbi atom kütləsi 32,06-dır. Təbii kükürd dörd stabil izotopdan ibarətdir: ^{32}S (95,02 %), ^{33}S (0,75 %), ^{34}S (4,21 %), ^{36}S (0,02 %). Atomun elektron quruluşu belədir: $16\text{S } 2; 8; 6 \ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3d^0$. Xarici energetik səviyyəsində elektronların yerləşməsinə aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



Təbiətdə yayılması. Təbiətdə kükürd sərbəst halda, sulfidlər və sulfatlar şəklində tapılır. Bunlardan başqa daş kömürün, neftin və zülali maddələrin (tükdə, yunda və lələkdə) tərkibində kükürd var. Vacib sulfidlərdən pirit, kükürd kolçedanı, dəmir kolçedanı FeS_2 ; xalkoprit, mis kolçedanı CuFeS_2 ; qalenit qurğuşun parıltısı PbS ; xalkozin, mis parıltısı Cu_2S ; molibdenit, molibden parıltısı MoS_2 ; argentit, gümüş parıltısı Ag_2S ; stibnit, stibium parıltısı, boz stibium filizi Sb_2S_3 ; sfalerit, sink parıltısı ZnS ; kinovar HgS ; realqar As_4S_4 göstərmək olar.

Sulfatları. Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, anhidrit CaSO_4 , kizerit $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, kainit $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, epsomit və ya acı duz $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, barit və ya ağır şpat BaSO_4 ; tselestin SrSO_4 .

Fizioloji təsiri. İnsan üçün çox təmiz kükürd zəhərli deyil. Az miqdarda kükürddən işlətmə dərmanı kimi istifadə etmək olar. Kükürd tozu dərinə aşındırır, kükürdümlü məlhəmlərdən tibbdə istifadə etmək buna əsaslanmışdır.

Fiziki xassələri. Kükürd sarı rəngli bərk kristallik maddədir. Üç allotropik şəkildəyişməsi var: rombik, monoklin və plastik kükürd. Rombik (α kükürd) və monoklin (β kükürd) S_8 molekulundan ibarətdir. Lakin bunlar bir-birindən quruluşlarına görə fərqlənir. $95,6^\circ\text{C}$ -dən yüksək temperaturda rombik kükürd monoklin kükürdə çevrilir. Bir formadan digərinə keçid temperaturdan asılıdır. Temperaturdan asılı olaraq hər iki istiqamətdə baş verən allotropiyanın bu tipi *enantiotrop allotropiyası* adlanır. Kükürd qızdırdıqda əriyir, şəffaf mayeyə çevrilir. Halqavari S_8 molekulu qırılır $\text{S}(\text{S}_6)\text{S}$ zəncirinə çevrilir. Həmin mayenin qızdırılmasını davam etdirdikdə rəngi tutqunlaşır. 200°C -də özlülüyü daha da artır. Zəncirvari molekullar bir-birilə birləşir. Həmin zəncirdə 10^5 kükürd atomu olur. Qızdırmanı yenə də davam etdirdikdə 400°C -də maye durulaşır. Buna səbəb zəncirin qırılmasıdır. Daha qısa zəncirlərə parçalanmasıdır. Ona görə də kükürd mayesinin axıcılığı artır. 444°C -də maye kükürd qaynayır. Kükürd buxarları S_8 , S_6 , S_4 və S_2 molekullarından ibarət olur. Kükürd buxarlarını soyutduqda bərkiyir. Rombik kükürd sarı şəffaf kristallardır. 113°C -də əriyir. Məhluldan kükürd kristallaşdırdıqda alınır. Monoklin kükürd prizmatik quruluşa malikdir. Kəhraba rəngli iynələri xatırladır. 119°C -də əriyir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi rombik kükürdü qızdırdıqda $95,6^\circ\text{C}$ -də monoklin kükürd alınır. Bunlar sıxlıqlarına görə bir-birindən fərqlənilir. Rombik kükürdün (α kükürd) sıxlığı $2,07 \text{ q/sm}^3$, monoklin kükürdün (β kükürd) sıxlığı $1,96 \text{ q/sm}^3$ -dir. $200\text{-}300^\circ\text{C}$ -yə qədər qızdırılmış ərimiş kükürd soyuq suya töküldükdə rezinə oxşar plastik kükürd alınır. Bu zaman ani soyudulduğundan zəncirvari kükürd molekulları halqavari S_8 molekuluna çevrilməyə bir növ «macal tapmırlar». Plastik kükürdü dartdıqda on dəfə uzanır və yenidən yığışır. Bu «qeyri-üzvi kauçuk» çox yaxşı elastik material olardı. Lakin davamlı deyil. Bir neçə gündən sonra kövrək monoklin kükürdə çevrilir. Kükürd suda həll olmur. Benzində, spirtə və digər üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur. xüsusilə karbon-disulfiddə CS_2 yaxşı həll olur. İstiliyi və elektriki çox pis keçirir. Maraqlıdır ki, kükürd suya nisbətən elektriki 60 milyon dəfə pis keçirir. Ona görə də tipik dielektrikdir.

Kimyəvi xassələri. Elektromənfiyi kükürdün elektromənfiyindən az olan elementlərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda oktetə çatmaq üçün çatışmayan 2 elektronu qəbul edərək

§ 5. Hidrogen-sulfid

Təbiətdə yayılması. Hidrogen-sulfid vulkan qazlarında, təbii qazda, buruq sularında və bəzi mineral sularda həll olmuş formada olur. Təbii şəraitdə zülali maddələrin çürüməsi nəticəsində hidrogen-sulfid əmələ gəlir. Sənayedə neft məhsullarının emalında, daş kömürün koklaşdırılmasında və s. proseslərdə də hidrogen-sulfid əmələ gəlir.

Fizioloji təsiri. Hidrogen-sulfid çox zəhərli qazdır. Həcmcə 0,08 % H₂S olan hava ilə tənəffüs etdikdə 5-10 dəqiqədən sonra ölümə səbəb olur. Bunun səbəbi H₂S molekullarının tənəffüs fermenti olan sitoxromun fəaliyyətini pozmasıdır.

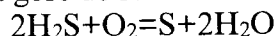
Lakin mineral sularda, həmçinin bəzi limanların və göllərin lilində (müalicə palçıqlarında) az miqdarda hidrogen-sulfid olur və bəzi xəstəliklərin müalicəsində istifadə edilir. İylənmiş yumurtanın çox pis iyinə səbəb, ondakı kükürlə zəngin olan albumin zülalının parçalanması nəticəsində hidrogen-sulfidin əmələ gəlməsidir. Maraqlıdır ki, təzə bişirilmiş yumurtanın xoş iyi də çox az miqdarda hidrogen-sulfidlə əlaqədardır. Yumurtanı bişirdikdə hidrogen-sulfidin əmələ gəlməsinin ikinci əlaməti onun ağı ilə sarısının sərhəddində açıq-yaşıl rəngin əmələ gəlməsidir. Həmin rəng ayrılan hidrogen-sulfidin, yumurtanın sarısında tərkibində dəmir olan zülalla qarşılıqlı təsirindən alınan dəmir-sulfiddir.

Hər hansı maddənin iyi o vaxt olur ki, o burunda olan iybilmə sinirlərinə təsir etsin. Maddənin molekulları hava axını ilə iybilmə sinirlərinin uclarına toxunur. Bunlar 50 milyona yaxındır. İybilmə zamanı sinir sistemi xarici mühitlə bilavasitə əlaqədə olur. İyə malik olan molekullar osmoforlar adlanırlar. Bu isə yunanca iy mənasını verir. İybilmənin mexanizmi hələ tam aydınlaşdırılmayıb.

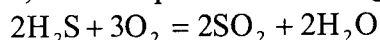
Maddə molekullarının iyə malik olmasının birinci şərti onun uçucu olması, ikinci şərti isə az da olsa suda həll olmasıdır. Əks halda həmin maddə iybilmə sinirlərinin ucunun üstünü örtən selikdə həll olmazdı.

Osmofor (iyə malik olan maddə) iybilmə sinirlərinin ucundakı zülal molekulu ilə qarşılıqlı təsirdə olur, onun formasını dəyişdirir və nəticədə mərkəzi sinir sistemində signal verilir. Molekulunun tərkibinə və quruluşuna görə hidrogen-sulfid suyun analoqu olmasına baxmayaraq, məlum olduğu kimi saf su iysizdir. Ona görə ki, insan rüşeym halından öləne qədər su ona hopmuşdur, o, su mühitində olur.

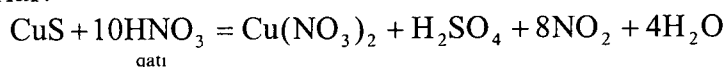
Kimyəvi xassələri. Hidrogen-sulfid reduksiyaedicidir. Otaq temperaturunda oksigenlə asanlıqla qarşılıqlı təsirdə olur. Ona görə də suda məhlulu davamsızdır:



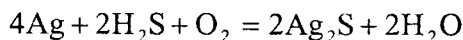
Elə bakteriyalar var ki, onların mövcud olmaları üçün hidrogen-sulfid vacibdir. Onlar H₂S oksidləşdikdə ayrılan enerjiden orqanizmlərini qorumaq üçün istifadə edirlər. Bu zaman H₂S əsasən sərbəst kükürdə qədər, hətta sulfat turşusuna qədər oksidləşir. Tərkibində H₂S olan təbii qaz yataqlarının yaxınlığında kükürd yataqları olur. Hava artıq olduqda hidrogen-sulfid mavi alovla yanır, kükürd qazı və su əmələ gəlir:



Bu reaksiyadan sulfat turşusu istehsalında H₂S-dən SO₂ alınmasında istifadə edilir. Hidrogen-sulfid suda az həll olur, 1 həcm suda 3 həcm H₂S həll olur. Alınan məhlul hidrogen-sulfidli su adlanır və məhlul zəif turşu xassəli olur. Sulfid turşusunun duzları sulfidlər adlanırlar. Qələvi və qələvi-torpaq metallarının və ammoniumun sulfidləri suda həll olurlar. Qalan sulfidlər suda həll olmurlar və müəyyən rəngdə olurlar. HgS, Ag₂S, PbS və CuS qara, SnS və Bi₂S₃ qəhvəyi, Sb₂S₃, Sb₂S₅ narıncı, As₂S₃, As₂S₅, SnS₂, CdS sarı rəngdə olurlar. FeS, NiS və CoS qara, MnS çəhrayı, ZnS ağ rəngdə olur və müvafiq sulfidlərin ammoniyakda məhluluna (NH₄)₂S-in təsirindən alınırlar. FeS, ZnS, MnS oksidləşdirici xassəsi olmayan turşularda həll olurlar. CuS, PbS, HgS oksidləşdirici xassəsi olmayan turşularda həll olmurlar. CdS qatı xlorid turşusunda həll olur. CuS və HgS oksidləşdirici turşularda həll olurlar:

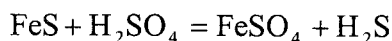


Təyini. İkivalentli qurğuşun duzu hopdurulmuş və qurudulmuş filtr kağızı (qurğuşun kağızı) hidrogen-sulfidin təsirindən qaralır. Bunun səbəbi qonur-qara rəngli PbS-in əmələ gəlməsidir. Gümüş əşyalar havada olan hidrogen-sulfidin təsirindən qaralır:



Əsasını qurğuşun belili $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ təşkil edən ağ boyanın tədricən qaralmasının da səbəbi qurğuşunun əsasi karbonatının sulfidə PbS çevrilməsidir. Ona görə də köhnə rəssamlıq əsərləri və ikonalar zaman keçdikcə parlaqlığını itirir. Onların səthini ehtiyatla hidrogen-peroksid məhlulu ilə işlədikdə şəkil bərpa olunur, qara rəngli PbS oksidləşərək ağ rəngli PbSO_4 -ə çevrilir.

Alınması. Laboratoriyada hidrogen-sulfid Kipp aparatında dəmir 2-sulfidə duru sulfat turşusunun yaxud xlorid turşusunun təsirindən alınır:

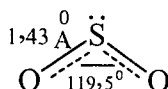


Tətbiqi. Hidrogen-sulfiddən kükürd alınmasında və analitik kimyada reaktiv kimi istifadə edilir.

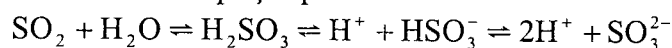
§ 6. Kükürd qazı, yaxud kükürd 4-oksidi

Kükürd qazı (SO_2) kəskin iyli zəhərli qazdır. -10°C -də mayeləşir, -73°C -də bərkirir. Otaq temperaturunda 1 l suda 40 l-ə qədər kükürd qazı həll olur.

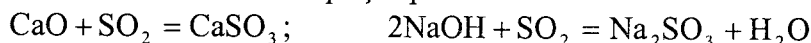
SO_2 -nin molekulunun quruluşu belədir:



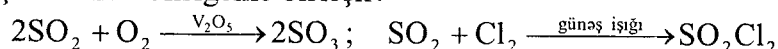
SO_2 molekulunda kükürd atomu sp^2 hibridləşməsi vəziyyətindədir. Suda həll olan kükürd qazının əsas hissəsi hidratlaşmış formadadır. Kükürd qazının suda məhlulunu soyutmaqla klatratlara aid olan $\text{SO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratını almaq olur. Suda həll olan kükürd qazının az hissəsi su ilə aşağıdakı sxem üzrə qarşılıqlı təsirdə olur:



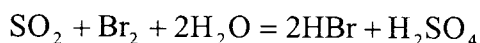
Kükürd qazı əsasi oksidlər və əsaslarla qarşılıqlı təsirdə olur:



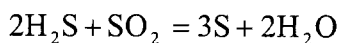
Kükürd qazı həm oksidləşdirici, həm də reduksiyaedici xassə göstərir. $400-600^\circ\text{C}$ -də kükürd qazı katalizator iştirakında oksigenlə birləşir:



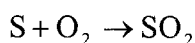
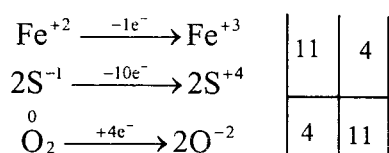
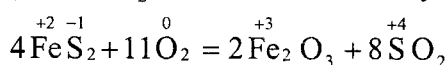
SO_2Cl_2 kəskin iyli rəngsiz mayedir. Asanlıqla hidrolizə uğrayır:



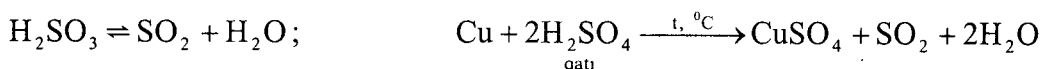
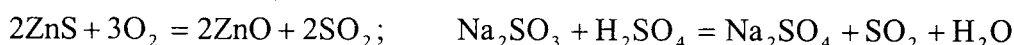
Qüvvətli reduksiyaedicilərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda oksidləşdirici xassə göstərir. Bir silindrə SO_2 digərinə H_2S doldurub sonra onları birləşdirdikdə çöküntü şəklində ağ toz alınır. Həmin toz kükürddür:

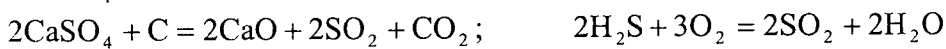
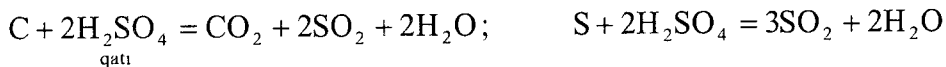


Kükürd qazı sənayedə əsasən piriti FeS_2 və sərbəst kükürdü yandırmaqla alınır:

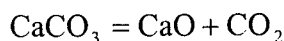


Kükürdü havada yandırdıqda 4 %-ə qədər SO_3 -ə çevrilir. Bunlardan başqa kükürd qazını aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə də almaq olur:

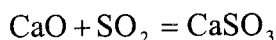




Daş kömürün və neft məhsullarının yandırılması prosesində hava külli miqdarda kükürd qazı ilə çirkləndirilir. Hər il tüstü qazlarında atmosfərə daxil olan kükürd qazının miqdarı dünyada sulfat turşusu istehsalına sərf olunandan çoxdur. Atmosferi kükürd qazı ilə çirkləndirən əsas mənbələrdən biri də əlvan metallurgiya müəssisələridir. Belə ki, mis, sink, qurğuşun və nikel metallarının sulfidlərini yandırdıqda ayrılan kükürd qazının tutulmasının böyük ekoloji əhəmiyyəti var. Kükürd qazını tüstü qazlarından ayırmaq üçün yanma kamerasına əhəng, əhəngdaşı tozu üfürülür. Kalsium-karbonat (əhəngdaşı) sönməmiş əhəng və karbon qazına parçalanır:



Sonra kalsium-oksidi SO_2 ilə kalsium-sulfit əmələ gətirir:

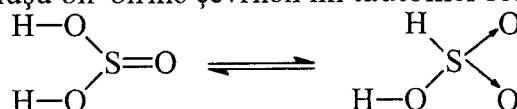


Əmələ gələn kalsium-sulfit və reaksiyaya girməmiş SO_2 skrubberə daxil edilir. Burada CaO (əlavə olaraq verilir) və suyun təsirindən SO_2 kalsium-sulfitə çevrilir və asılıqan şəkildə çökür. Sonra yanma məhsulları tüstü borusuna ötürülür.

Tətbiqi. Kükürd qazından həşəratları və mikroorqanizmləri məhv etmək üçün istifadə edilir. Kükürd qazı füksini və bəzi üzvi boyaları rəngsizləşdirir. Onun bu xassəsinə əsaslanaraq ipəyin, yunun və küləşin ağardılmasında istifadə edilir. Kükürd qazının ağardıcı təsiri atomar oksigenin ağardıcı təsirindən fərqlidir. Belə ki, oksigen əmələ gələn anda rəngli maddəni parçalayır, kükürd qazı isə boyaqla birləşərək davamsız rəngsiz birləşmə əmələ gətirir. Bu yolla rəngsizləşdirilən materialların əvvəlki rəngi yenidən bərpa oluna bilər. Kükürd qazının əsas hissəsi sulfat turşusu istehsalına sərf edilir.

§ 7. Sulfit turşusu

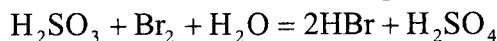
Zəif turşudur, yalnız məhlulda mövcuddur. Qatı məhlulu kükürd qazına və suya parçalanır. Molekulunun quruluşu bir-birinə çevrilən iki tautomer formadadır:



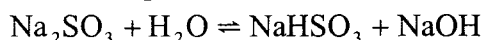
Kükürd qazı kimi reduksiyaedici. Eyni zamanda güclü reduksiyaedicilərin təsirindən reduksiya olunur. Sulfit turşusu məhlulundan hidrogen-sulfid qazını buraxdıqda məhlul bulanır. Buna səbəb sərbəst kükürdün alınmasıdır:



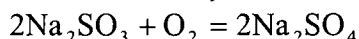
Bromlu suya sulfit turşusu məhlulunu əlavə etdikdə rəngsizləşir:



İkiəsaslı turşu olduğundan sulfitlər Na_2SO_3 , $CaSO_3$, K_2SO_3 və hidrosulfitlər $NaHSO_3$, $Ca(HSO_3)_2$ əmələ gətirir. Hidrosulfitlərə çox vaxt bisulfitlər də deyilir. Hidrosulfitlər suda yaxşı həll olurlar. Sulfitlərdən yalnız qələvi metalların sulfitləri suda həll olurlar. Hidrolizə uğradıqlarından sulfitlərin məhlulları qələvi xassəlidir:



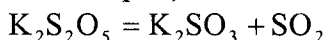
Oksidləşdiricilərin təsirindən sulfitlər sulfatlara çevrilirlər:



Susuz halda sulfitlər havada oksidləşirlər. Buxar qazanlarının korroziyasının qarşısını almaq üçün suya Na_2SO_3 əlavə edilir. Qələvi metalların hidrosulfitlərini qızdırdıqda disulfitlərə çevrilirlər:



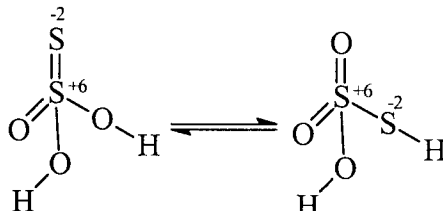
Kalium-disulfit adi temperaturda tədricən parçalanır:



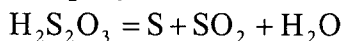
Bu xassəsindən istifadə edərək kalium-disulfiti həblər şəklində üzüm, alma və s. saxlanan rəflərin üzərinə qoyurlar. Kalsium-hidrosulfit $Ca(HSO_3)_2$ oduncaqdan sellülozanın alınmasında istifadə edilir.

§ 8. Tiosulfat turşusu

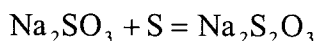
Molekulunun quruluşu aşağıdakı kimidir:



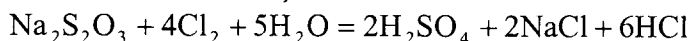
Tiosulfat turşusu qüvvətli, lakin davamsız turşudur. Yağıltəhər mayedir. Otaq temperaturunda aşağıdakı tənlik üzrə parçalanır:



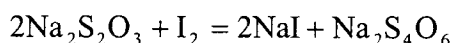
Tiosulfat turşusuna H_2SO_4 molekulunda oksigen atomunun birinin kükürdlə əvəz edilməsi məhsulu kimi baxmaq olar, tiosulfat («tio» yunanca kükürd mənasını verən «teyon» sözündən götürülmüşdür) adı da buradan meydana çıxmışdır. Tiosulfatlardan $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ kristalhidratının praktik əhəmiyyəti daha çoxdur. Onu natrium-sulfit məhlulunu kükürdlə qaynatmaqla alırlar:



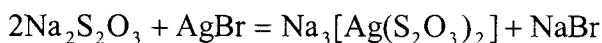
Natrium-tiosulfat qüvvətli reduksiyaedicidir. İlk əleyhiqazlarda xloru zərərsizləşdirmək üçün natrium-tiosulfatdan istifadə edilmişdir:



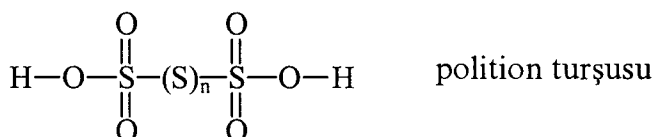
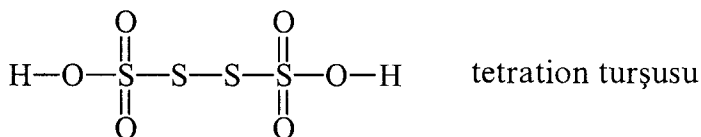
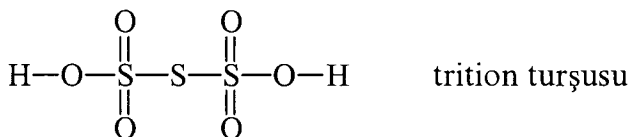
Analitik kimyada yodometriya üsulunda natrium-tiosulfatın yodla reaksiyasından istifadə edilir. Bu zaman tetrionat turşusunun duzu $Na_2S_4O_6$ alınır:



Natrium-tiosulfatdan fotoqrafiyada sərf olunmamış $AgBr$ -i fotokağızdan kənar etmək üçün istifadə edilir. Bunun üçün fotomaterial fiksaj məhluluna (natrium-tiosulfat məhluluna) salınır:

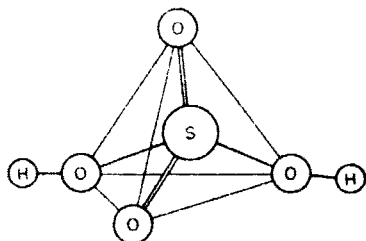


Tiosulfat turşusundan başqa ümumi formulu $H_2(S)_nO_6$ olan polition turşuları məlumdur. Burada n-in qiyməti 6-ya qədərdir. Polition turşularının quruluşu polisulfidlərə oxşardır:



§ 9. Sulfat turşusu

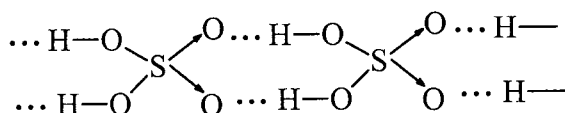
Fiziki və kimyəvi xassələri. Sulfat turşusu ikiəsəli qüvvətli turşudur. H_2SO_4 -də kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +6-ya bərabərdir.



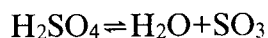
Şəkil XIV-2. Sulfat turşusunun quruluşu.

Susuz sulfat turşusu tutqun rəngli yağlıtəhər, özlü mayedir. Rənginin tutqun olmasının səbəbi ona düşən təsadüfə toz dənəciklərinin və üzvi maddələrin kömürləşməsi nəticəsində əmələ gələn çox kiçik kömür hissəcikləridir. 100 %-li təmiz sulfat turşusunu çox vaxt monohidrat adlandırırlar. Onda sulfat anhidridi ilə suyun ekvimolyar nisbəti bərabərdir ($SO_3 \cdot H_2O$). Əlbəttə, susuz sulfat turşusunda sərbəst su yoxdur. $SO_3 \cdot H_2O$ yazılışı şərtidir. Çox qatı sulfat turşusunu və onun hidratını da texnoloqlar çox vaxt monohidrat adlandırırlar. Təmiz sulfat turşusu rəngsiz mayedir, sıxlığı $1,9203 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Susuz sulfat turşusu soyutduqda asanlıqla bərkiyir, donma temperaturu $10,45 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə bərabərdir. Qışda sulfat turşusunu bir yerdən başqa yerə apardıqda bərkiməsinin qarşısını almaq üçün, turşu olan çənlərin içərisinə ilanvari boru yerləşdirilir və ona qaynar su buxarı vurulur.

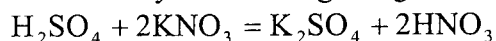
Özlülüyü və yüksək temperaturda ($296,2 \text{ }^\circ\text{C}$) qaynamasının səbəbi H_2SO_4 molekulları arasında hidrogen rabitələrinin olmasıdır:



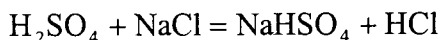
Buxar halında sulfat anhidridinə və suya dissosiasiya edir:



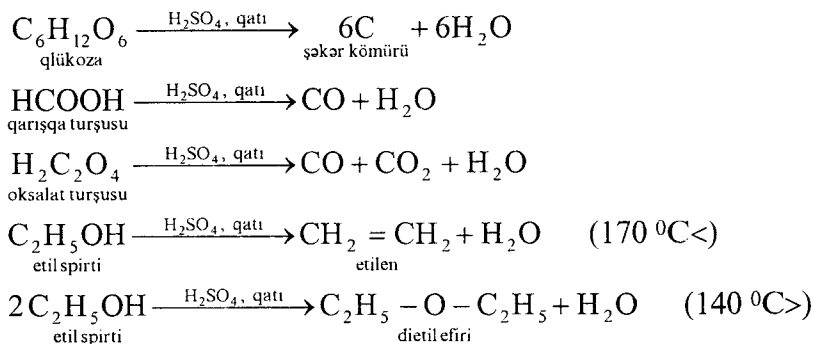
Bu zaman distillə məhsullarında SO_2 və O_2 -də olur. Digər turşularla müqayisədə sulfat turşusunun qaynama temperaturunun yüksək olduğuna görə onları duzlarından çıxarır:



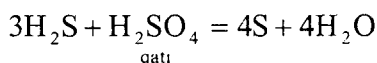
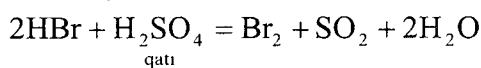
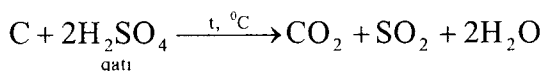
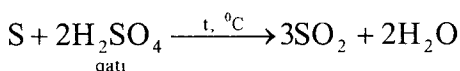
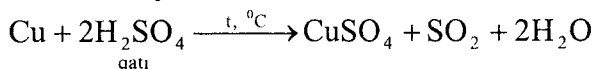
Bu reaksiya $300 \text{ }^\circ\text{C}$ -də gedir. Qaz halında hidrogen-xloridi və hidrogen-flüoridi sulfat turşusu adı şəraitdə çıxarır:



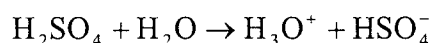
Bunlardan başqa borat və fosfat turşularını duzlarından sulfat turşusu vasitəsilə almaq olur. Sulfat turşusu su ilə istənilən nisbətdə qarışır. Qatı sulfat turşusunu su ilə durulaşdırdıqda diqqətlə qarışdırmaqla turşunu suyun üzərinə tökmək lazımdır. Əksinə olmaz. Ona görə ki, su ilə qatı sulfat turşusunun sıxlıqları bir-birindən demək olar ki, iki dəfə fərqlidir. Onlar bir-birinə gec qarışırlar, turşunun hidratlaşmasından ayrılan istilikdən üst qatda olan su qaynayıb təcrübə aparının əlinə və paltarına düşə bilər. Qatı sulfat turşusu suya çox hərisdir. Onun dehidratasiyaetdirici xassəsi yüksəkdir. H_2SO_4 molekulunun H_2O molekulunu birləşdirməsinin səbəbi kükürd atomunun elektron defisiti ilə izah olunur. H_2SO_4 molekulundakı kükürd atomu H_2O molekulundakı oksigen atomunun kimyəvi rabitəyə sərflənməmiş elektron cütü hesabına onunla birləşir. Bu zaman enerji ayrılır. Sulfat turşusunun bu xassəsindən qazların qurudulmasında istifadə edilir. Qatı sulfat turşusu məhlulundan rütubətli havanı buraxmaqla onu su buxarlarından praktik olaraq təmizləmək olur. Bu yolla H_2SO_4 -lə reaksiyaya girməyən digər qazları da CO_2 , N_2 , HCl və s. qurutmaq olur. Qatı sulfat turşusu kristalhidratları susuzlaşdırır. Göy rəngli $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ kristalhidratını qatı sulfat turşusuna saldıqda rəngsizləşir, suyunu itirir $CuSO_4$ yaxud $Cu(HSO_4)_2$ -yə çevrilir. Qatı sulfat turşusu tərkibində hidroksid $-OH$ qrupu formasında olan üzvi maddələrdən su elementlərini qoparır:



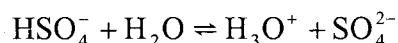
Qaynar qatı sulfat turşusu qüvvətli oksidləşdiricidir. O kükürd qazı, sərbəst kükürd və hidrogen-sulfidə qədər reduksiya olunur:



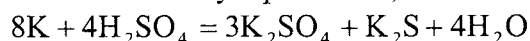
Suda məhlulda sulfat turşusu birinci mərhələ üzrə tamamilə dissosiasiya edir:



İkinci mərhələ üzrə dissosiasiya dərəcəsi 10 % olur:



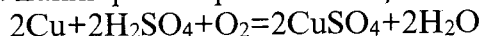
Duru sulfat turşusu metallar, metal oksidləri və karbonatlarla adi qaydada qarşılıqlı təsirdə olur. Onun metallarla reaksiyasını bir qədər ətraflı surətdə nəzərdən keçirək. Natrium və kalium duru sulfat turşusu ilə otaq temperaturunda partlayışla reaksiyaya girir. Lakin soyuqda natrium duru sulfat turşusu ilə reaksiyaya girmədiyi halda $-68 \text{ }^\circ\text{C}$ -də belə kaliumla reaksiyada ayrılan hidrogen alovlanır. Qatı sulfat turşusunun natriumla reaksiyası yavaş gedir. Kaliumla həmin reaksiya çox sürətlə gedir, hətta bəzi hallarda partlayış baş verir. Kükürdün oksidləşmə dərəcəsi +6-dan -2 -yə qədər enir, metal sulfidi alınır:



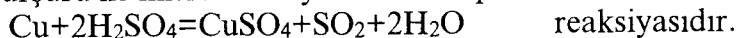
Kalsium və stronsiumla reaksiyada sulfat turşusu kükürd qazına, kükürd və hidrogen-sulfidə qədər reduksiya olunur. Maqneziumun qatı sulfat turşusu ilə reaksiyası otaq temperaturunda öz-özünə dayanır. Qızdırdıqda reaksiya sürətlənir $170 \text{ }^\circ\text{C}$ -də reaksiya məhsulu kükürd qazıdır. Sinkin duru sulfat turşusu ilə reaksiyasından laboratoriyada hidrogen alınır. Qızdırdıqda hidrogenlə yanaşı hidrogen-sulfid də alınır. Xüsusi təcrübə ilə müəyyən edilmişdir ki, hidrogen-sulfid alınan atomar hidrogenin sulfat turşusu ilə reaksiyasından deyil, kimyəvi çevrilmənin ilkin məhsuludur. Sinkin qatı sulfat turşusu ilə reaksiyasında əsas məhsul kükürd qazıdır. Həmin reaksiyada hidrogen-sulfid də alınır. Eyni zamanda məhsulda sərbəst kükürd də alınır. Belə hesab etmək olar ki, kükürd hidrogen-sulfidin qaynar sulfat turşusu ilə reaksiyasından əmələ gəlir. Alüminium bir çox metallardan fərqlənir. Ona görə ki, səthi qoruyucu oksid təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən solda yerləşməsinə baxmayaraq duru sulfat turşusu alüminiuma təsir etmir. Reaksiyanın sürəti metalın təmizliyindən və səthində adsorbsiya olunmuş qazdan asılıdır. Çox kiçik hidrogen qabarcıqları metalın turşu ilə sonrakı reaksiyasının qarşısını alır. Qaz qabarcıqlarını metalın səthindən kənar etdikdə alüminium çox duru sulfat turşusu ilə də reaksiyaya girir. Soyuqda qatı sulfat turşusu alüminiuma təsir etmir. Qızdırdıqda reaksiya sürətlə gedir, kükürd qazı ayrılır. Təmiz dəmir duru ($60 \text{ } \%$ -ə qədər) sulfat turşusu ilə soyuqda və qızdırdıqda reaksiyaya girir. Hər iki halda hidrogen ayrılır. Turşunun qatılığı $60 \text{ } \%$ -dən yüksək olduqda reaksiyanın sürəti kəskin sürətdə

azalır. 92 %-li sulfat turşusu otaq temperaturunda dəmirlə reaksiyaya girir. Bu zaman reaksiyanın sürəti zəif olur, hidrogen və az miqdarda kükürd qazı ayrılır. 210 °C-də hidrogenin miqdarı azalır və sərbəst kükürd də əmələ gəlir. Qaynatdıqda belə susuz sulfat turşusu dəmirlə reaksiyaya girmir. Otaq temperaturunda oleum da dəmirlə reaksiyaya girmir. Karbon və ligirləşdirici elementlərin qarışığı dəmirin sulfat turşusuna qarşı davamlılığını artırır. Ona görə də susuz sulfat turşusunu polad çənlərdə daşımaq və saxlamaq olur.

Sulfat turşusu metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşən metallarla da reaksiyaya girir. Gümüşün qaynar sulfat turşusu ilə reaksiyasından kükürd qazı ayrılır. Alınan gümüş-sulfat həmin şəraitdə yaxşı həll olur. Gümüşün bu xassəsindən istifadə edərək onun qızılla qarışığını sulfat turşusunda həll etməklə qızıldan ayırırlar. Mis duru sulfat turşusu ilə reaksiyaya girmir. Lakin qızdırdıqda və hava iştirak etdikdə reaksiyaya girir:



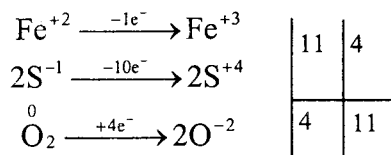
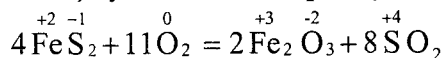
Qatı və qaynar sulfat turşusu ilə misin reaksiyasında əsas proses



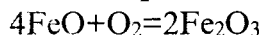
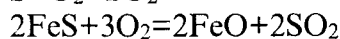
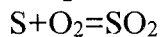
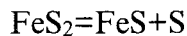
Bu reaksiya ilə paralel: $5\text{Cu} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{CuSO}_4 + \text{Cu}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$ reaksiyası da gedir.

§ 10. Sulfat turşusunun istehsalı

İnsanlar 1000 ildən çox müddətdə sulfat turşusunu istehsal etməyi öyrənmişlər. Əlkimyacılar X əsrdə zəyləri və kuporosları közərtməklə sulfat turşusu almışlar. Qatı sulfat turşusunun kuporos yağı adı da buradan yaranmışdır. XIX əsrdə yeni sənaye sahələri, sintetik boyaq istehsalı və partlayıcı maddələrin istehsalı inkişaf etməyə başlamışdır. Bunlar qatı sulfat turşusuna olan tələbatı artırmışdır. Bundan əvvəl sənaye miqyasında sulfat turşusu nitroz üsulu ilə istehsal edilmişdir. Həmin üsulla 65–78 %-li turşu almaq olurdu. Ona görə də əsas prinsiplər 1831-ci ildə işlənməsinə baxmayaraq kontakt üsulu ilə sulfat turşusu istehsalı dirçəlməyə başlamışdır. Hazırda sulfat turşusunun əsas hissəsi bu üsulla istehsal edilir. Kontakt üsulunu nəzərdən keçirməzdən əvvəl, qeyd etmək lazımdır ki, digər turşuların istehsalında olduğu kimi qüvvətli turşuların təsiri ilə sulfatlardan sulfat turşusunu almaq və buxarlandırmaqla məhluldan ayırmaq olmur. Ona görə ki, sulfat turşusu qüvvətli turşudur, və 300 °C-dən yüksək temperaturda parçalanır. Sənaye üsulları ilə sulfat turşusu istehsalının hamısı kükürd qazının SO₂ alınması, onun sulfat anhidridinə oksidləşdirilməsi və sonuncunun su ilə reaksiyasından H₂SO₄-ün alınmasına əsaslanmışdır. Kontakt üsulunda da belədir. İstehsalın birinci mərhələsində müxtəlif kükürlü birləşmələrdən kükürd qazı alınır. Sənayedə kükürd qazı əsasən üç üsulla alınır. Bunlardan ən geniş yayılanı sulfidli filizlərin yandırılmasıdır. Fırlanan borulu sobalarda yaxud qaynayan qat təbəqəsi prinsipi ilə işləyən sobalarda pirit yandırılır:



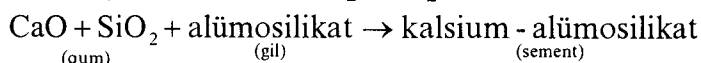
Bu reaksiya əslində bir neçə mərhələdən ibarətdir:



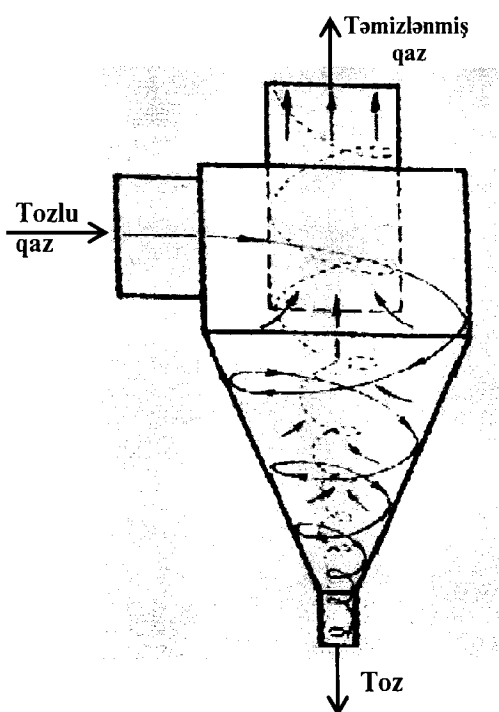
Piritin yandırılması $\underset{\text{(bark)}}{\text{B}} + \underset{\text{(qaz)}}{\text{Q}} = \underset{\text{(bark)}}{\text{B}} + \underset{\text{(qaz)}}{\text{Q}}$ tipli heterogen ekzotermik (3415,7 kC) reaksiyadır.

Reaksiya «qaynayan» qat təbəqəsi prinsipi üzrə yandırılır. «Qaynayan» qatın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, eyni ölçülü bərk maddə hissəciklərinə qaz axını yönəldilir, bu zaman bərk maddə hissəcikləri bir-birindən aralanır qaz molekulları ilə əhatə olunur, təbəqədə sərbəst hərəkət edir. Bu proses qaynayan mayədə damlaların maye qatı ilə əhatə olunmasına oxşadığına görə belə adlandırılmışdır. Diametri 2–3 mm olan xırdalanmış pirit

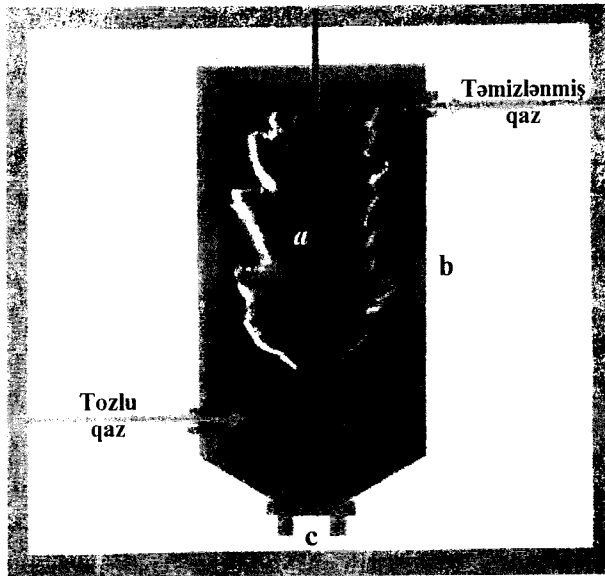
hissəcikləri, pirit yandıran sobada 800 °C-də yandırılır. Piritin yandırılmasında qarşıya çıxan çətinliklərdən biri, alınan kükürd qazının dəmir yanığının Fe₂O₃ katalizatorluğu ilə oksidləşərək az miqdarda sulfat anhidridi əmələ gətirməsidir. Bu proses kükürd qazının təmizlənməsini çətinləşdirir. Piritin yanması prosesində əmələ gələn uçucu arsen birləşmələri oksidləşərək As₂O₃-ə çevrilir. Onun da bir qismi oksidləşir As₂O₅ əmələ gəlir. Sonuncu Fe₂O₃-lə birləşir uçucu olmayan arsenat dəmir yanığının səthində qalır. Adsorbentin (dəmir yanığının) səthi böyük olduqca bu proses sürətlə gedir. Nəticədə kükürd qazı qismən də olsa arsen birləşmələrindən təmizlənir. Piritin yandırılmasından alınan qaz qarışığında 10 %-ə qədər SO₂ olur. Piriti yandırdıqda əmələ gələn dəmir yanığında 50 %-ə qədər dəmir olur. İstehsal olunan sulfat turşusunun 1 tonuna 0,6 ton dəmir yanığı düşür. Bu isə bir ildə milyonlarla tona bərabər olur. Ondan çoxun istehsalında istifadə etmək olardı. Lakin dəmir yanığı bu məqsəd üçün bilavasitə yaramır. Ona görə ki, tərkibində 1 %-ə qədər kükürd olur. Emal etməklə dəmir yanığında kükürdün miqdarını azaltmaq olur. Bu məqsədlə aqlomerasiya prosesi həyata keçirilir: dəmir yanığı yanacaq ilə qarışdırılır və yandırılır. Aqlomerasiyadan əvvəl dəmir yanığından əlvan metallar alınır. Onda 0,75 % mis və hər tonunda 0,6 q qızıl olduqda emal etmək üçün əlverişli olur. Dəmir yanığından mis çatışmayan torflu torpaqlarda gübrə kimi istifadə etmək olur. Ondan sement istehsalında və mineral boyaq alınmasında daha çox istifadə edilir. Sulfat turşusu istehsalında kükürd qazının alınmasının digər mənbəyi gipsin CaSO₄·2H₂O, yaxud anhidritin CaSO₄ reduksiyasıdır. Bu məqsədlə gips yaxud anhidritin qum və gil ilə qarışığı uzunluğu 80 metr diametri 2-3 metr olan fırlanan sobada koks qırıntıları ilə 1400 °C-də qızdırılır. Lazımı temperatur kömür tozunun yandırılması ilə əldə edilir:



Bu reaksiyalarda alınan bərk qalıq üyüdülmür və sement kimi istifadə edilir. İstehsalın ikinci mərhələsi kükürd qazının sulfat anhidridinə oksidləşdirilməsidir. Bundan əvvəl kontakt qurğusuna daxil olan qaz qarışığı tozdan təmizlənməlidir. Əks halda katalizator zəhərlənir. Kükürd qazında arsen 3-oksidi olur. O, da güclü katalitik zəhərdir. Zərərli qarışıqlardan biri də sulfat turşusudur. Həmin turşu soyutduqda kükürd qazında olan SO₃-lə H₂O-nun birləşməsindən əmələ gəlir. Toz hissəcikləri də katalizatorun üzərinə çökür, onun aktivliyini azaldır. Kükürd qazını tozdan təmizləmək üçün siklondan və elektrofiltirdən istifadə edilir. Qaz qarışığı (10 % SO₂, 9-10 % O₂, 80 % N₂) yuxarıdan aşağı spiral üzrə siklona daxil olur. Toz hissəcikləri inersiya yaranması nəticəsində qurğunun divarına çırpılır və aşağı düşür, bunkerdə toplanır.

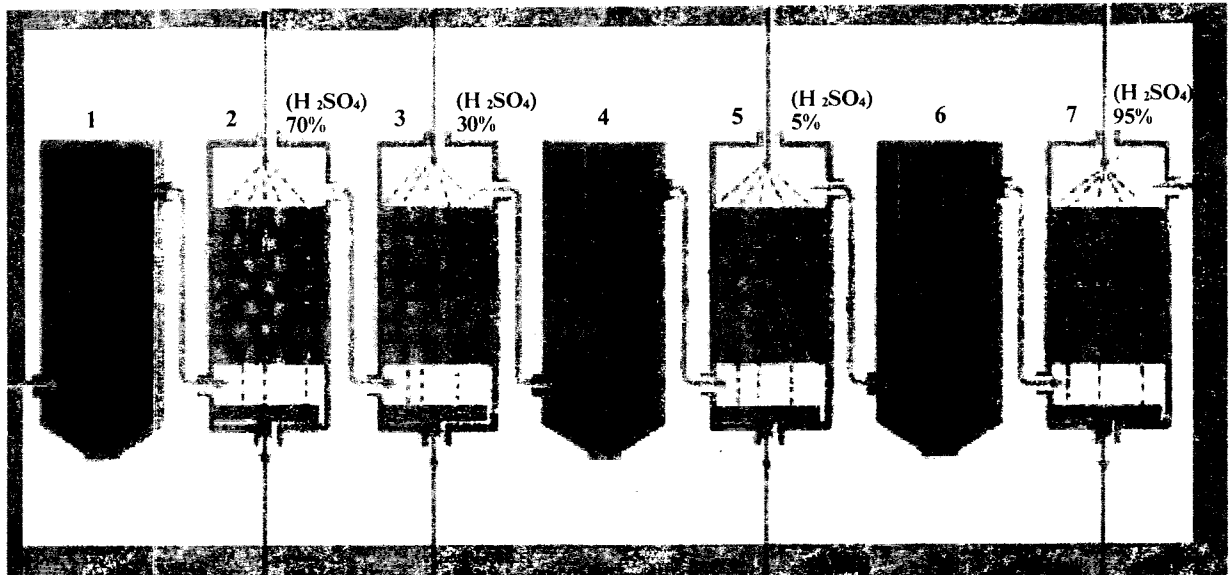


Şəkil XIV-3. Siklon.



Şəkil XIV-4. Elektrofiltrin sxemi.

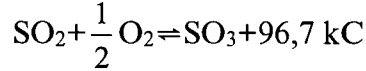
Qaz qarışığının tozdan tamamilə təmizlənməsi elektrofiltrdə başa çatdırılır. Tozlu qaz qarışığı elektrofiltrə daxil olur. Sabit cərəyan mənbəyi naqıldən hazırlanan mənfı (a) elektrodda metal borudan ibarət olan divar arasında 60 min volta yaxın gərginlik yaradır. Naqilin (a) ətrafında qazın ionlaşması nəticəsində xarakterik parıltı – «tac» yaranır. Toz hissəcikləri ionlarla qarşılaşır və mənfı yüklənirlər. Mənfı yüklü toz hissəcikləri müsbət yüklü qabın divarı tərəfindən cəzb olunur. Beləliklə, tozdan təmizlənir.



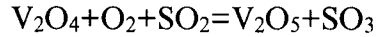
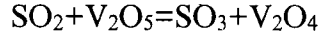
Şəkil XIV-5. Piritin yanmasından alınan sulfat anhidridinin təmizlənməsinin sxemi.

Şəkil XIV-5-də ardıcıl elektrofiltirlər (1, 4, 6) və qüllələr (2, 3, 5, 7) göstərilmişdir. Pirit yandırılan sobadan çıxan qaz qarışığı siklonda toz hissəciklərindən qismən təmizləndikdən sonra şəkildə göstərilən elektrofiltirlər və yuyucu qüllələrə daxil olur. Elektrofiltirlərin işləmə prinsipi yuxarıda qeyd etdiyimiz kimidir. Elektrofiltirlərdə tozu kənar etmək üçün qaz halından bərk hala keçirilməlidir. Bunun üçün qaz qarışığı soyudulmalıdır. Birinci yuyucu qüllədə (2) 75 °C-yə qədər soyudulur. Burada 0 70 %-li sulfat turşusu ilə əks-axın prinsipi üzrə qarşılıqlı təsirdə olur. İkinci yuyucu qüllədə (3) 30 %-li sulfat turşusu ilə «suvarılır» və 30 °C-yə qədər soyuyur. Yuyucu qüllələrdə SO_3 və H_2O -dan qaz fazasında çox kiçik damlalar, duman halında sulfat turşusu əmələ gəlir. Duman halında sulfat turşusu və arsen 3-oksidi yuyucu qüllələrdə qismən, elektrofiltirlərdə (4) As_2O_3 və (6) H_2SO_4 tamamilə tutulur. Elektrofiltrə (6) daxil olmazdan əvvəl qaz qarışığı rütubətləndirici qüllədən (5) keçir. Rütubətləndirmə nəticəsində çox kiçik H_2SO_4 hissəcikləri birləşir qismən iri hissəciklər formasına düşür və elektrofiltrdə (6) tamamilə tutulur. Nəhayət, 94-97 %-li sulfat turşusu ilə suvarılan quruducu qüllədə (7) qaz qarışığı qurudulur. Bundan sonra

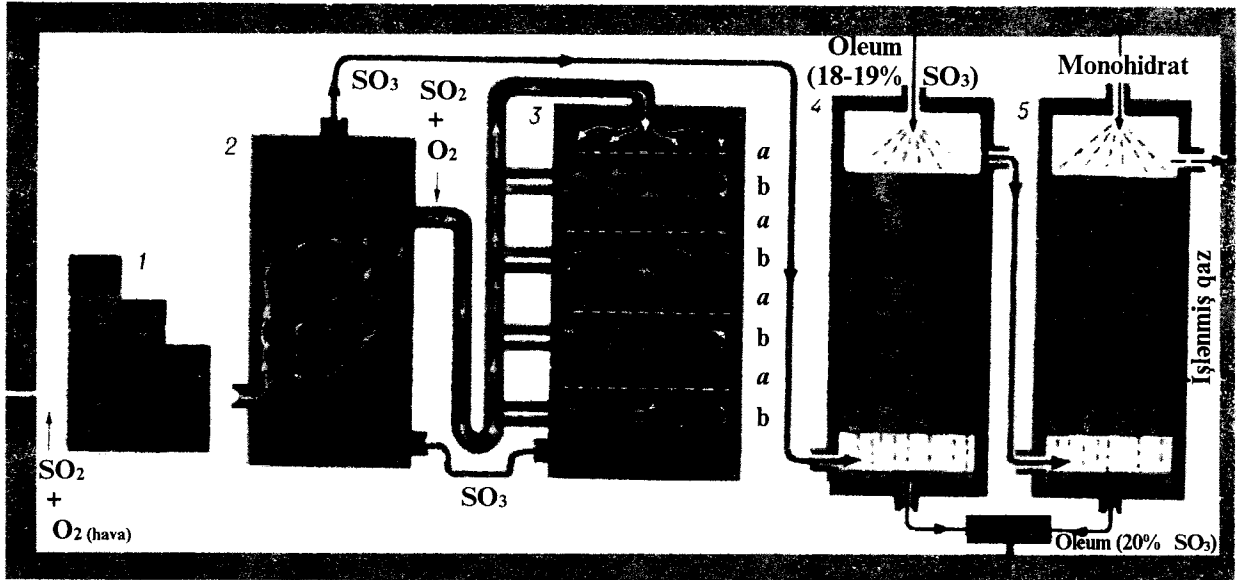
təmizlənmiş kükürd qazı oksidləşdirilmək üçün kontakt aparatına daxil edilir. Kontakt aparatında (3) kükürd qazı sulfat anhidridinə oksidləşdirilir. Bu məqsədlə əsasını vanadium 5-oksid təşkil edən vanadium katalizatorundan istifadə edilir. Katalizatoru çox vaxt «kontakt» adlandırırlar. Kontakt üsulu adı da buradan yaranmışdır. Fəallığını artırmaq üçün vanadium katalizatoruna az miqdarda SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , CaO , BaO əlavə edilir. Bunlar promotor maddələr adlanırlar. Təmizlənmiş kükürd qazının hava ilə qarışığı istilikdəyişdiricidə 440°C -yə qədər qızdırılır və kontakt aparatına birinci katalizator layına daxil olur. Burada kükürd qazının 70 %-i SO_3 -ə çevrilir:



V_2O_5 -in katalitik təsirini aşağıdakı tənliklərlə ifadə etmək olar:



Reaksiyanın istiliyi hesabına qaz qarışığı 600°C -yə qədər qızır. Yüksək temperaturda tarazlıq sola yönəlir, alınan sulfat anhidridi parçalanmağa başlayır. Bunun qarşısını almaq üçün kontakt aparatında katalizator layları arasında (a) istilikdəyişdiricilər (b) yerləşdirilir (şəkil XIV-6). İstilikdəyişdiricilərdə kontakt aparatına daxil olan SO_2 qızdırılır. Bir neçə layda yerləşən katalizator təbəqələrində praktik olaraq SO_2 -nin hamısı SO_3 -ə çevrilir. Qaz qarışığı kontakt aparatından yenidən istilikdəyişdiriciyə (2) qaytarılır. Burada qaz qarışığının temperaturu 80°C -yə qədər aşağı düşür. Əsasını sulfat anhidridi təşkil edən qaz qarışığı istilikdəyişdiricidən (2) absorberə daxil olur.



Şəkil XIV-6. Kontakt üsulu ilə sulfat turşusunun istehsalının sxemi.

Burada SO_3 oleum (H_2SO_4 -də 18-19 % SO_3) tərəfindən tutulur. Sonra «monohidrat» adlanan 98 %-li H_2SO_4 tərəfindən (5)-ci absorberdə tutulur. Bu qatılıqda sulfat turşusunda SO_3 yaxşı həll olur. Alınan oleumu su ilə durulaşdırmaqla istənilən qatılıqlı turşu məhlulu almaq olur.

Digər üsullarla (xüsusilə nitroz üsulu ilə) müqayisədə kontakt üsulu ilə sulfat turşusunun istehsalının üstünlüklərinə (qatı turşunun alınması) baxmayaraq, xammal kimi piritdən istifadə etdikdə onun təmizlənməsi prosesində qarşıya çətinliklər çıxır. Koks–kimya zavodlarında kifayət qədər təmiz hidrogen-sulfid alınır. Onu da hava ilə qarışdıraraq kükürd qazı alırlar. Sonra kükürd qazı kontakt üsulu ilə sulfat turşusuna emal edilir. Ona görə də digər xammal növlərinə nisbətən pirit ucuz olmasına baxmayaraq, sulfat turşusu istehsalında tədricən məhdudlaşdırılır. Sərbəst kükürdü yandırmaqla alınan kükürd qazını selen birləşmələrindən diqqətlə təmizləmək lazımdır. Selen birləşmələri kükürd qazını sulfat anhidridinə oksidləşdirən katalizatorlar üçün çox güclü zəhərdir.

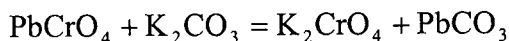
Biogen mənşəli (bakteriyalar və digər orqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində əmələ gələn) kükürddə selen olmur. Vulkan mənşəli kükürddə isə selen qarışığı olur. Sulfat turşusu istehsalında texnoloji proses yüksək dərəcədə təkmilləşdirilsə belə, tutulmayan qaz

qarışığında SO₂, SO₃, H₂SO₄ buxarları olur. Bunlar isə ətraf mühitə öldürücü təsir göstərir. Bunun qarşısını almaq üçün tutulmayan qaz qarışığı soda Na₂CO₃ məhlulu ilə suvarılan qülləyə verilir. Bu prosesi bir neçə dəfə təkrar etməklə SO₂ tutulur və geniş tətbiq sahəsi olan natrium-hidrosulfit alınır.

§ 11. Xrom

Xrom dövrü sistemin VI qrupun əlavə yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi 24-dür. Nisbi atom kütləsi 51,996-dır.

Kəşfi tarixi. Xromu 1797-ci ildə fransız alimi L.Voklen kəşf etmişdir. L.Voklen krokoit mineralına PbCrO₄ kalium-karbonatla təsir etməklə sarı rəngli duz ayırmışdır:

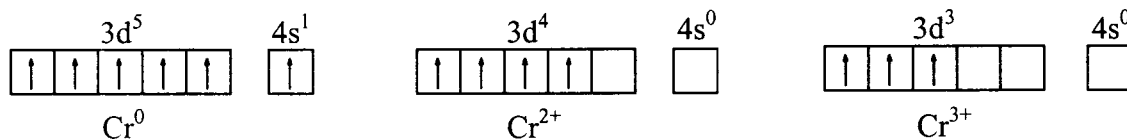


O, kalium-xromatı (K₂CrO₄) xlorid turşusu ilə qızdırmaqla yaşıl CrCl₃ məhlulu almışdır. Sonrakı təcrübələrdə L.Voklen aldığı Cr₂O₃-ü kömürlə güclü qızdırmaqla həmin dövrə qədər məlum olmayan metal almışdır. Yeni elementi xrom adlandırmışdır. «Xrom» sözü yunanca rəng, boyaq deməkdir. Bu isə xrom birləşmələrinin müxtəlif rəngdə olması ilə əlaqədardır. Xrom 1798-ci ildə L.Voklendən asılı olmadan həmin krokoit mineralında alman kimyaçısı M. Klaprot tərəfindən də kəşf edilmişdir.

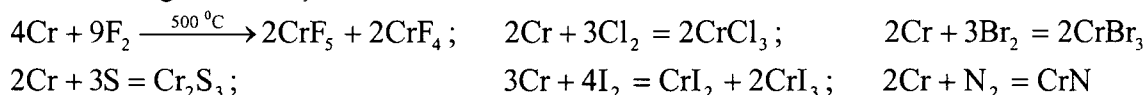
Təbiətdə yayılması. Xrom yer qabığının kütləsinin 8,3–10⁻³ %-ni təşkil edir. Yayılmasına görə 22-ci yeri tutur. 21-ci yeri vanadium, 23-cü yeri isə sink tutur. Xromun mineral-larından qonur-qara rəngli xromit (xromlu dəmir daşı) mineralını FeO·Cr₂O₃ göstərmək olar. Krokoit PbCrO₄ və Ca₃Cr₂(SiO₄)₃, vuarovit xrom minerallarıdır. Şpinellərə aid olan maqnoxromit (Mg, Fe)Cr₂O₄, alümoxromit Fe(Cr, Al)₂O₄ və s. göstərmək olar.

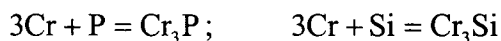
Fiziki xassələri. Xrom mavitəhər-ağ rəngli metaldir. Metalların ən bərkidir. Plastikdir, döyülüb-yastılana bilir. 1903 °C-də əriyir, 2480 °C-də qaynayır. Çox az miqdarda oksigen, azot və karbon qarışığı xromun fiziki xassələrini kəskin surətdə dəyişdirir, o kövrək olur. Belə qarışıqları olmayan xrom almaq çox çətindir. Tərkibindəki qarışıqlar xromun ərimə temperaturunu geniş diapazonda 1513 °C-dən 1920 °C-yə qədər dəyişir. Sıxlığı dəmirin sıxlığından azdır, 7,19 q/sm³-ə bərabərdir. Allotropik şəkildəyişmələri kubik həcmə-mərkəzləşmiş α xrom və kristalları heksaqonal quruluşlu olan β xromdur. β xrom tədricən α xroma çevrilir.

Kimyəvi xassələri. Xrom atomunun elektron quruluşu belədir: ${}_{24}\text{Cr} \ 2; 8; 13; 1 \ 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$. Dördüncü dövrün d elementlərinin sıra nömrələri artdıqca elektronların əlavə olunması qanunauyğunluğuna əsasən xromun üçüncü energetik səviyyəsində 12 elektron olmalıdır. Yəni 3d⁴4s² olmalı idi. Lakin 4s yarım səviyyəsindəki elektronlardan biri 3d yarım səviyyəsinə keçir 3d⁵ olur. Bunun səbəbi Pauli prinsipinə, Hund qaydasına və ən az enerji qaydasına əsasən izah edilir: d orbitalı tamamlandıqda d¹⁰ yaxud yarısı tamamlandıqda d⁵ davamlı olur. Dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyinə əsasən valent elektronları altıdır. Altıncı qrupun əlavə yarımqrupunda yerləşir. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +2, +3 və +6 olur:

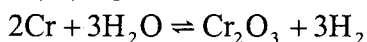


Uyğun olaraq II, III və VI valentli olur. Aşağı temperaturda xrom fəal deyil, yalnız flüorla reaksiyaya girir. 600 °C-dən yüksək temperaturda halogenlərlə, kükürlə, azotla, silisiumla, karbonla və oksigenlə birləşir:

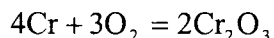




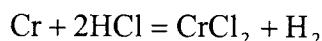
Közərməmiş xrom su buxarı ilə reaksiyaya girir:



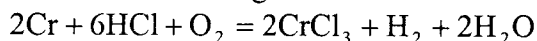
Xromun oksigenlə qarşılıqlı təsiri əvvəlcə sürətlə gedir, sonra isə zəifləyir. Bunun səbəbi metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyan möhkəm oksid təbəqəsinin əmələ gəlməsidir:



Digər metallar da, məsələn, qələvi və qələvi-torpaq metalları havada oksid təbəqəsi əmələ gətirir. Lakin həmin oksid təbəqəsi metalın səthini kifayət qədər örtə bilmir. Oksid təbəqəsində oksid ionunun radiusu metalın radiusundan kiçikdir. Ona görə oksid təbəqəsinin həcmi kiçik olur, metalın səthində çatlar əmələ gəlir. Oksigen həmin çatlara nüfuz edir, oksid təbəqəsi əmələ gəlməkdə davam edir. Xromda isə əksinədir səthdə əmələ gələn oksid təbəqəsi daha sıx olur. Oksid ionun radiusu ($1,35 \text{ \AA}$) metalın atomunun radiusundan ($1,27 \text{ \AA}$) böyükdür. Ona görə də xrom müxtəlif şəraitdə özünü dəmir və sink kimi aktiv metal kimi aparır, elektrokimyəvi gərginlik sırasında onların arasında yerləşir. Adi şəraitdə bütöv xrom metalı qızıl və platin kimi passivdir. Elektrokimyəvi gərginlik sırasında xrom səthinin oksid təbəqəsi təmizlənmiş fəal metal kimi verilib. Aktiv xrom üçün elektrod potensialı Cr/Cr^{3+} sistemində $-0,74 \text{ V}$, Cr/Cr^{2+} sistemində $-0,86 \text{ V}$ -a bərabərdir. Səthi oksid təbəqəsi ilə örtülmüş, passiv xromun $\text{Cr}_{(\text{passiv})}/\text{Cr}^{2+}$ elektrod potensialı $+1,19 \text{ V}$ -a bərabərdir. Deməli, səthinin oksid təbəqəsi təmizlənməmiş xrom duru turşularla reaksiyaya girməyəcək. Oksid təbəqəsini vibrasiya (titrəyiş), ultrasəs və adi təmizləməklə kənar etmək olur. $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ -də oksid təbəqəsi dağılır, sonra oksidləşmə yenə sürətlə davam edir. $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ -də xrom oksigendə yanır, yaşıl rəngli xrom 3-oksidi Cr_2O_3 əmələ gəlir. Xrom xlorid və sulfat turşusunda həll olur, hidrogen ayrılır:

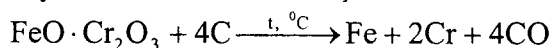


Oksigen iştirak etdikdə xrom 3-xlorid əmələ gəlir:



Xromu duru yaxud qatı nitrat turşusunda bir qədər saxlayıb sonra xlorid yaxud sulfat turşusuna saldıqda hidrogen ayrılır. Bu hadisə passivləşmə adlanır, metalın səthində oksid təbəqəsi əmələ gəlir. İkivalentli xrom birləşmələri qüvvətli reduksiyaedicilərdir: $\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}^{3+} = -0,41 \text{ V}$. Su və oksigen iştirak etdikdə davamsız olurlar. Onların praktik əhəmiyyəti demək olar ki, yoxdur.

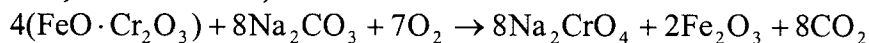
Xromun alınması. Xrom əsasən poladın legirlənməsində tətbiq edilir. Ona görə də xromlu dəmir daşını reduksiya etməklə ferroxrom şəklində alınır:



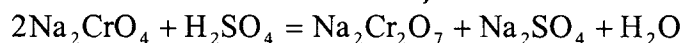
Təmiz xrom xrom 3-oksidi alüminium yaxud silisiumla reduksiya etməklə alınır:



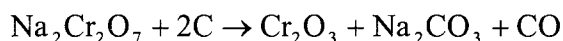
Kalsium-oksidi əlavə edilməsi xromun silikatlarının alınmasının qarşısını alır. Xromu almaq üçün reduksiyaedici kimi karbondan istifadə etdikdə xromdan əlavə onun karbidi də əmələ gəlir. Ona görə də təmiz xrom almaq üçün reduksiyaedici kimi karbondan istifadə etmək olmaz. Təmiz xrom almaq üçün xrom 3-oksidi xromlu dəmir daşından ayırmaq lazımdır. Bunun üçün onu hava iştirakında soda ilə əridirlər:



Alınan natrium-xromat suda həll edilir və sulfat turşusu ilə emal edilir:



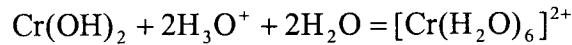
Məhlulu qatılaşdırdıqda natrium-bixromat çöküntü halında ayrılır və sonra kömürlə reduksiya edilir:



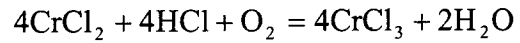
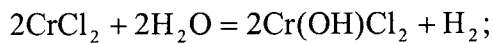
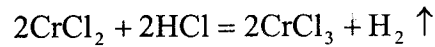
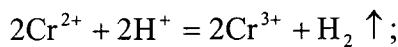
Xrom 2-oksidi CrO . Qara tozdur, havada $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -dən yüksək temperaturda Cr_2O_3 -ə

çevrilir. Xromun amalqamasını (CrHg_3 , yaxud CrHg) oksidləşdirməklə alınır. Əsasi oksiddir. Xlorid turşusunda həll olur CrCl_2 və CrCl_3 əmələ gətirir.

Xrom 2-hidroksid $\text{Cr}(\text{OH})_2$. Sarı çöküntüdür. Oksigensiz şəraitdə ikivalentli xrom duzlarına qələvilərin təsirindən alınır. Kəzərtildikdə Cr_2O_3 -ə çevrilir. $\text{Cr}(\text{OH})_2$ yalnız əsasi xassəlidir, turşularla reaksiyaya girir. Məhlulda Cr^{2+} kationu göy rəngli $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ akvokompleksi formasında olur:



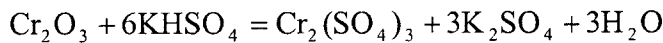
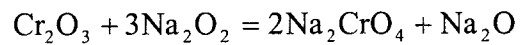
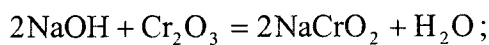
İkivalentli xrom duzlarının kristalhidratları da göy rənglidir: $\text{Cr}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CrBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Cr^{2+} ionu qüvvətli reduksiyaedici:



Xrom 3-oksidi Cr_2O_3 . Xrom 3-oksidi yaşıl rəngli tozdur. Çətin əriyəndir (2265 °C). Bərkliyi korundun bərkliyi ilə müqayisə edilə bilər. Laboratoriyada CrO_3 və $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ni qızdırmaqla alınır:

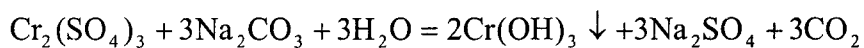
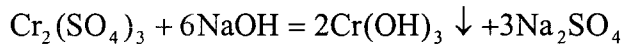


Axırıncı reaksiya istilik ayrılması ilə gedir. Ondan kimya laboratoriyasında süni vulkan püskürməsi almaq üçün əyləncəli təcrübə kimi istifadə edilir. Narıncı rəngli $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ topasına közərmiş şüşə çubuqla toxunduqda qılgıncım – od püskürməsi alınan yaşıl Cr_2O_3 topası vulkan dağına bənzəyir. Xrom 3-oksidi amfoter oksiddir, onu qələvilər, Na_2O_2 və KHSO_4 -lə əritdikdə, uyğun duzlar alınır:

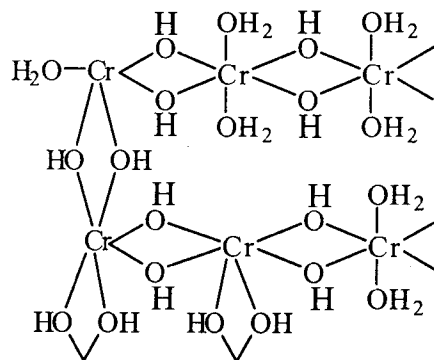


Göründüyü kimi qələvi ilə reaksiyada xrom duzun anionun, KHSO_4 -lə reaksiyada isə kationun tərkibində olur, üçüncü reaksiyada isə oksidləşmə-reduksiya baş verir. Amorf Cr_2O_3 turşu və qələvilərdə asan həll olur. Xrom 3-oksiddən rəssamlıqda yaşıl piqment kimi və rəngli farfor və şüşə alınmasında istifadə edilir. Kristal Cr_2O_3 -dən cilalayıcı vasitələr hazırlanır. Xrom 3-oksidi Fe_2O_3 -lə bərk məhlulu süni yaqut adlanır. Xrom 3-oksidi çox az miqdarı bəzi qiymətli daşları qırmızı rəngə boyayır.

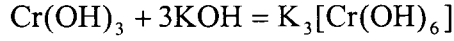
Xrom 3-hidroksid $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Üçvalentli xrom duzu məhluluna qələvi məhlulu, yaxud qələvi metalların karbonatlarının məhlulu ilə təsir etdikdə xrom 3-hidroksid solğun-yaşıl rəngli həlməşikvari çöküntü şəklində alınır:



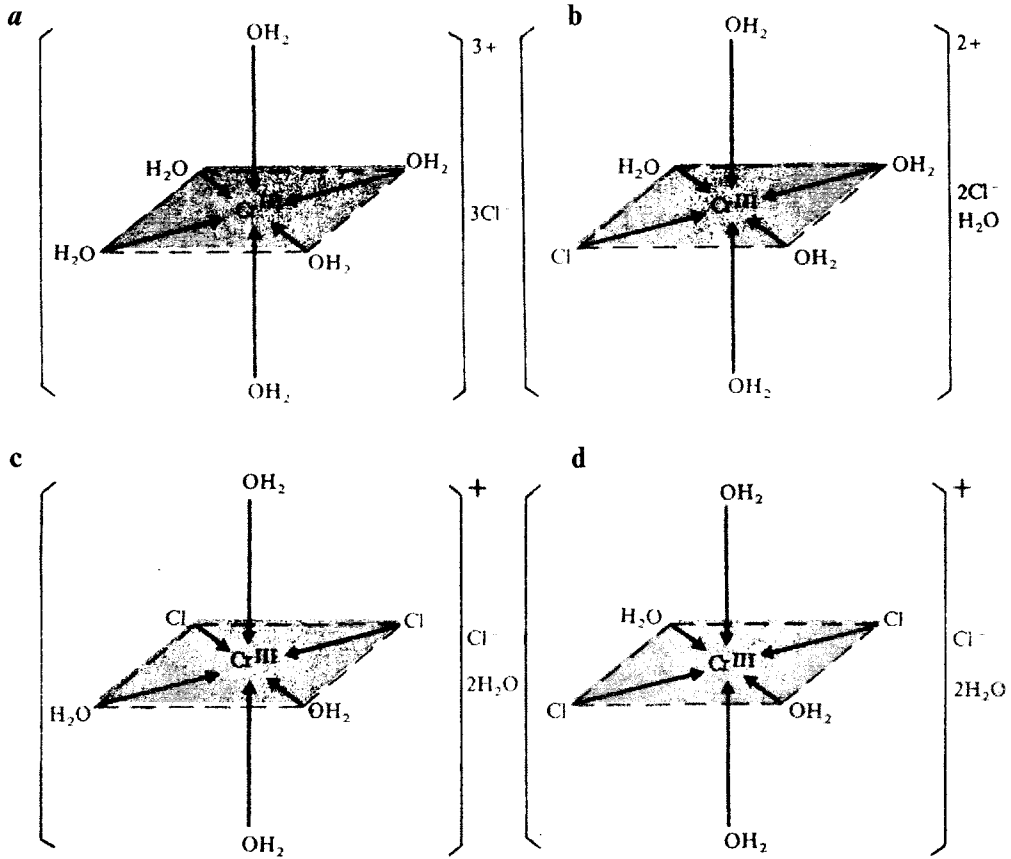
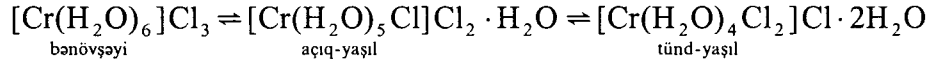
Xrom 3-hidroksidi formulu $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ şəklində yazmaq daha doğrudur. O, dəyişkən tərkibli, $n=1$ -dən 9-a qədər olan hidrokksidlər alınmışdır. Layvari quruluşa malik olan polimerdir. Laylar arasında körpücük rolunu $-\text{OH}$ qrupları oynayır:



Xrom 3-hidroksid uzun müddət qaldıqda və qızdırdıqda aktivliyini itirir. Bunun səbəbi Cr – OH – Cr rabitələrinin Cr – O – Cr rabitələri ilə əvəz olunmasıdır. Təzə alınmış xrom 3-hidroksid amfoter hidroksiddir, turşularda və qələvilərdə həll olur:



Xrom 3-hidroksidin qələvilərlə reaksiyasında qələvinin miqdarından asılı olaraq $\text{Me}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$, $\text{Me}_2[\text{Cr}(\text{OH})_5]$, $\text{Me}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$, $\text{Me}_4[\text{Cr}(\text{OH})_7]$, $\text{Me}_5[\text{Cr}(\text{OH})_8]$ hidrokxi-xromitlər əmələ gəlir. Suda məhluldan müxtəlif kristallaşma suyu ilə ayrılırlar. Kompleks birləşmələr əmələ gətirməyə daha çox meyillidirlər. Temperaturdan, qatılıqdan və turşuluqdan asılı olaraq üçvalentli xrom duzlarının rəngləri bənövşəyidən yaşıla qədər dəyişir:

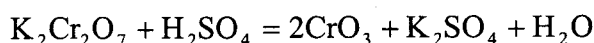
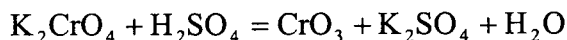


Şəkil XIV-7. Kompleksin $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ müxtəlif izomer quruluşları.

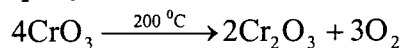
Göründüyü kimi bunlar izomerlərdir, quruluşlarından asılı olaraq müxtəlif rənglidirlər. Üçvalentli xrom duzlarından $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ xrom zəylərinin tərkibində də olurlar. Xrom zəyləri

ikiqat duzlardır. Onlar Me_2SO_4 və $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ məhlullarının qarşılıqlı təsirindən əmələ gəlirlər. Rentgenoqrafik analiz üsulu ilə xrom zəylərinin quruluşunun $[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_6][\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{SO}_4)_2$ şəklində olması müəyyən edilmişdir. Burada litium-sulfat istisna təşkil edir. O, zəylərin tərkibinə daxil olmur. Litium ionunun radiusu çox kiçikdir. O, zəyin quruluşunun sabitliyini pozur. Kalium xrom zəyindən $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ dərinin, gönün aşılmasında keyfiyyətli gön-dəri materialının alınmasında istifadə edilir. «Xrom çəkmə» sözü buradan yaranmışdır.

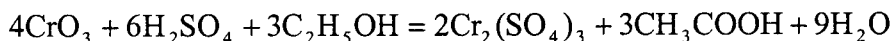
Xrom 6-oksit (xromat anhidridi) CrO_3 . Tünd qırmızı kristallardan ibarətdir. Xromat və bixromat duzlarının qatı məhluluna qatı sulfat turşusu ilə təsir etməklə alınır:



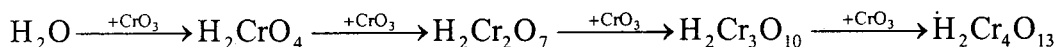
Qızdırdıqda oksigen ayrılmaqla parçalanır:



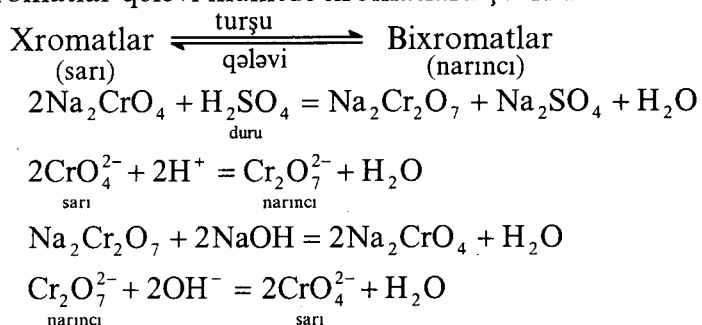
Xromat anhidridi çox qüvvətli oksidləşdiricidir. Onun etil spirti ilə reaksiyasından nəfəsvərmə yolu ilə xaric olan havada alkoqolun olduğu aşkar edilir. Daxili divarında CrO_3 və H_2SO_4 qarışığı olan qırmızı rəngli boruya nəfəs verdikdə yaşıl rəng əmələ gəlir:



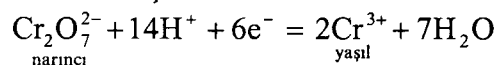
Xromat anhidridi suda yaxşı həll olur $H_2Cr_nO_{3n+1}$ ($n=1, 2, 4$) tərkibli xromat turşuları əmələ gətirir. CrO_3 -ün miqdarı çox olduqda məhlul qatı olur:



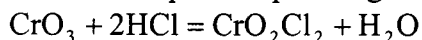
Xromat və bixromatlar. Xromat turşusunun H_2CrO_4 duzları xromatlar, bixromat turşusunun $H_2Cr_2O_7$ duzları bixromatlar adlanırlar. Xromat turşusu və onun duzları sarı rəngli, bixromat turşusu və onun duzları isə narıncı rəngli olurlar. Xromatlar turş mühitdə bixromatlara, əksinə bixromatlar qələvi mühitdə xromatlara çevrilirlər:



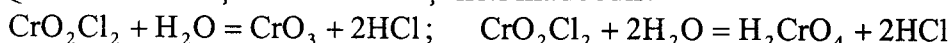
Xromat ionu tetraedirik quruluşa malikdir. Ondan bixromat ionunun əmələ gəlməsi iki hidrogen ionu birləşdirməklə su şəklində bir oksigen ionu O^{2-} itirməklə və onun əvəzində digər xromat ionu birləşdirməklə baş verir. Natrium-bixromat antrasəndən anraxinon istehsalında oksidləşdirici kimi və xrom pigmentləri istehsalında tətbiq edilir. Kalium-bixromatdan jelatinin bərkidilməsində istifadə edilir. Qaranlıqda jelatinə kalium-bixromat hopdurlur, nəticədə o işığa həssas olur. İşıqda belə jelatin bərkiyir və suda həll olmur. Onun reproduksiya texnikasında tətbiqi də buna əsaslanmışdır. Sink və kadmium örtüklərini natrium-bixromat məhluluna saldıqda parlaq-sarı xromat örtüyü alınır. Natrium-bixromatın kristalhidratından dərinin aşılmasında (xrom dəri istehsalında) geniş miqyasda istifadə edilir. Xrom dəridəki zülalla suda həll olmayan birləşmə əmələ gətirir. Xromat və bixromatlar qüvvətli oksidləşdiricilərdir. Onlar I^- , H_2S , SO_2 , Fe^{2+} , və s. reduksiyaediciləri oksidləşdirirlər. Turş mühitdə kalium-bixromat qüvvətli oksidləşdiricidir:



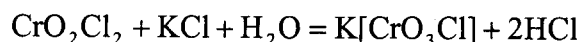
Xromil-xlorid CrO_2Cl_2 . Xromil-xlorid qırmızı qan rəngli mayedir.



Xromil-xlorid işıqda və qızdırdıqda davamsızdır, rütubətli havada hidrolizə uğradığından tüstülənir. Qüvvətli oksidləşdirici və xlorlaşdırıcı maddədir:



Xromil-xlorid kükürdü, fosforu, spirti və kauçuku oksidləşdirir, onları alovlandırır. Onu doymuş kalium-xlorid məhlulu ilə emal etdikdə Peliqo duzu adlanan yaqutu-qırmızı kalium-xromilxromat kristalları alınır:



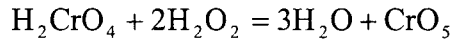
Xromil-xloridi qızdırdıqda əvvəlcə ($180^\circ C$) $(CrO_2)_3Cl_2$, sonra ($300^\circ C$) Cr_5O_9 -a çevrilir.

Xrom qarışığı. Kalium, yaxud natriumun bixromatı ilə sulfat turşusu məhlulu

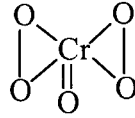
qarışıqdır. Ondan laboratoriyada şüşə qabların yuyulmasında istifadə edilir. Bu məqsədlə çox vaxt kütlə ilə 12 hissə $K_2Cr_2O_7$, 70 hissə su və 22 hissə qatı H_2SO_4 -dən ibarət olan qarışıqdan istifadə edilir.

Xrompik. Natrium-bixromat $Na_2Cr_2O_7$ və kalium-bixromatın $K_2Cr_2O_7$ texniki adıdır.

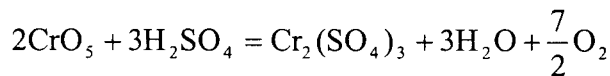
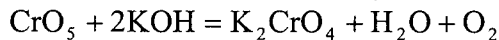
Xrom-peroksid CrO_5 . Xrom-peroksid tünd-göy rəngli, məhlulda mövcud olan birləşmədir. Xromat turşusu ilə hidrogen-peroksidin reaksiyasından alınır:



Quruluşuna əsasən xrom-peroksidin formulunu $CrO(O_2)_2$ kimi yazmaq olar:



Qələvilər və həm də turşularla reaksiyasından oksigen ayrılır:



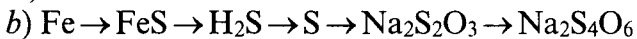
Xromun H_2CrO_6 və H_3CrO_8 tərkibli perturşuları var.

Xrom piqmentləri. Suda həll olmayan xromatların bəziləri keyfiyyətli rəssamlıq boyaqlarıdır. Onlardan sarı kronu (mineral xrom boyası) $PbCrO_4$, $ZnCrO_4$, $SrCrO_4$ və qırmızı qurğuşun-molibden kronu $PbCrO_4$ və $MoCrO_4$ göstərmək olar. Qalay 2-xromatdan farforda açıq-qırmızıdan bənövşəyiyə qədər şəkillər alınmasında istifadə edilir. Bunlardan başqa digər xrom birləşmələrindən aşağıdakı piqmentləri göstərmək olar: xrom qırmızısı – $PbO \cdot PbCrO_4$; xrom yaşılı – xrom sarısı ($PbCrO_4$) və berlin abısının qarışığı; xrom-oksidi yaşılı – Cr_2O_3 ; xrom-oksidinin hidratı – $2Cr_2O_3 \cdot 3H_2O$; Sink sarısı – dəyişkən tərkibli sink-xromatı; Sink yaşılı – sink sarısı+berlin abısı.

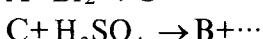
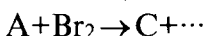
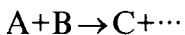
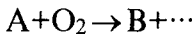
Məsələlər

Məsələ 176. A qazını qatı sulfat turşusu ilə oksidləşdirdikdə bəsit B, mürəkkəb C maddəsi və su əmələ gəlir. A və C maddələrinin məhlulları bir-birilə reaksiyaya girərək B çöküntüsünü əmələ gətirirlər. Maddələri təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 177. Aşağıdakı çevrilmələrin reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 178. A, B və C maddələri aşağıdakı sxemlərlə reaksiyaya girirlər. Onları təyin edin.



qatı

Məsələ 179. SO_3 -ün H_2SO_4 -də 300 q 15 %-li məhlulu alınması üçün tələb olunan kükürdün kütləsini hesablayın.

Məsələ 180. 40 q 12 %-li H_2SO_4 məhluluna 4 q SO_3 əlavə edilmişdir. Alınan məhlulun qatılığını hesablayın.

Məsələ 181. Artıqlaması ilə götürülən dəmirin 100 ml ($\rho = 1,84$ q/ml) 98 %-li sulfat turşusu ilə reaksiyasından nə həcmdə (n. ş.-də) kükürd 4-oksidi alınır?

Məsələ 182. 30 %-li oleum məhlulu almaq üçün 100 q 91 %-li sulfat turşusunda neçə qram

kükürd 6-oksüd həll edilməlidir?

Məsələ 183. 55,56 ml ($\rho=1,8$ q/ml) 91 %-li sulfat turşusunda müəyyən qədər kükürd 6-oksüd həll etdikdə 96,25 %-li turşu məhlulu alınmışdır. Udulan SO_3 -ün kütləsini hesablayın.

Məsələ 184. 1,68 l (n. ş.-də) buteni yandırmaq üçün 5 % ozon olan, ozonlaşmış oksigəndən nə həcmdə lazımdır?

Məsələ 185. Duzun kütlə payını iki dəfə artırmaq üçün 100 ml 8 %-li ($\rho=1,07$ q/ml) natrium-sulfat məhlulunda neçə qram natrium-sulfatın dekahidratı həll edilməlidir.

Məsələ 186. Sulfid turşusunun birinci və ikinci pillə üzrə dissosiasiyasının sabitini yazın. Dissosiasiyanın hansı mərhələsi və nə üçün qüvvətlidir?

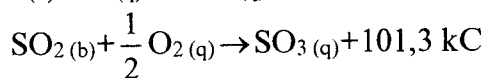
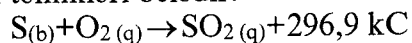
Məsələ 187. Xlorid və sulfid turşuları qarışığının suda məhluluna tədricən natrium-hidroksid əlavə etdikdə məhlulda eyni zamanda hansı maddələr ola bilər? Beş müxtəlif kombinasiya üzrə cavabınızı əsaslandırın.

Məsələ 188. Mis, sink və digər əlvan metalların filizlərini emal etdikdə metallurjiya sobaları qazlarında sulfid anhidridi olur. Həmin qazlar ətraf mühiti çirkləndirir, bitkiləri məhv edir, insanların sağlamlığına mənfi təsir edir. Həmin qazları necə zərərsizləşdirmək və istifadə etmək olar?

Məsələ 189. Təzyiq altında 150 °C-də A duzu məhlulundan B qazı buraxdıqda C metalı və D turşusu alınır. Qızdırdıqda C metalı A turşusunun qatı məhlulunda həll olur, A duzu və B qazı alınır. B qazını katalizator iştirakı ilə oksidləşdirdikdə D turşusunun anhidridinə çevrilir. B qazı və C metalının molyar kütlələri eynidir. Naməlum maddələri adlandırın, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 190. Ammonyak istehsalında azot-hidrogen qarışığının hidrogen-sulfiddən və digər qazlardan təmizlənməsi üsullarından biri etanolamindən istifadə edilməsidir. Hidrogen-sulfidin və karbon qazının etanolaminlə reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 191. Kükürdün kükürd qazına və sonuncunun sulfat anhidridinə oksidləşmə reaksiyalarının termokimyəvi tənlikləri belədir:



Sulfat anhidridinin $\text{S}_{(b)} + \frac{3}{2} \text{O}_{2(q)} \rightarrow \text{SO}_{3(q)}$ tənliyi üzrə əmələgəlmə istiliyini təyin edin.

Məsələ 192. Monoklinik $\text{S}_{(m)}$ və rombik $\text{S}_{(r)}$ kükürdün yanma istilikləri uyğun olaraq +296,83 və 297,21 kC/mol-a bərabərdir. 1 mol monoklinik kükürdün rombik kükürdə çevrilməsinin istilik effektini təyin edin.

Məsələ 193. H_2S , O_2 , H_2O və SO_2 -nin əmələgəlmə istilikləri uyğun olaraq (kC/mol) 21; 0; 286; 297-yə bərabərdir. Bunlara əsasən $\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ reaksiyasının istilik effektini hesablayın.

Məsələ 194. Həcmi 1,5 l olan qapalı qabda (n. ş.-də) hidrogen-sulfid və artıqlaması ilə götürülən oksigen qarışığı var. Qarışığı yandırdıqdan sonra reaksiya məhsulları 49,2 sm³ suda həll edilmişdir. Nəticədə 1,64 %-li turşu məhlulu alınmışdır. İlkin qarışıqda qazların həcmi təyin edin.

Məsələ 195. Cr_5O_{12} tərkibli A maddəsinə qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə yaşıl-qonur çöküntü alınır, barium-xloridlə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir. A maddəsinə təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

XV FƏSİL

V QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. Ümumi xarakteristikaları

V qrupun əsas yarımqrupuna tipik p elementləri azot və fosforla yanaşı böyük dövr elementləri arsen, stibium və vismut daxildir. Onların hamısının xarici energetik səviyyəsində beş elektron var s^2p^3 . s yarım səviyyəsindəki elektronlar qoşalaşmışlar, p yarım səviyyəsindəki elektronlar qoşalaşmamışlar. Həyəcanlanmış hala keçdikdə onlarda xarici s səviyyəsindəki elektronlardan biri d yarım səviyyəsinə keçir qoşalaşmamış vəziyyətdə olur. Nəticədə beşvalentli olurlar. Burada d yarım səviyyəsi olmadığına görə azot istisna təşkil edir.

Azot sərbəst halda qeyri-metaldır. Fosfor, arsen və stibiumun metallik və qeyri-metallik modifikasiyaları var. Bismut metaldır. V A qrupu elementlərinin baş oksidləşmə dərəcə-sində olan hidrokisidləri turşulardır. Bunlarda turşuluq xassəsi azotdan arsenə doğru azalır. Oksidləşmə dərəcəsi +3 olan hidrokisidləri HNO_2 , H_3PO_3 və H_3AsO_3 zəif turşular, $\text{SbO}(\text{OH})$ və $\text{Bi}(\text{OH})_3$ amfoter hidrokisidlərdir.

Hidrogenli birləşmələrinin davamlılığı azotdan vismuta doğru azalır. Ammonyakın NH_3 turşularla reaksiyasından ammonium duzları, fosfin PH_3 isə qüvvətli turşularla birləşərək fosfonium duzları əmələ gətirir. NH_3 , PH_3 , AsH_3 və SbH_3 -də hidrogen atomları fəal metallarla əvəz olunur. Həmin reaksiyaların məhsulları hidridlər, fosfidlər, arsenidlər və stibidlər adlanırlar.

V A qrupu elementlərinin dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyindən asılı olaraq xas-sələrinin dəyişməsinə cədvəl XV-1-dən görmək olar.

Cədvəl XV-1. V A qrupu elementlərinin xassələri

Xassələri	Azot N	Fosfor P	Arsen As	Stibium Sb	Bismut Bi
Elementin sıra nömrəsi	7	15	33	51	83
Nisbi atom kütləsi	14,007	30,974	74,922	121,73	208,980
Yer qabığında miqdarı, %-lə	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Ərimə temperaturu, °C	-210	44,1 (ağ)	817	631	271
Qaynama temperaturu, °C	-196	280 (ağ)	613	1380	1560
Sıxlığı, 20 °C-də q/sm ³	0,96	1,82 (ağ)	5,72	6,680	9,80
Oksidləşmə dərəcəsi					
+5	← Davamlılığı artır				
+3	Davamlılığı artır →				
-3	← Davamlılığı artır				
Metallığı	Qeyri metal →				Metal
Hidrokisidləri	HNO_3 Qüvvətli turşu	H_3PO_4 Orta qüvvətli turşu	H_3AsO_4 Zəif turşu	–	–
	HNO_2	H_3PO_3	H_3AsO_3	$\text{SbO}(\text{OH})$	$\text{Bi}(\text{OH})_3$
	Zəif turşular			Amfoter hidrokisidlər	
Hidrogenli birləşmələri	NH_3 Ammonyak	PH_3 Fosfin	AsH_3 Arsin	SbH_3 Stibin	–

§ 2. Azot

V qrupun əsas yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi 7-dir. Nisbi atom kütləsi 14,0067-yə bərabərdir. Təbii azot ^{14}N (99,635 %) və ^{15}N (0,365 %) izotopundan ibarətdir. Azotu 1772-ci ildə şotland alimi Daniel Rezerford kəşf etmişdir. O, şüşə qalpaq altında tərkibində karbon olan maddəni yandırmış və əmələ gələn karbon qazını qələvi vasitəsilə birləşdikdən sonra yanmaya və tənəffüsə kömək etməyən və havanın tərkibinə daxil olan qaz almışdır. Həmin qazı latınca-yunancanın hibridi olan nitrogenium (şora doğuran) adlandırmışdır. Sonra 1787-ci ildə fransız alimi A.Lavuazye onu azot adlandırmışdır. Yunanca «a» inkar

əlamətidir, «zoe»-həyat deməkdir. Deməli, azot sözünün mənası həyatsız, həyata yardım etməyən deməkdir. Buna baxmayaraq ingilis, italyan və ispan dillərində azotu nitrogenium adlandırırlar.

Təbiətdə yayılması. Azot geniş yayılmış elementlərdəndir. Hidrogendən, helium və oksigenə sonra kosmosda dördüncü yeri tutur. Yerin atmosferinin əsas tərkib hissəsini təşkil edir. Həmcə havanın 78,09 %-ni kütlə ilə 75,6 %-ni təşkil edir. Atmosferdə azotun ümumi kütləsi $4 \cdot 10^{15}$ tona yaxındır. Lakin yer qabığında onun miqdarı azdır, kütlə ilə $1,9 \cdot 10^{-3}$ %-dir. Vulkan qazlarında sərbəst azot, ammoniyak NH_3 və ammonium-xlorid NH_4Cl olur. Neftdə və daş kömüründə azotlu üzvi birləşmələr var. Canlı orqanizmlərdə birləşmələr şəklində 0,3 %-ə yaxın azot olur. Azotun təbii birləşmələrindən sənaye əhəmiyyəti olan sərbəst azot, çili NaNO_3 və hindistan KNO_3 şoralarıdır.

Fiziki xassələri. Fiziki xassələri dedikdə biz kimyəvi element olan azotun deyil, onun əmələ gətirdiyi bəsit maddənin, N_2 molekulundan ibarət azot qazının fiziki xassələrini nəzərdə tuturuq. Sərbəst azot N_2 havadan azca yüngül, rəngsiz, iysiz qazdır. 0°C -də, normal atmosfer təzyiqində (760 mm.c.s.) sıxlığı 1,25 q/l-dir. Normal atmosfer təzyiqində $-195,8^\circ\text{C}$ -də maye hala keçir (qaynayır), -210°C -də bərkiyir (donur). Suda az həll olur (1 m³ suda 23,3 q).

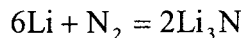
Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir:



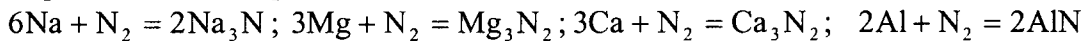
Göründüyü kimi neytral, sərbəst azot atomunun üç qoşalaşmamış elektronu var. N_2

molekulunun quruluşu belədir: $:\text{N}::\text{N}:$ yaxud $\text{N} \equiv \text{N}$ üçqat rabitədən 1-i σ 2-si π rabitə-

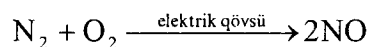
dir. Qoşalaşmamış üç elektronu olduğuna görə azot atomu üç kovalent rabitə əmələ gətirir. Donor-akseptor qarşılıqlı təsiri nəticəsində müsbət və mənfi yüklü ion əmələ gətirir. Elektromənfiliyinə görə azot yalnız flüor və oksigenə geri qalır. Bunlar azotun kimyəvi element kimi xarakteristikasıdır. Bəsit maddə olan azotun digər maddələrlə reaksiyalarını nəzərdən keçirməzdən əvvəl N_2 molekulunun çox davamlı olmasını qeyd etməliyik. Onu atomlara parçalamaq üçün 945 kC/mol enerji sərf edilməlidir. Hətta 3300°C -də min azot molekulularından biri atomlara parçalanır. Ona görə də sərbəst azot adi şəraitdə demək olar ki, təsirsizdir. Digər bəsit yaxud mürəkkəb maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olması üçün birinci növbədə N_2 molekuluları atomlara parçalanmalıdır. Qızdırmaq, şüalandırmaq və katalizator tətbiq etməklə, yaxud digər üsullarla buna nail olunur. Sərbəst azot adi şəraitdə metallardan yalnız litiumla reaksiyaya girir:



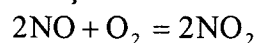
Qızdırdıqda natrium, maqnezium, kalsium, alüminium və s. ilə birləşir:



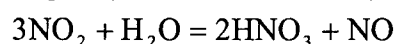
Sərbəst qeyri-metallardan yalnız oksigen, hidrogen, karbon və bromla birləşir. Azotu oksigenlə birləşdirmək üçün elektrik qövsü lazımdır. Bu zaman azotun 5 %-i reaksiyaya girir. İldırım kanalında bəzi hallarda hava 20 min dərəcəyə qədər qızır, boşalmanın gücü 200 milyon kilovata çatır. Həmin şəraitdə azot və oksigen molekuluları atomlara parçalanır. Sonuncular asanlıqla birləşir:



Alınan azot-monooksid asanlıqla oksidləşir:

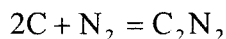


NO_2 yağış suyunda həll olur, oksigen iştirakı ilə nitrat turşusu əmələ gətirir:

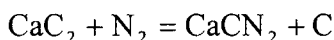


Bu yolla ildə hər hektar torpağa 4 kq-dan 10 kq-a qədər birləşmiş azot daxil olur. Azot

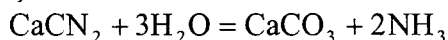
hidrogenlə yüksək temperaturda və təzyiqdə katalizator iştirakı ilə birləşir. Həmin reaksiyanı ammoniyakın alınmasında bir qədər ətraflı nəzərdən keçirəcəyik. Közərmis kömürün üzərindən N_2 -ni keçirdikdə disian qazı alınır:



1000 °C-yə qədər qızdırılmış kalsium-karbid azotla qarşılıqlı təsirdə olur, kalsium-sianamid $Ca = N - C \equiv N$ əmələ gəlir:

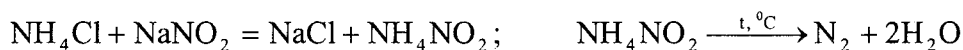


Bu reaksiya sənaye üsulu ilə azotun birləşmiş hala salınması üsullarından biridir. Kalsium-sianamid suyun təsirindən parçalanır:

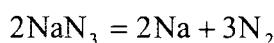


Kalsium-sianamid istehsal edən ilk zavod 1906-cı ildə İtaliyada tikilmişdir. Həmin zavodda ildə 4 min ton kalsium-sianamid istehsal edilmişdir. Sonralar azot və hidrogendən sənaye üsulu ilə ammoniyak istehsalı bu üsulu aradan çıxarmışdır.

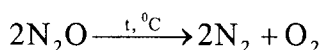
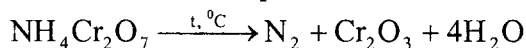
Alınması. Laboratoriyada azot NH_4Cl və $NaNO_2$ məhlullarını qarışdırıb qızdırmaqla alınır:



Bu yolla alınan azotda az miqdarda azot-monooksid NO olur. Təmiz azot natrium-azidin parçalanmasından alınır:



Aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə də azot almaq olur:



Sənayedə azot maye havadan alınır. Mayeləşdirməzdən əvvəl hava tozdan, karbon-dioksiddən, azot və kükürd oksidlərindən təmizlənir. Sonra havanı mayeləşdirən qurğuya verilir. Havanın əsasını azot və oksigen təşkil edir. Bunlar uyğun olaraq $-195,8 \text{ }^\circ C$ (N_2) və $-182,9 \text{ }^\circ C$ -də (O_2) qaynayır. Ona görə də hava $-200 \text{ }^\circ C$ -yə yaxın temperaturda mayeləşir. Belə aşağı temperaturu almaq texniki cəhətdən çox çətindir. Qazları sıxdıqda enerji sərf edilir. Molekulların enerjisi və qazın temperaturu artır. Əksinə qazın həcmi çox qısa vaxtda genişləndikdə enerji sərf edilir və soyuma baş verir. Bu prosesi bir neçə dəfə təkrar etməklə havanı maye hala salmaq olur. Havanı maye hala salmaq üçün müxtəlif qurğulardan istifadə edilir. Onlardan P.L.Kapitsanın hazırladığı trubodetənderin faydalı iş əmsalı daha yüksəkdir. Həmin qurğu aşağı təzyiqdə (6 atm.) havanı maye hala salır. Ətraf mühitdən azca temperatur alan maye hava qaynayır. Ondan əvvəlcə azot ayrılır, qalan hissə oksigenlə zənginləşir. Bu prosesi bir neçə dəfə təkrar etməklə havadan xüsusi rektifikasiya kalonunda azot alınır.

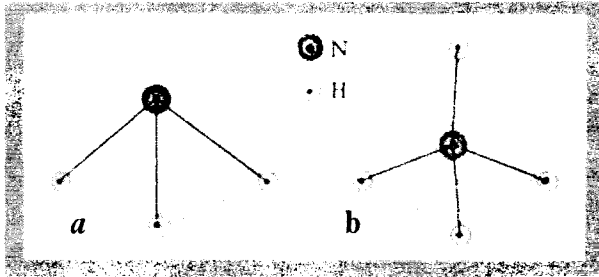
Tətbiqi. Sənayedə istehsal edilən azotun 3/4 hissəsi ammoniyak istehsalına sərf olunur. Sonuncudan nitrat turşusu, azot gübrələri, partlayıcı maddələr, dərman preparatları və s. istehsal edilir. Sərbəst azotdan laboratoriyada bir sıra sintezlərdə, sintetik liflər alınmasında, təmiz metal və xəlitələr istehsalında inert (təsirsiz) mühit yaratmaq üçün istifadə edilir. Qaz halında azot üzərində sarı hərflərlə «Azot» yazılan qara rəngli polad balonlarda təzyiq altında saxlanılır.

§ 3. Hidrogenli birləşmələri. Ammoniyak

Adi şəraitdə rəngsiz, kəskin iyli qazdır. Ammoniyak kimya sənayesinin vacib məhsullarındandır. Təbiətdə ammoniyak azotlu üzvi birləşmələrin parçalanması prosesində əmələ gəlir. «Ammoniyak» termini yunancadan «xals ammoniakon» (ammon duzu) sözündən götürülmüşdür. Qədim dövrdə Liviyada Ammonium vahəsində (səhrada yaşillıq və su olan yer) çıxarılan ammonium-xloridi ammon duzu adlandırmışlar.

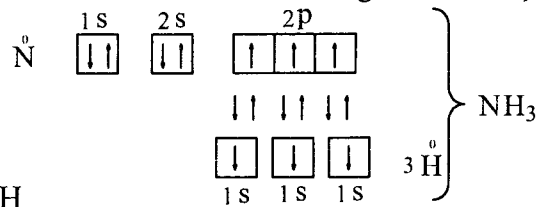
Ammoniyak havadan 1,7 dəfə yüngüldür, sıxlığı $0,771 \text{ q/l}$ -dir. $-33,35 \text{ }^\circ C$ -də rəngsiz

mayeyə çevrilir. Suda yaxşı həll olur (20 °C-də 1 həcm suda 700 həcm ammonyak həll olur). Spirtdə, benzolda və asetonada da həll olur. Ammonyakın suda məhlulu naşatır spirti adlanır. Ammonyak məhlulunun sıxlığı suyun sıxlığından azdır. Məsələn, 24 %-li ammonyak məhlulunun sıxlığı 0,913 q/ℓ-dir. Bunun səbəbi su molekullarına nisbətən ammonyak molekullarının (maye ammonyakda) assosiasiya dərəcəsinin kiçik olmasıdır. (H₂O)_n, (NH₃)_n assosiatlarında suda n-in qiyməti ammonyakdakına nisbətən böyükdür. Ammonyak molekulu piramida formasındadır. Onun əsasını hidrogen atomlarından əmələ gələn üçbucaq təşkil edir. Təpəsində isə azot atomu durur.



Şəkil XV-1. Ammonyak molekulu (a) və ammonium ionunun (b) quruluşu.

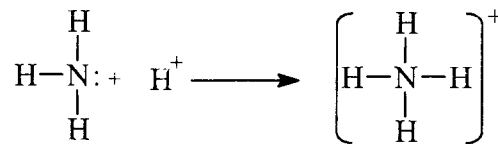
Ammonyak molekulu valent rabitələrinin əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:



Elektron formulu belədir: $\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}:\text{H}$

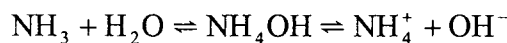
N-H rabitələrinin hər üçü polyardır. Ona görə də ammonyak molekulu bütövlükdə polyardır. Ammonyak molekulu azot atomu yerini elə dəyişir ki, molekulu əsasının altında və üstündə olur «tərsinə fırlanır». Bu proses *quruluş inversiyası* adlanır. Ammonyak molekulu əsasında akademiklər N.Q.Basov və A.M.Proxorov mazer adlanan yeni generator düzəltilmişlər (1955). Ammonyak mazeri vaxtı çox dəqiq ölçə bilən cihaz düzəltməyə imkan verir. Belə çox dəqiq «molekulyar saat» vasitəsilə müəyyən etmişlər ki, hər ildə bir gecə-gündüzün uzunluğu orta hesabla 0,00043 saniyə artır.

Kimyəvi xassələri. Ammonyak kimyəvi cəhətdən fəal birləşmədir, azot atomunda kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü olduğuna görə birləşdirmə reaksiyalarına asanlıqla daxil olur. Hidrogen ionunu birləşdirməsi bu tip reaksiyalara misaldır:

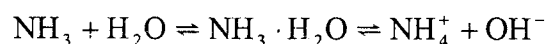


Ammonyakın turşular və su ilə reaksiyasında ammonium kationu əmələ gəlir.

Ammonyakı suda həll etdikdə bəzi hallarda prosesin kimyasını aşağıdakı sxemlə ifadə edirlər:



Əslində belə deyil. Termodinamik hesablamalar göstərmişdir ki, prosesin ilk mərhələsində NH₄OH deyil ammonyakın hidratı NH₃ · H₂O əmələ gəlir:

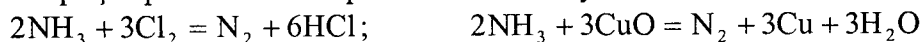


Deməli, məhlulda NH₄⁺ və OH⁻ ionları NH₄OH-dan deyil NH₃ · H₂O-dan əmələ gəlir. Həmin ionlar isə az əmələ gəlir. Qatılığı 1 mol/ℓ olan məhlulda hər 1000 NH₃ molekulu 42 cüt NH₄⁺ və OH⁻ ionlarını verir. Ona görə də həmin məhlul zəif qələvi reaksiyalı olur. Ammonyakın turşularla reaksiyasında maddələrin mollarının nisbətindən asılı olaraq

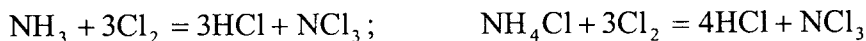
normal və turş duzlar əmələ gəlir:



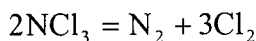
Ammonyakda azotun oksidləşmə dərəcəsi -3 -ə bərabərdir. Ona görə də reduksiyaedici, oksidləşdiricilərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda sərbəst azot ayrılır:



Ammonyaka yaxud ammonium-xloridə artıqlaması ilə götürülən xlorla təsir etdikdə azot-xlorid NCl_3 alınır:

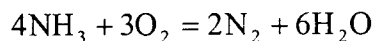


NCl_3 yağlıtəhər mayedir. Davamsızdır, üzvi maddələrlə təmasda olduqda, qızdırdıqda və zərbənin təsirindən partlayışla parçalanır:

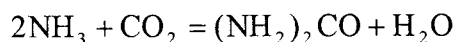


NCl_3 -dən unun sterilizə edilməsində istifadə edilir.

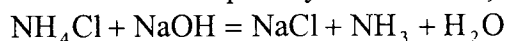
Ammonyak oksigəndə yanır:



Ammonyakın katalizator iştirakı ilə oksigenlə reaksiyası nitrat turşusunun alınmasında nəzərdən keçirilir. $150-190$ °C-də 200 atm. təzyiqdə ammonyakın karbon-dioksidlə reaksiyasından qiymətli kimyəvi məhsul olan karbamid alınır:



Karbamiddən gübrə kimi geniş istifadə edilir. Laboratoriyada az miqdarda ammonyak almaq üçün ammonium duzları məhluluna qələvi yaxud sönmüş əhənglə təsir edilir:

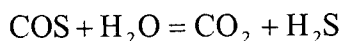


Alınan ammonyakı su buxarlarından təmizləmək üçün quru qələvi qırıntıları ilə doldurulmuş şüşə borudan keçirmək lazımdır. Bu məqsəd üçün CaCl_2 -dən istifadə etmək olmaz. Ona görə ki, $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ birləşməsi əmələ gəlir.

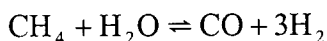
Sənayedə ammonyakın sintezi çoxmərhləli prosesdir. Azot-hidrogen qarışığının alınması, ammonyakın sintezi reaksiyası və onun ayrılması prosesləri bura daxildir.

Azot-hidrogen qarışığı sintez-qaz əsasında alınır. Sintez-qaz əsasən CO və H_2 -dən ibarətdir. Onda az miqdarda digər qazlar da olur. Sintez-qazı almaq üçün xammal bərk, maye və qaz yanacağıdır.

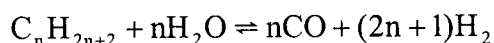
Qaz generatorunda müxtəlif kömür növləri və su buxarı hava ilə qazlaşdırılır. Alınan qarışıq az miqdarda CO_2 qarışığı olan N_2 , H_2 və CO -dan ibarət olur. Sintez-qaz almaq üçün maye yanacaq kimi xammal mazut və neftin distilləsindən alınan bərk qalıqdır. Maye yanacaq $5-6$ MPa ($30-60$ atm.) təzyiqdə $1200-1600$ °C-də oksigen və su buxarı ilə polad silindrdə emal edilir. Alınan CO və H_2 qarışığı xüsusi reaktorda dudadan və kükürdlü birləşmələrdən təmizlənir:



Alınan qaz qarışığı bundan sonra kükürddən tamamilə təmizlənir, konversiyaya uğradılır və N_2 ilə qarışdırılır. Sintez-qaz almaq üçün qaz halında olan xammaldan daha çox istifadə edilir. Təbii qaz, yaxud neft məhsullarını distillə etdikdə alınan qaz qarışığı kükürddən təmizləndikdən sonra reaktora verilir. Burada 3 MPa (30 atm.) təzyiqdə katalitik, endotermik reaksiya gedir:



yaxud ümumi şəkildə



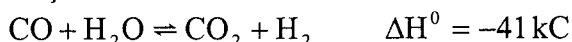
Alınan qaz qarışığına N_2 vurulur, konversiyaya uğradılır, CO_2 -dən təmizləmək üçün yuyulur və tamamilə təmizlənir. Bu proseslərdən sonra qarışıq ammonyakın sintezi üçün hazır olur. Sintez-qazın hazırlanması prosesində desulfirasiya (kükürddən təmizləmə), konversiya, CO_2 -nin kənar edilməsi və tamamilə təmizləmənin həyata keçirildiyini qeyd

etdik. Onları bir qədər ətraflı nəzərdən keçirək.

1. Desulfirasiya prosesində qaz qarışığını udan maddə olan mayedən keçirilir. Uducu maddə kimi amin birləşmələrindən natrium-sarkozinat $\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{COONa}$ və s. istifadə edilir. Bu prosesdə H_2S maye tərəfindən tutulur və qızdırdıqda kənar edilir. Quru desulfirasiyada aktiv kömürdən və sink-oksiddən istifadə etməklə kükürd bərk hala keçirilir:

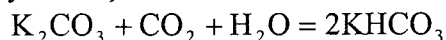


2. Konversiya sintez-qazda olan su buxarları və karbon-monooksidin iştirakı ilə katalitik reaksiya vasitəsilə həyata keçirilir:



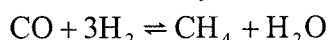
Çətin tutulan karbon-monooksid asan ayrılma bilən karbon-dioksiddə çevrilir.

3. Karbon-dioksidin kənar edilməsi əks axında qaz qarışığını 3 MPa (30 atm.) təzyiqdə qələvi məhlulu ilə yumaqla həyata keçirilir:



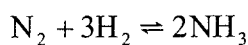
Qızdırdıqda KHCO_3 parçalanır, məhluldan CO_2 -ni tutmaq üçün yenidən istifadə edilir.

4. Tamamilə təmizləmə. Bu prosesi çox vaxt metanlaşdırma adlandırırlar. Bu prosesdə katalitik zəhər olan karbon-monooksid metana çevrilir:

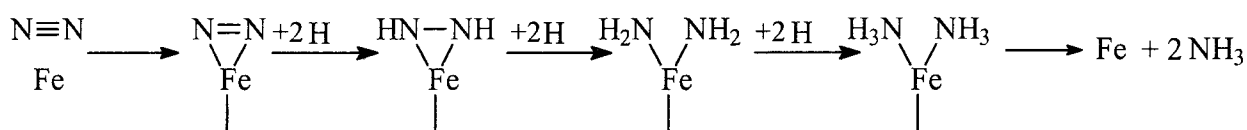


Reaksiya 3 MPa (30 atm.) təzyiqdə 100-150 °C-də həyata keçirilir. Alınan metan ammonyakın sintezi prosesində iştirak etmir.

Ammonyakın sintezi hündürlüyü 60 metr olan poladdan hazırlanan boruvari reaktorda həyata keçirilir. Reaktorda əsasını dəmir təşkil edən katalizator laylarda yerləşdirilir. Katalizatorun fəallığını artırmaq üçün promotor adlandırılan $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ əlavələrindən istifadə edilir. Sintez prosesi 25-35 MPa (250-300 atm.) təzyiqdə və 450-550 °C temperaturda həyata keçirilir:



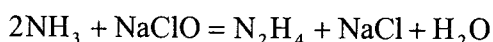
Reaksiya ekzotermikdir, ona görə də temperaturu optimal vəziyyətdə saxlamaq üçün soyuq azot və hidrogen qarışığı reaktorun xaricindən keçirilir, onun həddindən artıq qızmasının qarşısını alır. Azot və hidrogen qarışığı həmin istiliyin hesabına qızdırılmış halda sintez zonasına daxil edilir. Reaksiyanın ilkin mərhələsində hidrogen və azot molekulları dəmir katalizator tərəfindən adsorbsiya olunur. Bu zaman H_2 molekulları atomlara dissosiasiya edir, N_2 molekulları isə davamsız olur, rabitələr tədricən qırılır:



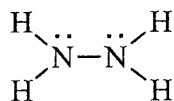
Dəmirin səthində əmələ gələn ammonyak molekulları azot molekulları tərəfindən çıxarılır. Proses yenidən təkrar olunur. Reaksiyadan alınan qaz qarışığında 15 % NH_3 olur (85 % $\text{N}_2 + \text{H}_2$). Qarışıq -10 °C-yə qədər soyudulur həmin şəraitdə ammonyak maye hala keçir. Qalan qaz qarışığı yenidən ammonyakın sintezi reaktoruna qaytarılır. Sirkulyasiya prosesini (N_2 və H_2 qarışığının reaktora qaytarılması) bir neçə dəfə təkrar etdikdən sonra qalan qarışıqdan arqon ayrılır. Ondan xüsusi elektrik qaynaqlarında istifadə edilir.

Tətbiqi. Sənayedə azotun çox hissəsi nitrat turşusu və azot gübrələri istehsalına sərf olunur. Onlardan ammonium şorasını NH_4NO_3 və karbamidi $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ göstərmək olar. Ammonyakdan soda, sianid turşusu və bir sıra üzvi maddələr istehsalında istifadə edilir. Bir sıra soyuducu qurğularda ammonyakdan soyuducu vasitə kimi istifadə edilir. Maye ammonyak sənayedə susuz həlledici kimi geniş tətbiq edilir.

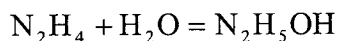
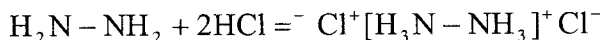
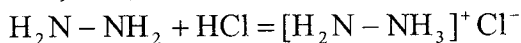
Hidrazin N_2H_4 . Ammonyakı natrium-hipoxloritlə xüsusi şəraitdə oksidləşdirdikdə hidrazin alınır:



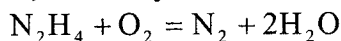
Hidrazin rəngsiz mayedir, su ilə istənilən nisbətdə qarışır. Hidrazin molekulunda azot üç valentlidir (N_2H_4):



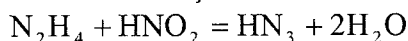
Ammonyakda olduğu kimi kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütləri olduğuna görə hidrogen ionunu (protonu) birləşdirir, hidrazonium birləşmələri əmələ gətirir:



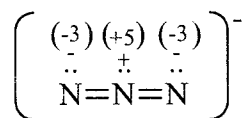
Hidrazin qüvvətli reduksiyaedici, havada yanır:



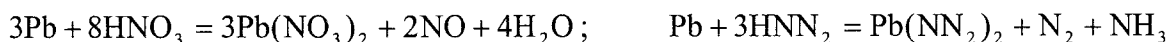
Nitrit turşusu ilə qarşılıqlı təsirdən azid turşusu alınır:



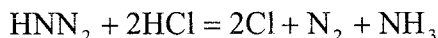
Azid turşusunun formulunu HNN_2 formasında yazmaq olar. Dinitridonitrat ionunun quruluşu belədir:



HN_3 molekulunun davamsızlığı onda azot atomlarının oksidləşmə dərəcəsinin müxtəlif olması ilə izah edilir. Azid turşusunun özü kimi duzları $Pb(NN_2)_2$, $AgNN_2$, $LiNN_2$ partlayıcı maddələrdir. $LiNN_2$ -dən başqa qələvi metalların azidləri partlayıcı deyil. Qurğuşun-aziddən $Pb(NN_2)_2$ hərbi texnikada detonatorların kapsullarının (pistonların) hazırlanmasında istifadə edilir. HNN_2 -nin oksidləşdirici xassəsi nitrat turşusunu xatırladır:



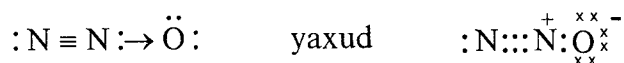
HNN_2 və HCl qarışığının oksidləşdirici təsiri çar arəğının ($3HCl + 1HNO_3$) təsiri ilə analogidir:



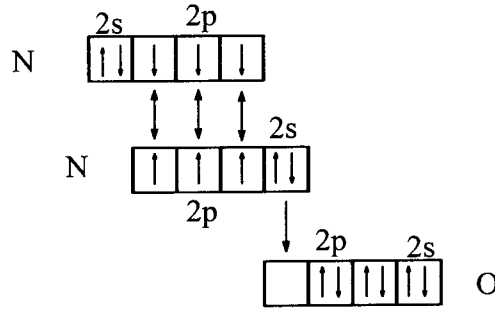
§ 4. Azot oksidləri

Diazot-oksidi N_2O . Bu oksidin digər adı azot 1-oksiddir (köhnə nomenklaturaya əsasən). Texniki adı isə şadlandırıcı qazdır. Bu onunla əlaqədardır ki, N_2O olan hava ilə tənəffüs etdikdə əvvəlcə oyadıcı təsir göstərir. Sonra isə keyləşmə baş verir. N_2O -nun keyləşdirici təsirini ilk dəfə məşhur ingilis alimi H.Devi müəyyən etmişdir. O, müəyyən etmişdir ki, N_2O qarışmış hava ilə tənəffüs etdikdə diş ağrısı aradan qalxır. H.Devinin təcrübələri geniş yayılmışdır. O, hətta bu görünməmiş hadisənin həvəskarları üçün xüsusi seanslar təşkil etmişdir. N_2O qarışmış hava ilə tənəffüs edənlərin biri belə təsvir etmişdir: o «centlmenin biri stol və stulların üstündə tullanırdı, digəri dilini çıxarırdı, üçüncü hay-küy yaratmağa can atırdı». Bundan yarım əsr sonra (1844-cü ildə) amerikalı diş həkimi X.Uells dişlərin çıxarılmasında N_2O -dan ağrıkəsici vasitə kimi istifadə etmişdir. Hazırda diazot-oksiddən miokardın (ürəyin əzələ qişası) infarktının yərgi əməliyyatında ağrıkəsici kimi (80 % N_2O və 20 % O_2) istifadə edilir.

Valentlik təsəvvürlərinə əsasən N_2O -nun quruluşunu $N-O-N$ yazmaq olar. Lakin, belə deyil. N_2O molekulunda azot atomunun biri iki digəri isə dörd valentlidir:



Kimyəvi rabitələrin əmələ gəlməsi mexanizmini belə təsəvvür etmək olar:

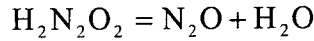


Göründüyü kimi oksigen atomu azot atomu ilə birləşməzdən əvvəl qoşalaşmamış elektronları qoşalaşır, sərbəst orbital əmələ gəlir.

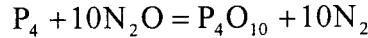
Müasir tədqiqat üsulları ilə N_2O molekulu elektron quruluşunun aşağıdakı rezonans hibrid formalarda olduğu müəyyən edilmişdir:



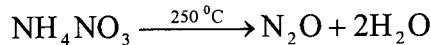
Havada həcmcə 0,00005 % N_2O qazı olur. O havanın daimi tərkib hissələrindəndir. Adi şəraitdə bir həcm suda 0,6 həcm N_2O həll olur. Diazot-oksidi duz əmələ gətirməyən oksidlərdəndir. Lakin ona hiponitrit turşusu uyğun gəlir:



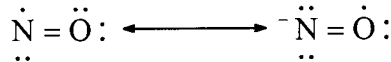
N_2O ilə dolu olan qaba yanan kömürü, kükürdü və fosforu daxil etdikdə onlar yanmaqda davam edir:



Diazot-oksidi ammonium-nitratı qızdırmaqla alınır:

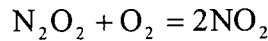


Azot-monooksid NO. Bu oksidin digər adı azot 2-oksiddir. Rəngsiz qazdır. Asanlıqla oksidləşir azot-dioksidə NO_2 çevrilir. $100^\circ C$ -yə qədər qızdırdıqda belə N_2 və O_2 -yə parçalanmır. NO molekulu elektron formulu belədir:

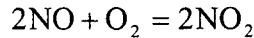


NO molekulu elektron quruluşu bu iki formanın rezonans hibridi şəklindədir. Hər iki formada NO molekulu qoşalaşmamış elektron var. Qoşalaşmamış elektronu olduğuna görə NO molekullarından dimer $ON-NO$ əmələ gəlir. Lakin bu dimer davamsızdır. Maye azot-monooksidin 25 %-i N_2O_2 molekullarından, bərk halda isə hamısı dimerlərdən ibarət olur.

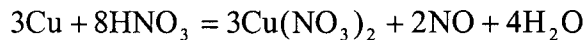
Otaq temperaturunda NO ani müddətdə oksidləşərək qonur rəngli NO_2 -yə çevrilir. Bu reaksiyanın sürəti temperaturu artırıqda azalır. Bunun səbəbi oksigenlə NO molekulu deyil N_2O_2 dimerinin qarşılıqlı təsirdə olmasıdır:



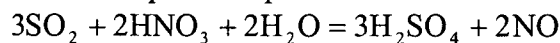
N_2O_2 dimeri olmadıqda NO-un oksigenlə qarşılıqlı təsiri son dərəcə zəif sürətlə gedir. Ona görə ki, iki NO və bir O_2 molekulu (birlikdə üç molekulu) eyni zamanda qarşılıqlı təsirdə olması çox gec və çətin olur:



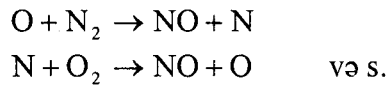
Nitrat turşusunun istehsalında aralıq məhsul kimi ammoniyakın katalitik oksidləşməsində çoxlu miqdarda azot-monooksid əmələ gəlir. Laboratoriyada azot-monooksid duru (30%-li) nitrat turşusunun misə təsirindən alınır:



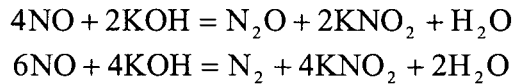
Misin nitrat turşusu ilə qarşılıqlı təsirdə bu reaksiyadan başqa əlavə reaksiyalar da gedir və digər qaz halında məhsullar NO_2 , N_2O və N_2 alınır. Deməli, NO həmin qazlarla çirklənmiş halda olur. Azot-monooksidi həmin qazlardan təmizləmək üçün $FeSO_4$ məhlulu tərəfindən udulur, $FeSO_4-NO$ tərkibli birləşmə əmələ gəlir. Sonra onu havasız şəraitdə qızdırdıqda NO ayrılmaqla parçalanır. Çox təmiz azot-monooksidi kükürd qazını isti HNO_3 məhlulu üzərindən buraxmaqla almaq olar:



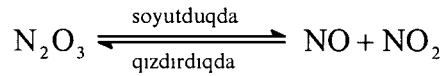
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi NO yüksək temperaturda (1200 °C) N₂ və O₂-dən əmələ gəlir. Həmin reaksiya zəncirvari reaksiyadır:



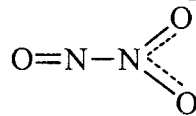
Bəzi dərs vəsaitlərində azot-monooksidin düz əmələ gətirməyən oksid olduğu göstərilir. Bu doğru deyil, NO adi şəraitdə qələvilərlə qarşılıqlı təsirdə olur. Aşağıdakı paralel reaksiyalar gedir:



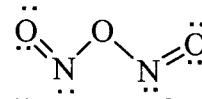
Diazot-trioksid (azot 3-oksidi) N₂O₃. Göy rəngli mayedir, 3,5 °C-də qaynayır. Adi şəraitdə davamsızdır:



NO₂ qonur rənglidir. Deməli, N₂O₃-ün göy rəngi qonur rənglə tarazlıq vəziyyətində olur. N₂O₃ molekulunun elektron quruluşu belədir:

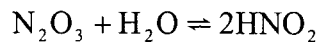


Stabil forma

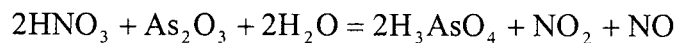


Davamsız forma

Azot 3-oksidi nitrit anhidrididir:

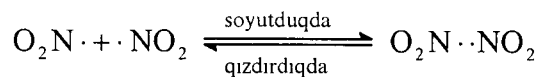
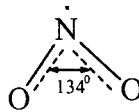


N₂O₃ 50 %-li nitrat turşusu məhlulunun arsen 3-oksidi ilə reaksiyasından alınır:

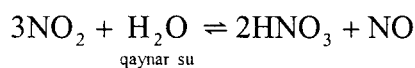
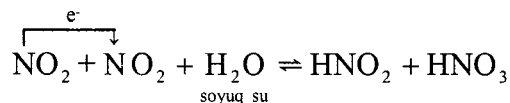


NO+NO₂ qarışığını soyutduqda N₂O₃ alınır.

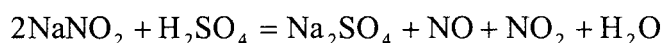
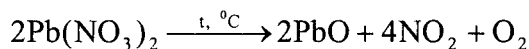
Azot-dioksidi (azot 4-oksidi) NO₂. Qırmızı-qonur qazdır, çox zəhərli. Soyutduqda dimerləşir. Dimerləşməsinin səbəbi NO₂ molekulunda qoşalaşmamış elektronun olmasıdır:



Soyutduqda NO₂-in dimerləşməsi sürətlənir və buna müvafiq olaraq rəngsizləşmə baş verir. Əvvəlcə qırmızı mayeə çevrilir, sonra sarı rəngdə olur, -10 °C-də rəngsiz kristal alınır. Azot 4-oksidi nitrit və nitrat anhidrididir:

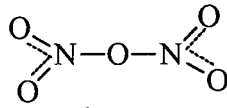


NO₂ laboratoriyada Pb(NO₃)₂-parçalanmasından və natrium-nitritə sulfat turşusunun təsirindən alınır:

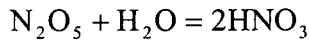


Qaz qarışığında olan NO oksidləşir, azot 4-oksidi miqdarı artır.

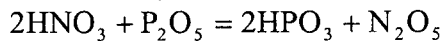
Diazot-pentaoksidi (azot 5-oksidi) N₂O₅. Kristallik maddədir, 32 °C-də qaz halına keçir. Otaq temperaturunda tədricən NO₂ və O₂-yə parçalanır. Bərk halda NO₂⁺ və NO₃⁻ ionlarından təşkil olunmuşdur. Qaz halında N₂O₅ molekulunun quruluşu belədir:



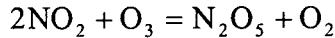
N_2O_5 -in su ilə reaksiyasından nitrat turşusu alınır:



N_2O_5 fosfat anhidridi vasitəsilə nitrat turşusunun susuzlaşdırılmasından alınır:

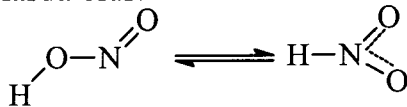


Həmçinin NO_2 -in ozonla reaksiyasından da N_2O_5 almaq olur:

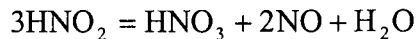


§ 5. Nitrit turşusu

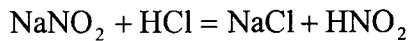
Nitrit turşusu (HNO_2) birəsaslı zəif turşudur. Onda azotun oksidləşmə dərəcəsi +3-ə bərabərdir. Sərbəst halda alınmamışdır. Duru məhlulda aşağı temperaturda mövcud olur. HNO_2 molekulu aşağıdakı formalarda olur:



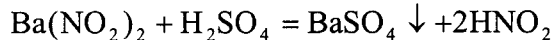
Otaq temperaturunda belə parçalanır:



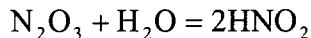
Suda məhlulu nitritlərə turşularla təsir etməklə alınır:



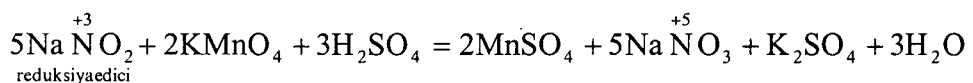
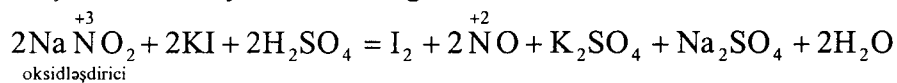
Bu reaksiya nitrit turşusu alındığı anda tətbiq edildiyi halda aparılır. Kənar ionlar olmayan HNO_2 məhlulu almaq üçün barium-nitritə ekvivalent miqdarda sulfat turşusu ilə təsir edilir:



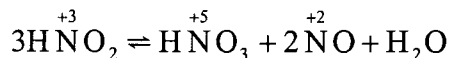
Bunlardan başqa nitrit turşusu nitrit anhidridinin su ilə reaksiyasından da alınır:



Nitrit turşusunda azotun oksidləşmə dərəcəsi aralıq vəziyyətdədir (+3). Ona görə də oksidləşdirici və həmçinin reduksiyaedici xassə göstərir:



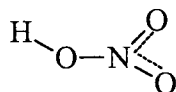
Bunlardan başqa nitrit turşusu disproporsionallaşma reaksiyasına (özünü oksidləşmə – özünü reduksiya) girir:



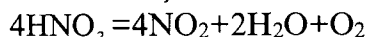
Natrium-nitritdən ət məhsullarının saxlanması üçün istifadə edilir. Əti 0,4 % NaNO_2 olan natrium-xloridlə duzladıqda öz qırmızı rəngini saxlayır. Bunun səbəbi ətdə olan mioqlobin zülalının nitrit ionu (NO_2^-) ilə birləşərək qırmızı rəngli addukt əmələ gətirməsidir. Təzə ət tünd qırmızı rəngdə olur. Bir qədər qaldıqdan sonra onun rəngi solğunlaşır. Balıq əti də əksər hallarda solğun rəngdə olur. Orqanizmə qan vasitəsilə daxil olan oksigen əsasən əzələlərdə saxlanır və ondan qısa vaxtda istifadə edilir. Oksigen saxlayan quruluşu hemoqlobinə çox oxşayan mioqlobin zülalındır. Oksigenlə zəngin olan mioqlobin qırmızı rəngdə olur. Tez-tez hərəkət edən əzələlər enerjini daha çox sərf edir. Ona görə də onlarda oksigen çox olmalıdır. Uçan quşların döş əzələləri tünd-qırmızı rəngdə olduğu halda ev quşlarının döş əzələləri solğun-qırmızı rəngdə olur. Əksər vaxtlarda dənizin dibində uzanmış vəziyyətdə olduqlarına görə balıqların əzələləri açıq rəngdə olur. Onlarda mioqlobində oksigen azdır. Ov heyvanlarının ətinin tünd-qırmızı rəngdə olmasının səbəbi budur. Bir müddətdən sonra mioqlobindən oksigen ayrılır, ətin rəngi solğunlaşır. Onun qarşısını almaq üçün yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi nitrit duzu ilə emal edirlər.

§ 6. Nitrat turşusu

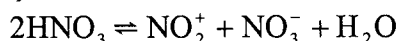
Təmiz nitrat turşusu 86 °C-də qaynayan rəngsiz, kəskin iyli mayedir. HNO_3 molekulunun quruluşu belədir:



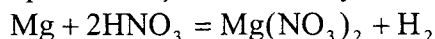
HNO_3 -də azotun oksidləşmə dərəcəsi +5-ə bərabərdir. Təbiətdə nitrat turşusuna nadir hallarda rast gəlinir. Şimşək və tufandan sonra yağış suyunda çox az miqdarda nitrat turşusu aşkar etmək olar. Assidilərin bəziləri düşməndən qorunmaq üçün xarici örtüklərindən ətrafa nitrat turşusu ciləyirlər. Nitrat turşusu su ilə istənilən nisbətdə qarışır. -41,15 °C-də donur, rəngsiz kristallar əmələ gətirir. Işığın təsirindən qonur rəngli NO_2 əmələ gətirməklə parçalanır. NO_2 -nin bir hissəsi turşuda həll olur və ona solğun sarı rəng verir:



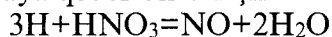
Susuz nitrat turşusu elektriki keçirir. Bunun səbəbi öz-özünə ionlaşmasıdır:



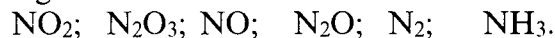
Nitrat turşusu tipik qeyri-üzvi turşulara aid olan bütün xassələri göstərir. Lakin qüvvətli oksidləşdirici olduğundan hidrogen ionu çox nadir hallarda oksidləşdirici olur. Yalnız maqnezium və kalsium metallarının duru, soyuq nitrat turşusu ilə reaksiyasından hidrogen ayrılır:



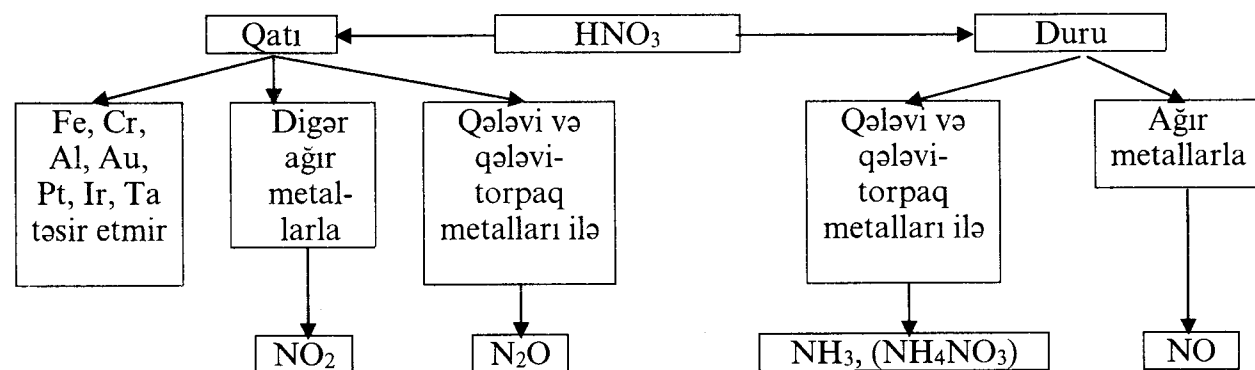
Eyni zamanda metalın turşu ilə reaksiyasından alınan hidrogen (atomar hidrogen) turşunun artığı ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq suya qədər oksidləşir:



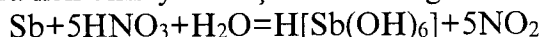
Digər metallarla reaksiyada əsasən H_3O^+ ionu deyil, nitrat ionu oksidləşir. Bu zaman metalın fəallığından, turşunun qatılığından və temperaturdan asılı olaraq müxtəlif reduksiya məhsulları əmələ gəlir:



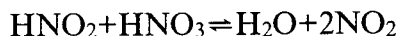
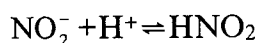
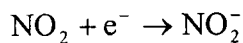
Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında sağda yerləşən metallar çox duru nitrat turşusu ilə (<20 %) qarşılıqlı təsirdə olurlar. Orta qatılıqlı (40 %) HNO_3 -ün həmin metallarla reaksiyasında turşu NO_2 -yə qədər reduksiya olunur. 20-30 %-li turşu ilə reaksiyada isə reduksiya məhsulu əsasən NO olur. Bunları sxem şəklində göstərmək olar:



Bu sxem və nitrat turşusunun iştirakı ilə gedən digər oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliyi şərtidir. Ona görə ki, həmin tənlikdə reduksiya məhsullarından yalnız biri (daha çox alınanı göstərilir). Sxemdə göstəriləni kimi nitrat turşusu Au, Pt, Ru, Ir, Ta və Ti-na təsir etmir. Al, Fe, Co, Ni, Cr və paslanmayan polada qatı HNO_3 təsir etmir. Bunun səbəbi ilk anda turşu ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində metalın səthində möhkəm, qoruyucu oksid təbəqəsinin əmələ gəlməsidir. Stibium və qalayın qatı nitrat turşusu ilə reaksiyasından onların duzlarının əvəzinə suda həll olmayan turşuları əmələ gəlir:



Nitrat turşusunun iştirakı ilə gedən oksidləşmə reaksiyaları autokatalitik prosesdir. Katalizator turşuda həll olan azot-dioksiddir. Azot-dioksid reduksiyaedici elektron alır və nitrit ionuna çevrilir:

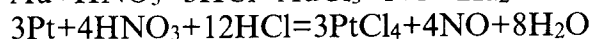
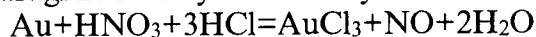


Nitrat turşusu onda həll olan azot-dioksiddən təmizləndikdən sonra, oksidləşdiricilik xassəsi yox olur. Bu məqsədlə qatı HNO_3 məhluluna az miqdarda sulfamin turşusu əlavə edilir:

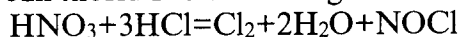


Bu yolla azot oksidlərindən təmizlənmiş nitrat turşusu hidrogen-yodidi belə oksidləşdirmir. Qatı nitrat turşusu ilə xlorid turşusunun qarışığı (1:3) çar arağı adlanır. Bu ad rəmzidir, həmin qarışıq metalların çarı, şahı olan qızılı həll etdiyinə görə belə adlandırılmışdır.

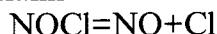
Qızılın və platinin çar arağı ilə reaksiyasının tənliyi belədir:



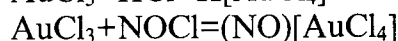
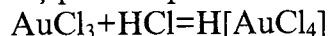
Bu reaksiyalarda əvvəlcə nitrozil-xlorid NOCl əmələ gəlir:



Alınan NOCl aralıq məhsuldur, parçalanır:

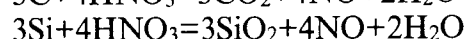
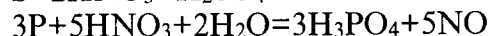
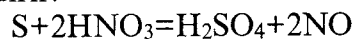


Atomar xlor (Cl) aktiv surətdə metallarla birləşir, xloridlər əmələ gəlir. Yuxarıdakı reaksiyada əsas tənlikdən başqa əlavə proseslər də gedir:



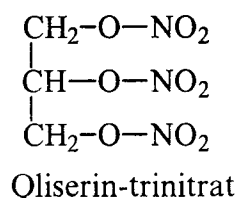
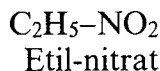
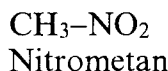
Qızılın və platin metallarının çar arağında həll olmasının səbəbi kompleks əmələ gəlməsidir. Tantal, niobium, osmium, iridium və volfram çar arağına qarşı davamlıdır.

Nitrat turşusu qeyri-metallarla da qarşılıqlı təsirdə olur, onları yüksək oksidləşmə dərəcəsinə qədər oksidləşdirir:



§ 7. Nitratlar

Nitrat turşusunun duzları və mürəkkəb efirləri nitratlar adlanır. Nitrobirləşmələrdə nitroqrup ($-\text{NO}_2$) bilavasitə karbohidrogen radikalına birləşdiyi halda, mürəkkəb efirlərdə oksigen atomu vasitəsilə birləşir:



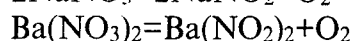
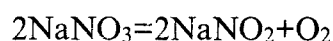
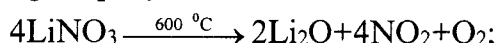
Nitratların bəzilərinin adları tarixi və təsadüfi adlardır:

KNO_3 -kalium (hindistan) şorası; NaNO_3 -natron (çili) şorası; NH_4NO_3 -ammonium şorası; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -əhəng (norveç) şorası; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -barit şorası; AgNO_3 -cəhənnəm daşı (lyapis).

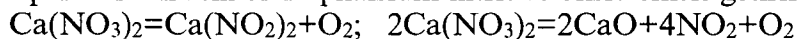
Metalların hamısının nitratı suda yaxşı həll olur. Nitratların suda məhlulu H_3O^+ ionu iştirak etmədikdə oksidləşdirici olmadığı halda, ərintiləri qüvvətli oksidləşdiricilərdir. Qara barıtın partlaması ondakı şoranın oksidləşdirici xassəsi ilə əlaqədardır:



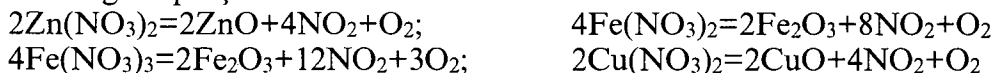
1 q barıt 280 sm^3 (n. ş-də) qaz qarışığı əmələ gətirir. Nitratlar qızdırdıqda parçalanırlar. Parçalanma məhsulları nitratın təbiətindən və temperaturdan asılı olaraq müxtəlif olur. Litium-nitratdan başqa qələvi və qələvi-torpaq metallarının nitratlarını qızdırdıqda müvafiq nitritə və oksigenə parçalanır:



Kalsium-nitrat temperaturdan asılı olaraq kalsium-nitrit və oksid əmələ gətirməklə parçalanır:



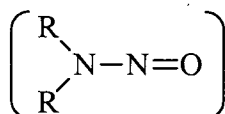
Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında qələvi və qələvi-torpaq metallarından sonra misə qədər (mis də daxil olmaqla) olan metalların nitratlarını qızdırdıqda metal oksidinə, azot-dioksida və oksigenə parçalanır:



Misdən sağda yerləşən metalların nitratını qızdırdıqda, sərbəst metala, azot-dioksida və oksigenə parçalanır. Bunun səbəbi həmin metalların oksidlərinin termiki cəhətdən davamsız olmalarıdır:



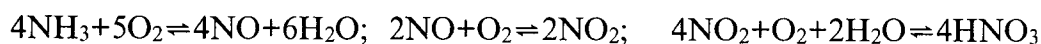
Nitratlardan (əsasən NH_4NO_3) kənd təsərrüfatında gübrə kimi geniş istifadə edilir. Məhsuldarlığın artırılmasında onların rolu çox böyükdür. Lakin onlardan israfçılıqla istifadə etdikdə xoşagəlməz hallara səbəb olur. Suda və yeyinti məhsullarında nitratların normadan artıq olmasına yol vermək olmaz. Yaşlı adamlar üçün nitratların az miqdarı zərərsiz olsa belə arzu edilməyəndir. Belə hesab edilir ki, nitratlar insan orqanizmində nitrozaminə



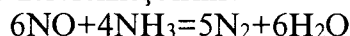
çevrilir. Nitrozaminin ankoloji xəstəliklərə səbəb olduğu sübut edilmişdir. Papiros tüstüsündə də nitrozamin var.

§ 8. Nitrat turşusunun istehsalı

Hazırda nitrat turşusunun istehsalının əsasını aşağıdakı reaksiyalar təşkil edir:

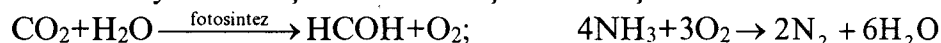


Ammonyakla hava qarışığı böyük sürətlə 7 atm. təzyiqdə katalizator üzərindən keçirilir. Katalizator platin və rodiumdan (95 % Pt, 5 % Rh) yaxud platin, rodium və palladiumdan (93 % Pt, 3 % Rh, 4 % Pd) ibarət olur. Katalizator üzərində çox kiçik məsamələri (1 sm^2 -də 2000 məsamə) olan nazik torlar şəkildə olur. Reaksiyaya girən qarışığın (NH_3 və O_2) katalizatorla kontakt müddəti 0,0002 saniyədir. Ammonyakın oksidləşmə reaksiyası 875-900 °C-də gedir. Əsas reaksiyadan başqa, əlavə reaksiya da gedir. Bu zaman N_2 və H_2O alınır. Alınan qaz qarışığı (NO , N_2 , O_2 və H_2O buxarı) utilizasiya qazanına yönəldilir. Orada reaksiyadan alınan qaz qarışığının istiliyindən istifadə edilir, su buxar halına keçir. Sonra qaz qarışığı soyuducuya ötürülür. Burada tamamilə soyudulur. Sonra absorbsiya qülləsinə ötürülür, qaz qarışığı su tərəfindən udulur, sorbsiya edilir. Absorbsiya qülləsindən çıxan qaz qarışığının (tutulmayan qazlar) təzyiqi 5 atmosferə qədər olur. Həmin təzyiqdən havanın sıxılması üçün istifadə edilir. Ətraf mühiti çirkləndirməmək üçün tutulmayan qaz qarışığına az miqdarda ammonyak əlavə edilir və katalizator üzərinə yönəldilir. Burada azot və su alınır, azot-monooksid zərərsizləşdirilir:



§ 9. Azotun təbiətdə dövrəni

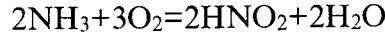
Yer üzərində azotun ilkin forması, yerin dərin qaynar qatlarından çıxan ammonyak olmuşdur. Günəşin ultrabənövşəyi şüalarının təsirindən ammonyak sərbəst azota və hidrogenə parçalanmışdır. Fotosintez prosesində əmələ gələn sərbəst oksigen də ammonyakın molekulyar azota çevrilməsində iştirak etmişdir:



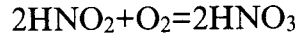
Atmosferdə baş verən elektrik boşalmaları azotun NO -ya çevrilməsinə səbəb olmuşdur. Alınan NO oksidləşərək azot-dioksida NO_2 sonuncu isə HNO_3 -ə çevrilmişdir. Yağışla

torpağa daxil olan nitrat turşusu zəif turşularla (əsasən H_2CO_3) neytrallaşdırılaraq nitratlara çevrilmişdir. Üzvi aləm inkişaf etdikcə ammonyak və nitratlar bitkilərin zülali maddələrinin əmələ gəlməsində iştirak etmişdir. Bitkiləri otyeyən heyvanlar və sonuncuları yırtıcı heyvanlar yeyir. Bitki və heyvan qalıqlarının çürüməsi nəticəsində azot zülallardan sərbəst azota, ammonyaka və ammonium duzlarına çevrilir. Ammonium duzlarını bitkilər yenidən mənimsəyirlər.

Nitrifikasiya prosesini iki növ bakteriyalar həyata keçirirlər. Onlardan birincisi ammonyakı nitrit turşusuna çevirirlər. Bunlar nitrozobakteriyalar adlanırlar:

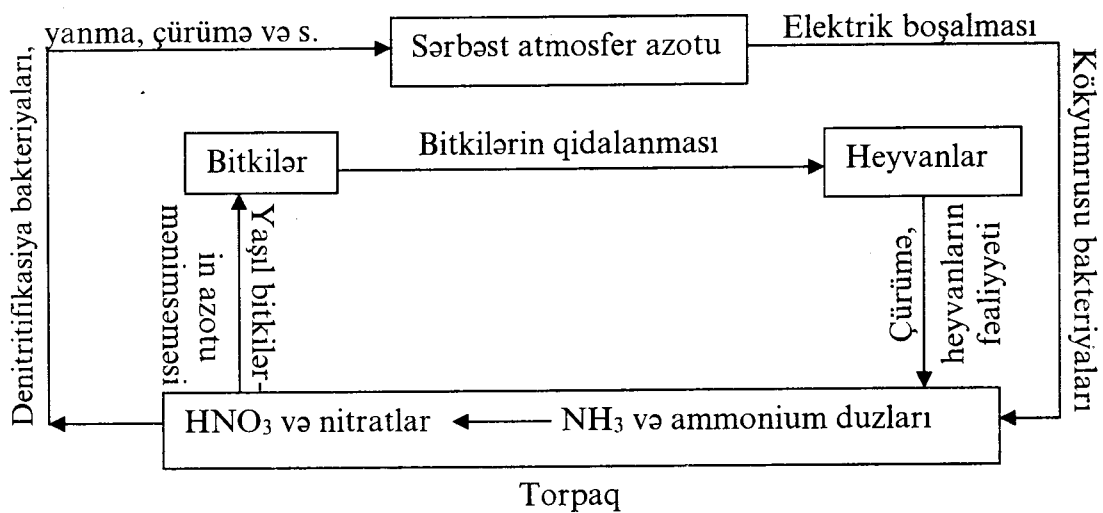


Alınan nitrit turşusunu nitrat turşusuna oksidləşdirən bakteriyalar nitrobakteriyalar adlanırlar:



Hər iki proses ekzotermik reaksiyalardır, ayrılan enerjiden bakteriyalar həyatlarını qurmaq üçün istifadə edirlər. Əmələ gələn nitrat turşusu yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi nitratlara çevrilir. Nitratları bitkilər yenidən mənimsəyirlər və nəticədə azotun təbiətdə dövrəni tsikli qapanır.

Bunları sxem şəklində göstərmək olar:



Göründüyü kimi təbiətdə dövrənin azotun itkisi prosesi də baş verir. Yəni onun bir hissəsi çürümə, yanma proseslərində və denitrifikasiya bakteriyalarının fəaliyyəti nəticəsində birləşmiş formadan sərbəst hala keçir, atmosfərə daxil olur.

Bunlarla yanaşı təbiətdə azotun sərbəst haldan birləşmələr formasına keçməsi prosesləri də gedir.

Müəyyən edilmişdir ki, yer kürəsində hər saniyədə 2000 şimşək çaxır. Həmin prosesdə azot son nəticədə nitrat turşusuna və nitratlara çevrilir. Bu yolla ildə hər hektara 15 kq birləşmiş azot daxil olur. Azotun digər mənbəyi azotu sərbəst haldan ammonyaka çevirən azot bakteriyalarıdır. Həmin bakteriyalar torpaqda sərbəst halda yaşayırlar, onların fəaliyyəti nəticəsində ildə torpağın hər hektarına 50 kq sərbəst azot daxil olur. Torpağı dincə qoyduqda onun məhsuldarlığının artmasının səbəblərindən biri həmin prosesdir. Torpağı birləşmiş azotla zənginləşdirən proseslərdən biri paxlalı bitkilərin kök yumrucuqlarında yaşayan bakteriyaların fəaliyyətidir. Yonca, qarayonca, lupin (acıpaxla), noxud, lobyə və s. paxlalı bitkilərin köklərində yaşayan kökyumrusu bakteriyaları bitkinin şirəsi ilə qidalanırlar, eyni zamanda atmosfer azotunu bitkilərin mənimsəyə biləcəyi hala salırlar. Birləşmiş azot ehtiyatı bitkilərin kökündə torpaqda qalır. Bu yolla ildə 1 hektarda 150 kq azot toplanır. Bitki ilə bakteriyaların belə qarşılıqlı əlaqəsi simbioz həyata misaldır.

Bakteriyalar, aktinomitsetlər, maya və kif köbəkəkləri və göy-yaşıl yosunlar da atmosfer azotunu fiksasiya edirlər (bitkilərin mənimsəyə biləcəyi formaya salırlar). Mikroorqanizmlərin molekulyar azotu (N_2) adi şəraitdə mənimsəməsinin mexanizmi son vaxtlar aydınlaşdırılmışdır. Həmin prosesdə əsas rolu nitrogenoza fermenti oynayır. Onun molekulunun mərkəzində dəmir və molibden durur. Həmin ferment azotu hidrogenlə

birleşmək üçün aktivləşdirir. Azotla birləşməzdən əvvəl hidrogeni də digər fermentlə aktivləşdirirlər. Nəticədə inert azotdan aktiv ammoniyak alınır. Hazırda azotun yüksək təzyiqli və temperatur tətbiq etmədən, adi şəraitdə birləşmiş hala salınması (fiksasiya edilməsi) üçün tədqiqatlar aparılır və müəyyən nailiyyətlər əldə edilmişdir. Titan, vanadium, xrom, molibden və dəmirin kompleks birləşmələrinin vasitəsilə azotu «tutmaq» olur. Sonra alınan birləşməyə su ilə təsir etdikdə azot ammoniyak formasında ayrılır. Maraqlıdır ki, təbii şəraitdə azotu fiksasiya edən fermentlərin də mərkəzində keçid elementləri durur. Lakin bu sahədə alınan nəticələr geniş miqyasda praktikada tətbiq ediləcək dərəcədə deyil. Tədqiqatlar davam etdirilir.

§ 10. Fosfor

Fosfor V qrupun əsas yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi 15-dir. Nisbi atom kütləsi 30,97376-ya bərabərdir. Bir sabit izotopu ^{31}P var.

Kəşfi. 1669-cu ildə hamburg əlkimyaçısı X.Brand sidinin buxarlandırılmasından alınan bərk qalığı distillə etdikdə qəbuledicidə özündən mavitəhər işıq buraxan maddə alınmışdır. Həmin maddə ağ fosfordur. Fosfor sözünün mənası yunanca işıqdaşıyan (fos-ışığı, «foros»-daşıyan) deməkdir. Əvvəlcədən süalandırılan sonra isə qaranlıqda öz-özünə işıq verən bütün maddələr «fosfor» adlandırılır. Hadisə isə fosforossensiya adlanır. O, dövrün digər əlkimyaçıları kimi X.Brand da qiymətsiz metalları qızıla çevirən maddə «fəlsəfə daşı» axtarmaqla məşğul olmuşdur. O, ağ fosforu aldıqda «fəlsəfə daşını» aldığını güman etmişdir. Lakin fosforun işıq saçmaqdan başqa möcüzəli xassəsi olmamışdır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, «fəlsəfə daşı» adlı şey mövcud olmamışdır və ona əsaslanan təsəvvürlər qeyri-elmi baxışlar olmuşdur.

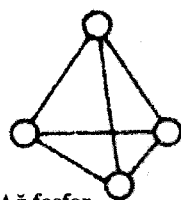
Fosforu ilk dəfə X.Brandın kəşf etməsi mübahisəlidir. Fransız tarixçisi F.Qeferin yazdığına görə fosforu ilk dəfə VII əsrdə eyni ilə X.Brandın aldığı yolla, sidinin buxarlandırılmasından alınan bərk qalığı kömür və qum qarışığı ilə qızdırmaqla ərəb əlkimyaçıları almışdır. Əgər belədirsə fosfor bəşəriyyətə 800 ildən artıq vaxtda məlumdur.

Təbiətdə yayılması. Fosfor minerallarda və canlı orqanizmlərdə yalnız birləşmələr şəklində olur. Əsas mineralları bunlardır: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ fosforit, $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{Cl}, \text{OH}, \text{F})_2$ apatit, CePO_4 monosit. Bunlardan başqa fosfor birləşmələri (əsasən fosfatlar) dəmir filizlərində və dəmirin, kobaltın və nikelin fosfidləri şəklində dəmir meteoritlərində olur.

Fizioloji təsiri. İnsan orqanizmindəki miqdarına (0,95 %) görə fosfor mikroelementlərə aiddir. Fosfor orqanogen elementlərdəndir, onun maddələr mübadiləsində rolu son dərəcə əhəmiyyətlidir. Canlıların skeletində ortofosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ və hidroksilapatit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{OH})_2$, dişlərdə əsasən flüorapatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ şəklində olur. Fosfor fosfat formasında hüceyrədaxili komponentlərdən olan adenozintrifosfat (ATF) turşusunun tərkibində olur. ATF-nin hidrolizi nəticəsində ayrılan enerji orqanizmin həyat fəaliyyətini təmin edir. $\text{pH}=7,4$ olan qan plazmasının əsas bufer sistemini $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{NaH}_2\text{PO}_4$ təşkil edir. Enerji mənbəyi kimi şəkər və yağ turşularının orqanizm tərəfindən mənimsənilməsi H_xPO_4 qruplarının birləşdirilməsindən sonra baş verir. Bu elementin biotsikli bütövlükdə orqanizmin metabolizmində əsas yer tutur. Fosforun yanması nəticəsində əmələ gələn yanlıqlar orqanizm üçün çox təhlükəlidir. Yanma nəticəsində əmələ gələn P_2O_5 su ilə birləşdikdə çoxlu miqdarda ayrılan istilik yanığı daha da dərinləşdirir. Əmələ gələn H_3PO_4 birləşdirici toxumaların dərinliklərinə nüfuz edir. Bu proses mayələrin hüceyrədən xaric axını nəticəsində şişə səbəb olur.

Allotropik şəkildəyişmələri. Fosfor elementinin bir neçə allotropik şəkildəyişməsi var. Bunlardan ən vaciblərini nəzərdən keçirək.

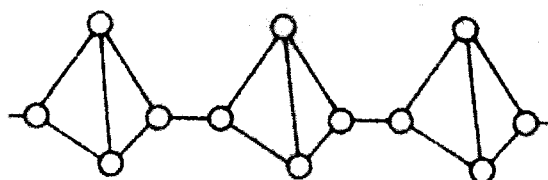
Ağ fosfor. Ağ fosfor mumaoxşar ağ rəngli maddədir. Tərkibindəki qarışıqlar bəzən rənginin sarımtıl olmasına səbəb olur. Çox zəhərli, sarımsaq iyi verir. Ağ fosfor və fosfor buxarları P_4 molekullarından ibarətdir. P_4 molekulunda fosfor atomlarının hər birinin üç p orbitallarından istifadə edilmişdir. Onda rabitələr arasındakı bucaq 60° -dir.



Ağ fosfor

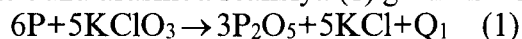
Ağ fosforun yüksək reaksiya qabiliyyəti P₄ molekulunda rabitələrin zəif və gərgin olması ilə izah edilir. Aşağı temperaturda (44 °C-də) əriyir. Təqribən 60 °C-də buxar halına keçir. 20 °C-də sıxlığı 1,82 q/sm³-dir. Suda az həll olur. Ona görə də ağ fosfor su təbəqəsinin altında saxlanır. Karbon 4-sulfiddə yaxşı həll olur. Xırdalanmış halda ağ fosfor havada öz-özünə alovlanır. Ağ fosforun karbon 4-sulfiddə CS₂ məhlulu hopdurulmuş kağızı havada qurutduqda həlledici buxarlandıqdan sonra kağız öz-özünə alovlanır. Ağ fosfor qaranlıqda işıq saçır. Bu hadisənin səbəbi ərimə temperaturu aşağı (44 °C) olduğundan bərk fosforun üzərində doymuş buxar təzyiqinin kifayət qədər olmasıdır. Buxarda olan P₄ molekulları işıq saçmaqla oksidləşir. Bu zaman PO, PO₂, P₂O₃ tərkibli oksidlər əmələ gəlir. Həmin birləşmələrdə fosforun davamsız vəziyyəti elektron keçidinə səbəb olur. Elektron həyəcanlanmış vəziyyətdən əsas vəziyyətə qaydır. Bu isə işıq saçmaqla müşayiət olunur. Lakin fosforun oksidləşməsinin mexanizmi hələ tam dəqiqliyi ilə öyrənilməmişdir. Akademik S.İ.Volkoviç xatirələrində yazır ki, fosfor Moskva universitetində quraşdırılan elektrik sobasında alınır və fosforun öz-özünə alışmasına qarşı təhlükəsizlik tədbiri görməmişdim. Uzun müddət elektrik sobasının qarşısında işlədiyimdən qaz halında ayrılan fosforun bir hissəsi mənim paltarıma və hətta ayaqqabılarıma hopmuşdur. Gecə universitetdən Moskvanın qaranlıq küçələri ilə evə getdikdə paltarım işıq saçırdı, ayaqqabılarımin səkiyə sürtünməsindən ətrafa qığılıcı yayılırdı. Hər dəfə mənim ətrafıma adamlar toplaşır. İzahatıma baxmayaraq mənə qeyri-adi möcüzəli adam kimi baxanlar da var idi. Sonra tezliklə bütün Moskvada «ışıqsaçan monax» haqqında fantastik nağil ağızdan-ağıza gəzirdi.

Qırmızı fosfor. Qırmızı fosfor qırmızı-bənövşəyi rəngli amorf tozudur. Çox təmiz qırmızı fosfor zəhərsizdir. Lakin texniki sortunda zəhərli qarışıqlar var. Sıxlığı 2-2,3 q/sm³-dir. Buradan görünür ki, qırmızı fosfor saf maddə deyil. O, bənövşəyi fosforla ağ fosforun bənövşəyi fosforda məhlulundan ibarətdir. Təmiz qırmızı fosfor hiqroskopik deyil. Lakin, ağız kip bağlanmış qablarda saxlanan qırmızı fosfor rütubətli, yaprılmış vəziyyətdə olur. Bunun səbəbi onda qarışıq şəklində olan ağ fosforun oksidləşməsi nəticəsində əmələ gələn fosfat anhidridinin su ilə birləşməsindən hiqroskopik fosfat turşusunun əmələ gəlməsidir. Qırmızı fosforu ağ fosfordan təmizləmək üçün 7 %-li natrium-hidroksid məhlulu ilə qaynatmaq və sonra su ilə yumaq lazımdır. Qırmızı fosfor 590 °C-də əriyir və heç bir həlledicidə həll olmur. Qırmızı fosfor P₄ oktaedrlərindən qurulmuş sonsuz zəncir əmələ gətirir.

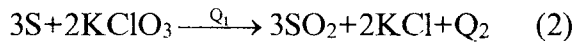


Qırmızı fosfor

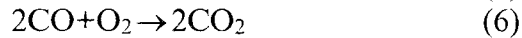
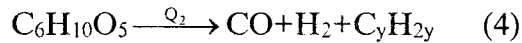
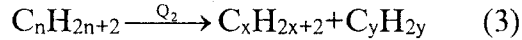
Polimer quruluşu qırmızı fosforun kimyəvi cəhətdən fəal olmamasına səbəb olmuşdur. Belə ki, ağ fosfor havada 100 °C-dən aşağı temperaturda yandığı halda, qırmızı fosfor 300 °C-də yanır. Digər oksidləşdiricilərə qarşı da davamlıdır. Lakin qüvvətli oksidləşdiricilərdən olan bertole duzu ilə qırmızı fosforun qarışığı sürtünmənin, yaxud kiçik zərbənin təsirindən partlayır. Onlardan təhlükəsiz kibrit hazırlanmasında istifadə edilir. Kibritin çöpünün ucunda KClO₃, K₂Cr₂O₇, kükürd, şüşə ovuntusu və yapışqandan ibarət qarışıq olur. Qutusunun kibrit sürtülən yan üzündə qırmızı fosforla, Sb₂S₃ qarışığı və yapışqan olur. Kibriti yandırdıqda fosforla bertole duzu arasında reaksiya (1) gedir. Bu zaman çoxlu istilik ayrılır:



Ayrılan istilik oksidləşdiricilər və reduksiyaedicilər (kükürd və s.) arasındakı reaksiyanın (2) başlanmasına təkan verir:



Bu zaman qıgılıcım yaranır, kibrit çöpünə hopdurulan parafin əriyir və parafin kimi (3) qaz halında parçalanma məhsulları və oduncaq (4) alovlanır (5–7):

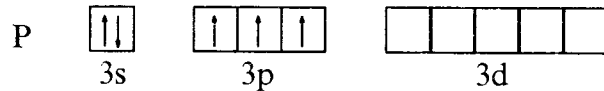


Kibritin çöpünün qutusunda sürtünməsindən ayrılan istilik 2-ci reaksiyanın başlanması üçün kifayətdir, yəni alovlanma üçün insiator rolunu oynayır. Küləkdə sönməyən ovçu kibritinin çöpünün ucunda əlavə olaraq P_4S_3 birləşməsi olur.

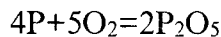
Qara fosfor. Bozuntul-qara rəngli bərk maddədir. İysizdir, qrafitə oxşayır, ələ sürtükdə yağlıtəhər təsir bağışlayır. Asanlıqla laylara ayrılır. Yarımkeçiricidir, otaq temperaturunda həlledicilərdə həll olmur. Kimyəvi cəhətdən az fəaldır. Kristal qəfəsi qrafitə oxşayır, layvari quruluşa malikdir. Fosforun bütün şəkildəyişmələri 800 °C-dən yüksək temperaturda parçalanır P_2 molekullarından ibarət olan buxara çevrilir.

Allotropik şəkildəyişmələrin bir-birinə çevrilmələri. 1) Ağ fosfor → Qırmızı fosfor. Bu proses otaq temperaturunda yavaş gedir, qapalı qabda qızdırdıqda 330 °C-də sürətlənir. 2) Qırmızı fosfor → Ağ fosfor. 780 °C-də qırmızı fosfor buxar halına keçir, normal atmosfer təzyiqində soyutduqda ağ fosfora çevrilir. 3) Ağ fosfor → Qara fosfor. Proses 10000 MPa (100000 atm.) təzyiqdə yaxud normal atmosfer təzyiqində 380 °C-də xırdalanmış civə dənəciklərinin katalizatorluğu ilə həyata keçirilir.

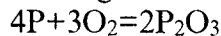
Kimyəvi xassələri. Valent elektronlarının sayına görə ($3s^23p^3$) fosfor azotun analoqudur:



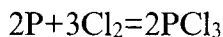
Fosforun xassələrində 3d orbitalının rolu var. Fosforun valent elektronları yerləşən energetik səviyyədə baş kvant ədədi 3-ə bərabərdir. Azotda isə 2-yə bərabərdir. Atomlarının radiusu da fərqlidir. Fosfor atomunun radiusu azot atomunun radiusundan ($0,4 \text{ \AA}$) böyükdür. Fosforun elektromənfilii (2,1) azotun (3) elektromənfiliiyindən 1,5 dəfə azdır. Ona görə də stexiometrik tərkibləri formal olaraq eyni olmasına baxmayaraq, fosfor birləşmələri müvafiq azot birləşmələrindən əsaslı surətdə fərqlənirlər. Birləşmələrdə fosforun oksidləşmə dərəcəsi ən çox +5, +3 və -3 valentliyi müvafiq olaraq V və III bərabər olur. Allotropik şəkildəyişmələrindən ağ fosfor daha fəaldır. Fosfor havada fosfat anhidridi əmələ gətirməklə yanır:



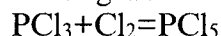
Oksigen çatışmadıqda fosfit anhidridi əmələ gəlir:



Fosforun oksidləşməsini yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi ağ fosforun özündən işıq saçmasını bir çox kimyaçılar tədqiq etmişlər. Nobel mükafatı laureatı N.Semyonov fosforun yanma reaksiyasını daha ətraflı öyrənmiş və zəncirvari reaksiyaların yeni tipini – budaqlanan zəncirvari reaksiyaları kəşf etmişdir. Ağ fosfor halogenlərin atmosferində yanır, trihalogenidlər əmələ gətirir:

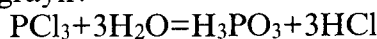


Halogen çox olduqda pentahalogenid əmələ gəlir:

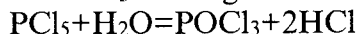


Fosforun flüoridini dolayı yolla alırlar. Ona görə ki, fosforun flüorla reaksiyası partlayışla gedir. Adi şəraitdə PCl_3 maye, PCl_5 isə bərk haldadır. Bunların aqreqat hallarının müxtəlif olmalarının səbəbini P–Cl rabitəsinin PCl_3 -də kovalent PCl_5 -də isə ion xarakterli olması ilə izah etmək olmaz. Hər iki halogeniddə P–Cl rabitəsi kovalentdir. Lakin PCl_5 -də fosfor və xlor atomları elə qruplaşırlar ki, müsbət yüklü PCl_4^+ və mənfi yüklü PCl_6^- ionları əmələ gətirirlər. Həmin ionlar da ion kristal qəfəsini əmələ gətirirlər. PBr_5 -in bərk halda olmasının

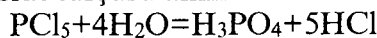
səbəbi də yuxarıdakı kimi izah edilir. Lakin yüklü ionların tərkibi başqadır: PBr_4^+ və Br^- . Bromid ionunun Br^- radiusu böyük olduğundan PBr_6^- mövcud ola bilməz. PI_5 mövcud deyil. PCl_5 asanlıqla hidrolizə uğrayır:



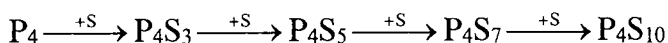
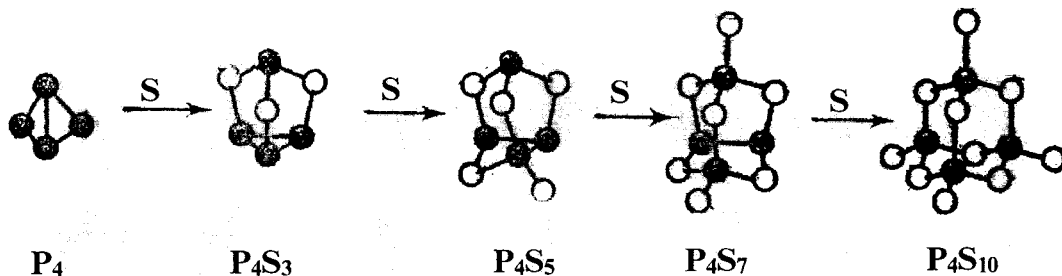
PCl_5 -in soyuq su ilə reaksiyasından POCl_3 əmələ gəlir:



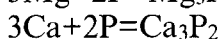
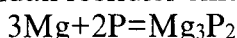
Qaynar suyun təsirindən ortofosfat turşusu alınır:



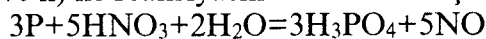
Fosforun kükürlə reaksiyasının baş verməsi üçün azca qızdırmaq lazımdır. Kükürdün miqdarından asılı olaraq müxtəlif birləşmələr əmələ gəlir:



Fosforun metallarla reaksiyasından fosfidlər əmələ gəlir:

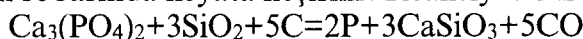


Fosforun nitrat turşusu (32 %-li) ilə reaksiyasından fosfat turşusu alınır:

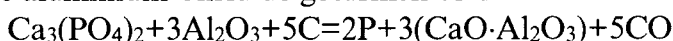


Bu reaksiya laboratoriyada fosfat turşusu alınmasının əlverişli üsullarından biridir.

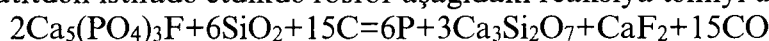
Fosforun alınması. Fosfor və onun birləşmələrini almaq üçün əsas xammal fosforit və apatitdir. Xırdalanmış və kifayət qədər təmizlənmiş filiz koks və qumla qarışdırılır. Burada koks reduksiyaedici, qum isə kalsium-oksidi silikat şəklində şlaka keçirməkdir. Proses 1400–1600 °C-də elektrik sobasında həyata keçirilir. Reaksiyaların yekun tənliyi belədir:



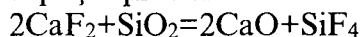
Qum (kvarsit) əvəzinə alüminium-oksidi də götürmək olur:



Xammal kimi apatitdən istifadə etdikdə fosfor aşağıdakı reaksiya tənliyi üzrə alınır:



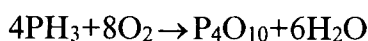
Kalsium-flüorid silisium 4-oksidi qarşılıqlı təsirdə olur:



Ayrılan qaz qarışığı (fosfor buxarları və karbon monooksidi) su ilə suvarılan kondensatora verilir, sonra su olan qəbuledicidə suyun altında toplanır. Bu yolla alınan ağ fosfor sonra istifadə ediləcək məqsəddən asılı olaraq təmizlənir. Elə sahə var ki, orada fosforun təmizlənmək dərəcəsi çox yüksək olmalıdır. Məsələn, yarımkəçiricilər istehsalında tətbiq edilən fosforun təmizlik dərəcəsi 99,999–99,9999 %-dən az olmamalıdır.

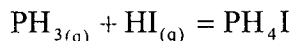
§ 11. Fosforun birləşmələri. Fosfin

Fosfin (PH_3) rəngsiz, zəhərli, kəskin iyli qazdır. İylənmiş balıq iyi verir. Təmiz fosfin davamlıdır. Lakin az miqdarda P_2H_4 və fosfor buxarları qarışığı olan fosfin havada öz-özünə alışıb yanır:

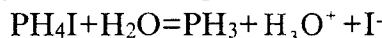


Fosfin formal analoqu ammonyaka nisbətən zəif əsasdır. Ona görə ki, P–H rabitəsi δ^- – δ^+ rabitəsinə nisbətən az polyardır. Bunun səbəbi amonyakda azotun kimyəvi rabitəyə sərflənməmiş elektron cütünün sp^3 hibridləşməsində iştirak etməsidir. PH_3 -də isə belə deyil, s

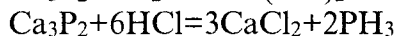
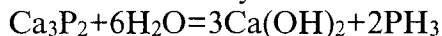
orbitalı simmetrik olaraq qalır. Belə quruluş donör-akseptor qarşılıqlı təsirini çətinləşdirir. Fosforun elektromənfiyyəti azotun elektromənfiyyətindən azdır. Suda həll etdikdə PH_3 molekulu ilə H_2O molekulu arasında hidrogen rabitəsi demək olar ki, əmələ gəlmir. Nisbi molekül kütləsi böyük olmasına (34) baxmayaraq PH_3 molekulları arasında da hidrogen rabitəsi əmələ gəlmir. Ona görə də ammoniyaka ($-33,35^\circ\text{C}$) nisbətən fosfinin qaynama temperaturu (-88°C) aşağıdır. Bir həcm suda 0,3 həcm fosfin həll olduğu halda, 700 həcm ammoniyak həll olur. Fosfin yalnız çox qüvvətli turşularla qarşılıqlı təsirdə olur, proton birləşdirir:



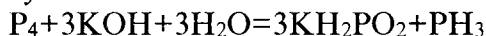
Fosfonium-yodid duzu PH_4I suyun təsirindən parçalanır:



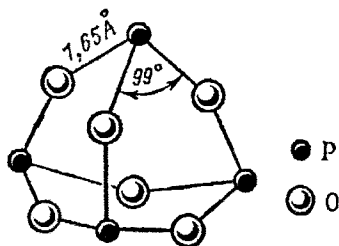
Fosfin fəal metalların fosfidlərinin hidrolizindən yaxud onlara turşu ilə təsir etməklə alınır:



Ağ fosforun qələvilərlə reaksiyasından da fosfin alınır:



Difosfor-trioksid (fosfor 3-oksidi) P_2O_3 . Tədqiqat göstərmişdir ki, P_2O_3 -ün quruluşu ikiqat formula P_4O_6 -ya uyğun gəlir.

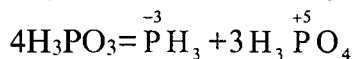


Şəkil XV-2. P_4O_6 molekulu quruluşu

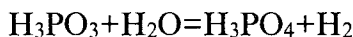
Fosfor 3-oksidi mumaoxşar kristallik kütlədir. Asan əriyir ($23,8^\circ\text{C}$), rəngsiz mayeyə çevrilir. Fosfor 3-oksidi oksigen çatışmazlığı şəraitində ağ fosforun oksidləşməsindən alınır. Soyuq su ilə reaksiyasından fosfit turşusu alınır:



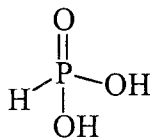
Fosfit turşusu H_2PHO_3 . Fosfit turşusu sərbəst halda kristallik maddədir. Susuz fosfit turşusunu qızdırdıqda özünüoksidləşdirmə-özünüreduksiya (dismutasiya) baş verir:



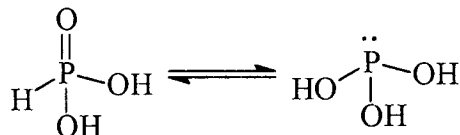
Suda məhlulunda fosfit turşusu qüvvətli reduksiyaedicidir, onun məhlulunu qızdırdıqda hidrogen ayrılır:



Tərkibində üç atom hidrogen olmasına baxmayaraq fosfit turşusu ikiəsaslıdır. Onun molekulu hidrogen atomlarının ikisi fosfora oksigen atomları vasitəsi ilə birləşib. Bunlar metal atomu ilə əvəz olunur:

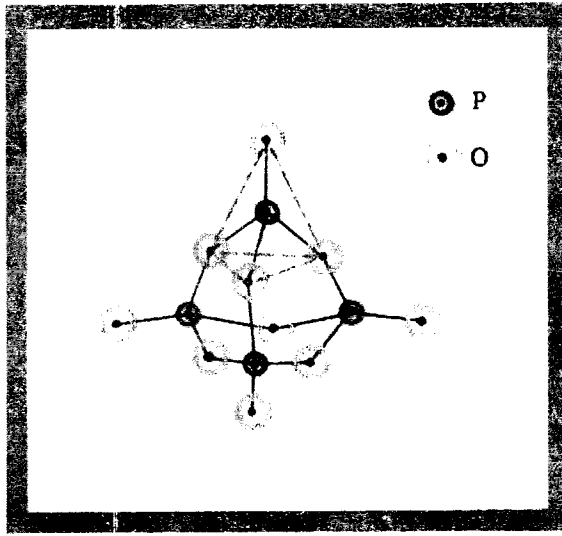


Bu quruluş fosfit turşusu üçün mütləq deyil. Məhlulda o, iki tautomer formada olur:



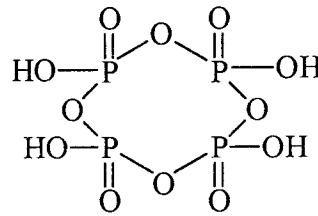
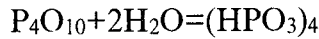
Burada tarazlıq tamamilə sola yönəlmişdir. Lakin hər iki formanın törəmələri alınmışdır.

Difosfor-pentaoksidi (fosfor 5-oksidi) P_2O_5 . P_2O_5 formulu bir neçə şəkildəyişməsi olan bu maddənin həqiqi quruluşunu əks etdirmir. Onlardan biri uçucu forma adlanır və tərkibi P_4O_{10} -dur.

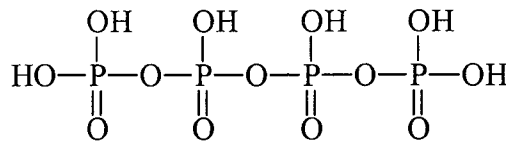
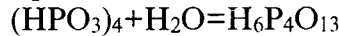


Şəkil XV-3. Dörd PO₄ tetraedrindən qurulmuş P₄O₁₀ molekulu.

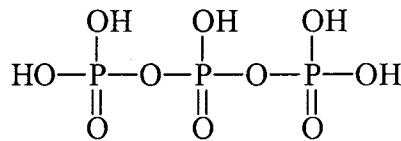
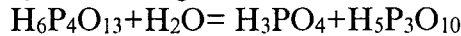
P₄O₁₀ molekulu dörd PO₄ tetraedrindən qurulmuşdur (şəkil XV-3). Onların hər biri digər üç qonşusu ilə birləşib. Onlardan biri punktirlə göstərilib. Uçucu formada P₄O₁₀ molekulları bir-birilə zəif molekullararası qüvvələrlə birləşib. Ona görə də qızdırdıqda ayrı-ayrı P₄O₁₀ molekulları ayrılırlar. Quruluşunu nəzərdən keçirdiyimiz forma fosfat anhidridinin α-formasıdır. Bundan başqa (P₂O₅)_n tərkibli β-, γ- və δ-formalar var. Bunlar bir-birindən quruluşlarına görə fərqlənirlər. β-forma amorf tozdur, texniki fosfat anhidridinin əsasını təşkil edir. γ-forma şüşəyəbənzər kütlədir. δ-forma kristallik maddədir. Fosforu quru oksigəndə yandırdıqda fosfat anhidridinin müxtəlif modifikasiyalarının qarışığından ibarət olan ağ toz alınır. Fosfat anhidridinin uçucu formasının su ilə reaksiyasından fosfat turşularının müxtəlif tipləri alınır. Hidratasiyanın birinci mərhələsində tetrametafosfat turşusu alınır:



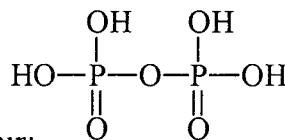
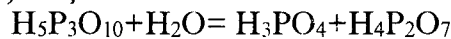
Sonra tetrametafosfat turşusu tetrapolifosfat turşusuna çevrilir:



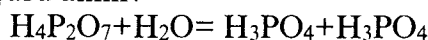
Hidratlaşma prosesinin sonrakı mərhələlərində bir su molekulu birləşdirilir və bir molekul H₃PO₄ ayrılır, tripolifosfat turşusu əmələ gəlir:



Sonra dipolifosfat (pirofosfat) turşusu alınır:

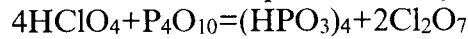


Nəhayət yalnız ortofosfat turşusu alınır:

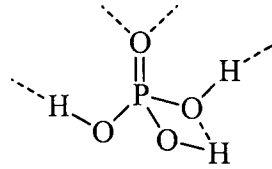


Uçucu olmayan formaların hidratasiyasının mexanizmi mürəkkəbdir. Bu prosesdə də

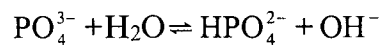
hidratasiyanın son məhsulu fosfat turşusudur. Qızdırdıqda proses sürətlənir. Fosfat anhidridi suya çox hərisdir. Onun tətbiqi sualıcı xassəsinə əsaslanmışdır. Sualıcı xassəsi bütün maddələrdən üstündür. O, hətta kimyəvi cəhətdən birləşmiş suyu da, mürəkkəb maddələrdən özünə çəkir. P_4O_{10} vasitəsilə susuz perxlorat turşusundan anhidridi alınır:



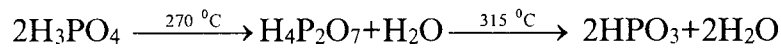
Fosfat turşusu H_3PO_4 . Fosfat turşusunu bəzən ortofosfat turşusu da adlandırırlar. Onda fosforun oksidləşmə dərəcəsi +5-ə bərabərdir. Susuz fosfat turşusu rəngsiz kristallik maddədir. Suda yaxşı həll olur. Onun qatı məhlulunun özlülüyü yüksəkdir. Bunun səbəbi H_3PO_4 molekulları arasında hidrogen rabitələrinin olmasıdır:



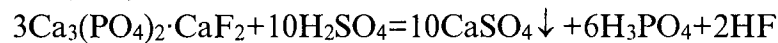
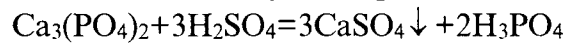
Bərk halda olan H_3PO_4 molekulları arasında da hidrogen rabitələri var. Fosfat turşusu üçəsəşli ortaqüvvətli turşudur. Suda məhlulunda əsasən birinci və ikinci pillə üzrə dissosiasiya edir. Onun məhlulunu neytrallaşdırmaqla natrium-dihidrofosfat NaH_2PO_4 və natrium hidrofosfat Na_2HPO_4 almaq olur. Lakin, bu üsulla Na_3PO_4 almaq olmur. Ona görə ki, PO_4^{3-} ionu sürətlə hidrolizə uğrayır:



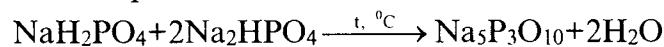
Qızdırdıqda fosfat turşusu tədricən suyunu itirir:



Sənayedə çox böyük miqdarda fosfat turşusu alınır. Əsas sənaye üsulu hidrolitik və pirolitik üsullardır. Hidrolitik üsulda fosforit yaxud apatit sulfat turşusu ilə işlənir:



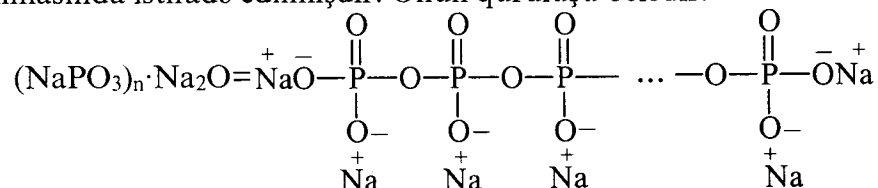
Bu üsulla alınan turşu kifayət qədər təmiz olmadığına görə əsasən mineral gübrələr istehsalına sərf edilir. Pirolitik üsulda əvvəlcə fosfor alınır, sonra onu yandırırırlar, alınan fosfat anhidridini suda həll edirlər. Bu prosesləri yuxarıda nəzərdən keçirmişik. Sintetik yuyucu vasitələrin ən vacib tərkib hissələrindən biri fosfat turşusunun dihidro- və hidroduzlarından alınan natrium-tripolifosfatdır:



Fosfat turşusu zəhərsizdir, ona görə də yeyinti sənayesində müxtəlif məqsədlər üçün o, cümlədən spirtsiz içkilərin hazırlanmasında tətbiq edilir. Fosfat turşusundan poladın korroziyasının qarşısının alınmasında da istifadə edilir. Bu ilk baxışda inandırıcı deyil, digər turşular kimi fosfat turşusu da metalları aşındırır. Lakin, korroziya nəticəsində əmələ gələn Fe^{3+} ionu həll olmayan dəmir 3-fosfat əmələ gətirir. Bu da poladı sonrakı təsirlərdən qoruyur. Bu məqsədlə praktikada katalitik əlavələri olan sinkin və manqanın(II) dihidrofosfatlarından $Zn(H_2PO_4)_2$, $Mn(H_2PO_4)_2$ istifadə edilir.

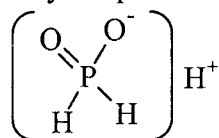
Metafosfat turşusu HPO_3 . Metafosfat turşusu susuz halda şüşəyəbənzər kütlədir. Suda məhlulunda polimerləşmişdir. Polimerləşmə dərəcəsi ikidən altıya qədər dəyişir. Metafosfat turşusu qüvvətli turşudur, P_4O_{10} -nun soyuq su ilə reaksiyasından alınır. Metafosfat turşusunun polimer formasının duzlarının praktik əhəmiyyəti var. $Me(PO_3)_n$ ($n=3,4 \dots$)

aşağı molekullu tsikllərdən ibarətdir. Formulu $Me(PO_3)_n$ olan polifosfatlar irimolekullu açıq zəncirlərdən ibarətdir. Əvvəllər natrium-heksametafosfat adlandırılan Qrem duzundan suyun yumşaldılmasında istifadə edilmişdir. Onun quruluşu belədir:

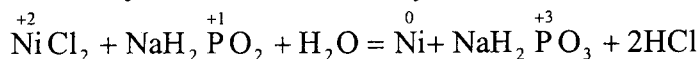


Bu duz özünü iondəyişdirici kimi aparır, məhluldan Ca^{2+} və Mg^{2+} ionlarını özünə birləşdirir.

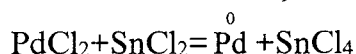
Hipofosfit turşusu $\text{H}_3\text{P}^{\text{+1}}\text{O}_2$, $\text{H}[\text{P}^{\text{+1}}\text{O}_2\text{H}_2]$. Ağ rəngli bərk maddədir, 26,5 °C-də əriyir. Tərkibində üç atom hidrogen olmasına baxmayaraq birəsaslı turşudur:



Hipofosfit turşusu qüvvətli reduksiyaediciyədir. Onun duzlarından metalların səthini kimyəvi (elektrik cərəyanından istifadə edilmədən) nikəllənməsində və xromlanması istifadə edilir. Hipofosfit duzu nikeli yaxud xromu reduksiya edir:



Proses 95 °C-də turş mühitdə (pH=4–6), natrium-sitratın (limon turşusunun natrium duzunun) iştirakı ilə aparılır. Reduksiya olunan nikel üzəri nikəllənən metalın səthinə çökür. Nikəlləmədən əvvəl metalın səthi PdCl_2 və SnCl_2 -lə işlənir, aktivləşdirilir:



Reaksiyasında alınan palladiumun mikroskopik hissəcikləri hipofosfitlə reduksiya prosesində katalizator rolunu oynayır. Aktivləşdirilmiş səthdə nikel parlaq təbəqə əmələ gətirir. Elektriki keçirməyən əşyaların (şüşə, keramika, plastik kütlələr və s.) nikəllənməsində kimyəvi üsul daha əhəmiyyətlidir. Ona görə ki, bu məqsədlə elektrokimyəvi üsulu tətbiq etmək olmaz.

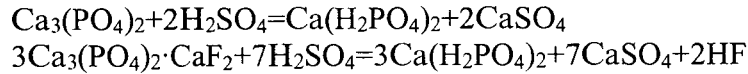
§ 12. Fosforlu gübrələr

Fosfor birləşmələri yalnız insan üçün deyil, bitkilər ümumiyyətlə, bütün canlılar üçün ən vacib elementlərdəndir. Akademik A.Fersman onu həyat və təfəkkür elementi adlandırmışdır. Bitkinin məhsuldarlığının ilkin şərtlərindən biri torpaqda kifayət qədər suda həll olan fosfat duzlarının olmasıdır. Torpaqda bitkinin mənimsəyə biləcəyi fosfor birləşmələri olduqda dənli bitkilərdə zülalın, şəkər çuğundurunda şəkərin miqdarı artır. Hələ 1840-cı ildə alman kimyagisi Y.Libix müəyyən etmişdir ki, bitkilərə mineral gübrələr lazımdır. Hazırda aqrokimya elmi sübut etmişdir ki, bitkilərə azot, fosfor və kalium daha çox miqdarda, kükürd, maqnezium, kalsium, bor, manqan, mis, molibden, dəmir, sink, kobalt, yod və s. elementlər az miqdarda lazımdır. Bu elementlərin xeyli hissəsi becərilən torpaqlardan məhsulla birlikdə aparılır. Onların torpaqdakı miqdarı get-gedə azalır. Torpaqdan 1 ton buğda ilə 3,7 kq, eyni miqdarda küləslə 1,1 kq, kartofla 0,7 kq fosfor aparılır. Bu yolla 1 ildə bütün dünyada məhsulla torpaqdan 10 milyon ton fosfor aparılır. Bitki azot, fosfor yaxud kalium «aclığından» əziyyət çəkir. Ona görə də torpaqlara mineral və üzvi gübrələr verilməsi zərurəti yaranmışdır.

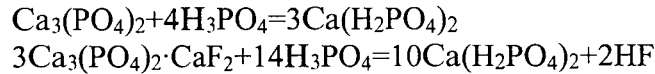
Cədvəl XV-2. Fosforlu gübrələr

Gübrənin adı	Kimyəvi tərkibi
Sadə	
İkiqat superfosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Sadə superfosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$
Fosforit unu	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Sümük unu	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Perspitat	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Kompleks	
Ammofos	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Ammofoska	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 \cdot \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$
Nitroammofos	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
Nitroammofoska	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$

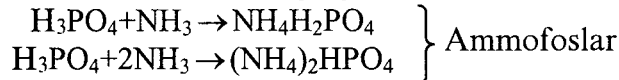
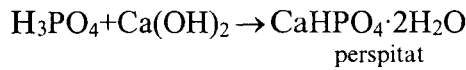
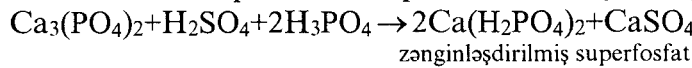
Qələvi metalların və ammoniumun fosfatlarından başqa, digər metalların fosfatları kimi kalsium-fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pH=6–7 olduqda suda praktik olaraq həll olmur. Lakin, ondan turş torpaqlarda gübrə kimi istifadə etmək olar. Həmin torpaqlarda $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 2–3 ilə mənimsənilir. Kalsium-dihidro və hidrofosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 neytral mühitdə suda yaxşı həll olur. Ammoniumun fosfatları daha yaxşı həll olur. Sonuncuları torpağa payızda vermək məsləhət görülmür. Onların çox hissəsi su ilə yuyulur, su hövzələrinə aparılır, qurunt sularına keçir. Fosfatların torpağa normadan artıq verilməsi su hövzələrində flora ilə fauna arasındakı münasibətləri pozur. Sadə superfosfat fosforit yaxud apatitə sulfat turşusunun təsirindən alınır:



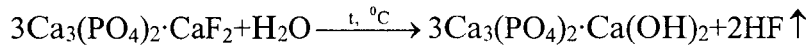
Sadə superfosfatda 14–20 % P_2O_5 olur. İkiqat superfosfat fosforit yaxud apatitə fosfat turşusunun təsirindən alınır:



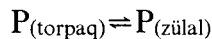
İkiqat superfosfatda 40–50 % P_2O_5 olur. Onu üçqat superfosfat adlandırmaq daha doğru olardı. Ona görə ki, onda P_2O_5 -in miqdarı sadə superfosfatdan üç dəfə çoxdur.



Heyvandarlıqda yem əlavələri kimi istifadə edilən apatit flüorsuzlaşdırılmalıdır. Bu məqsədlə apatit yüksək temperaturda su buxarı ilə emal edilir:



Fosforun təbiətdə dövrəni. Yerin bitki örtüyü torpaqdan həll olan fosfat duzlarını alırlar. Mənimsənən fosfatlar bitki orqanizmində mürəkkəb fosforlu üzvi birləşmələrə (əsasən zülallara) çevrilirlər. Bunlar da yemin tərkibində heyvanlara keçir və onların orqanizmində daha mürəkkəb çevrilmələrə məruz qalırlar. Bitkilər və heyvanlar öldükdən sonra fosforlu üzvi birləşmələr tədricən parçalanırlar və son nəticədə fosfat turşusunun duzlarına çevrilirlər. Bunlara əsasən fosforun təbiətdə dövrəni aşağıdakı sadə sxemlə ifadə etmək olar:

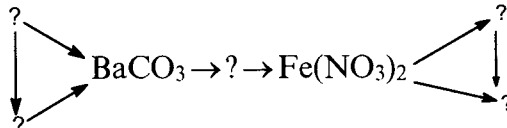


Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, torpaqda fosforun miqdarı demək olar ki, dəyişməz qalır. Bu element ondan nə qədər alınarsa bir o qədər geri qaytarılır.

Məsələlər

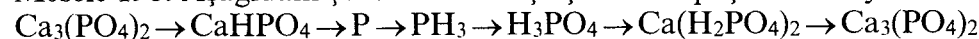
Məsələ 196. 90 kPa təzyiqdə və 263 K temperaturda azot və ammoniyakdan ibarət qaz qarışığının sıxlığı 1,03 q/l -dir. Qarışıqda daha yüngül qazın kütlə payını hesablayın.

Məsələ 197.

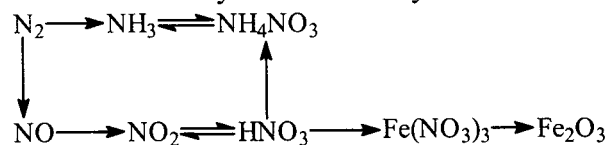


Reaksiyalar sistemində sol tərəfdəki üçbucaqda reaksiyalar oksidləşmə-reduksiyaaya aid deyil, sağ tərəfdəki üçbucaqda reaksiyaların hamısı oksidləşmə reduksiyaaya aiddir. Naməlum maddələri təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

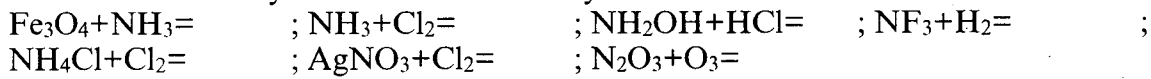
Məsələ 198. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 199. Aşağıdakı çevrilmələrin reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 200. Reaksiya tənliklərini tamamlayın:



Məsələ 201. VA qrup elementlərinin hidrogenli birləşmələrinin qaynama temperaturu ($^{\circ}\text{C}$ ilə) belədir:

NH_3	PH_3	AsH_3	SbH_3
-33	-87	-55	-17

Ammonyakın qaynama temperaturunun ümumi qanunauyğunluqdan kənar çıxmasının səbəbi nədir?

Məsələ 202. Həcmi 26 sm^3 olan qapalı qabda 233 kPa təzyiqdə 27°C -də azot qazı var. Onun molları sayını hesablayın.

Məsələ 203. Fosfor qaz halında xlorla birləşərək ekzotermik effekti 280 kC/mol olan PCl_3 yaxud 367 kC/mol istilik ayırmaqla PCl_5 əmələ gətirir. Bunlara əsasən $\text{PCl}_3 \rightarrow \text{PCl}_5$ reaksiyasının istilik effektini hesablayın.

Məsələ 204. Aşağıdakı sxemdə naməlum maddələri təyin edin və iki halda reaksiya tənliklərini yazın: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{X}_1 \rightarrow \text{X}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

a) reaksiyalar mübadilə reaksiyalarıdır;

b) reaksiyalar oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarıdır.

Məsələ 205. Ortofosfat turşusu asetat turşusuna nisbətən qüvvətli turşudur. Buna baxmayaraq fosforit asetat turşusunda həll olur. Bu hadisəni necə izah etmək olar?

Məsələ 206. Naməlum maddəni oksigendə yandırdıqda $3,6 \text{ ml}$ su $2,24 \text{ l}$ (n. ş-də) azot əmələ gəlmişdir. Həmin maddənin buxarlarının hidrogenə görə sıxlığı 16-ya bərabərdir. Onun molekulyar formulunu təyin edin.

Məsələ 207. Ammonium ionunda N-H rabitələrinin dördünün də eyniqiymətli olduğunu kimyəvi üsulla necə sübut etmək olar?

Məsələ 208. a) CO_2 -dən təmizlənmiş havanı közərmiş mis qırıntıları üzərindən keçirdikdə

b) ammonium-nitriti parçaladıqda alınan qazın tərkibində fərq varmı?

XVI FƏSİL

IV QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. Ümumi xarakteristikaları

IV qrupun əsas yarımqrupuna karbon, silisium (karbon yarımqrupu), germanium, qalay və qurğuşun (germanium yarımqrupu) daxildir. Onlar p elementləridir. Atomlarının xarici energetik səviyyəsində dörd elektron var (s^2p^2). Onlardan p elektronları qoşalaşmamış vəziyyətdədir. Atomları həyəcanlanmış vəziyyətə keçdikdə xarici energetik səviyyəsində elektronların hamısı qoşalaşmamış halda olur (s^1p^3). Karbondan qurğuşuna doğru bu elementlərdən əmələ gələn bəsit maddələrin metallıq xassəsi artır. Fiziki xassələrinə görə almaz və qrafit qeyri-metaldır (qrafitdə metallıq xassəsinin əlamətləri var), silisium və germanium aralıq vəziyyətdədir, yarımkəçiricilərdir. Qalay və qurğuşun tipik metallardır. Kimyəvi xassələrinə görə karbon və silisium qeyri-metaldır, Ge, Si, Pb sırasında metallıq xassəsi artır, Ge-da qeyri-metallıq xassələri olsa da Pb metaldır.

Karbon və silisiumun oksidləşmə dərəcəsi +4 olan hidrokisidləri turşulardır, germanium, qalay və qurğuşunun müvafiq hidrokisidləri amfoter xassəlidir. Oksidləşmə dərəcəsi +2 olan hidrokisidlər yalnız germanium, qalay və qurğuşun üçün məlumdur. Onların əsaslıq xassələri oksidləşmə dərəcəsi +4 olan müvafiq hidrokisidlərdən yüksəkdir. Lakin, onlar bütövlükdə amfoter birləşmələrdir. IV A qrupu elementlərinin hidrogenli birləşmələrinin davamlılığı karbondan qurğuşuna doğru azalır. Karbon atomları praktik olaraq bir-birilə qeyri-məhdud dərəcədə birləşərək uzun və şaxələnmiş zəncirlər və tsikllər əmələ gətirirlər. Bu işə üzvi birləşmələrin sayının çox olmasına səbəb olmuşdur.

Silisium atomları da bir-birilə birləşərək uzun zəncirli və qapalı birləşmələr əmələ gətirirlər. Lakin, bunlar zəif birləşmələrdir. Germaniumda bu xassə silisiuma nisbətən olduğu halda qalay və qurğuşun üçün ümumiyyətlə xarakterik deyil.

Cədvəl XVI-1. IV A qrup elementlərinin xassələri

Xassələri	Karbon C	Silisium Si	Germanium Ge	Qalay Sn	Qurğuşun Pb
Elementin sıra nömrəsi	6	14	32	50	82
Nisbi atom kütləsi	12,011	28,086	72,61(2)	118,711	207,2(1)
Yer qabığında miqdarı, %-lə	$8,7 \cdot 10^{-2}$	25,8	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Ərimə temperaturu, °C	3850	1423	959	232	327
Sıxlığı, 20 °C-də q/sm ³	5,1 (almaz) 2,2 (qrafit)	2,33	5,35	7,28	11,34
Oksidləşmə dərəcəsi	+4, +2, -4	+4, (+2), -4	+4, (+2)	+4, +2	+4, +2
Hidrokisidləri (+4)	H ₂ CO ₃ Orta qüvvətli turşu	H ₄ SiO ₄ SiO ₂ ·nH ₂ O Çox zəif turşu	Ge(OH) ₂ Əsaslıq xassəsi üstün olan amfoter hidrokisidlər	Sn(OH) ₂	Pb(OH) ₂
Hidrokisidləri (+2)	—	—	GeO ₂ ·nH ₂ O	SnO ₂ ·nH ₂ O	PbO ₂ ·nH ₂ O Turşuluq xassəsi üstün olan amfoter hidrokisidlər
Anionun adı	Karbonat	Silikat	Germanat	Stannat	Plümbat

§ 2. Karbon

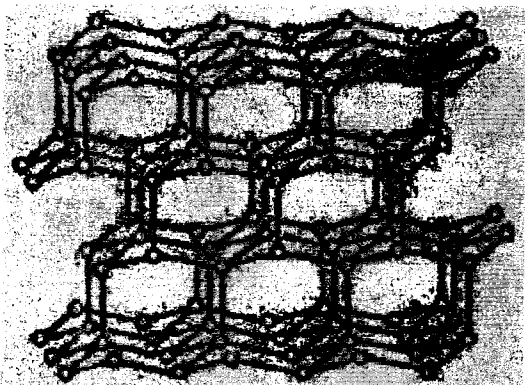
Karbon bəşəriyyətə ən qədim dövrlərdən məlum olan elementlərdəndir. Ən çox birləşmələr karbon deyil, hidrogen əmələ gətirir. Ona görə ki, üzvi birləşmələrin əksəriyyətinin tərkibinə hidrogen daxildir. Bundan əlavə silisiumun külli miqdarda hidrogenli birləşmələri var. Borun hidrogenli birləşmələrini (boranları) və digər elementlərin hidrogenli birləşmələrini də nəzərə almaq kifayətdir. Karbonun birləşmələrinin çoxu üzvi kimya kursunda öyrənilir. Onlardan az qismi qeyri-üzvi maddə hesab edilir. Maddələrin belə bölgüsü şərtidir. Elə maddələr var ki, quruluşu və xassələrinə görə həm qeyri-üzvi həm də üzvi

maddələrə aid edilir. Bunlara misal olaraq CS_2 , CCl_4 , HCN , C_2N_2 və s. göstərmək olar.

Təbiətdə tapılması. Karbon təbiətdə həm sərbəst həm də birləşmələr şəklində tapılır. Yer qabığının kütləsinin 0,23 %-ni təşkil edir. Karbon təbiətdə sərbəst halda almaz, qrafit və karbin şəklində tapılır. Daş kömürün bəzi sortlarında (əsasən antrasitdə) 98 % karbon olur. Almaz təbiətdə çox nadir hallarda tapılır. Təbiətdə tapılan almaz kristallarının kütləsi 0,2-0,4 q olur. Ən böyük almaz Cənubi Afrikada tapılmışdır. Onun kütləsi 621,2 q-dır. Yakutiya, Uralda, Braziliya və Hindistanda almaz yataqları var. Qrafit digər maddələrlə çirklənmiş halda layvari yataqlar əmələ gətirir. Ukraynada və Amur vilayətində qrafit yataqları var. Birləşmələrindən karbonatlar daha geniş yayılmışdır. Onlara əhəngdaşının, tabaşirin və mərmərin tərkibinə daxil olan kalsiti $CaCO_3$, maqneziti $MgCO_3$, dolomiti $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, dəmir şpatı, yaxud sideriti $FeCO_3$, malaxiti $Cu_2(OH)_2CO_3$, smitsonit $ZnCO_3$, viterit $BaCO_3$ və s. göstərmək olar. Təbii sulara kalsium, maqnezium və az miqdarda dəmirin hidrokarbonatları var. Havada 0,03 % karbon qazı var. Günəş sistemi planetlərinin hamısının atmosferində karbon qazı və metan aşkar edilmişdir. Mars planetinin atmosferi demək olar ki, tamamilə karbon qazından ibarətdir. Bəzi meteoritlərdə üzvi maddələr, qrafit hətta almaz var. Bunlardan başqa karbon neftin, təbii yanar qazların, daş kömürün, yanar şistlərin və canlı orqanizmlərin əsasını təşkil edir.

Fiziki xassələri. Sərbəst halda karbon almaz, qrafit, karbin və fulleron şəklində mövcud olur.

Almaz. Almaz rəngsiz şəffaf bərk maddədir, çox qiymətli daşdır. Təbiətdə tapılan maddələrin ən bərkidir. $20^\circ C$ -də almazın sıxlığı $2,265 \text{ q/sm}^3$ -dir. Elektrik cərəyanını keçirmir. İstiliyi pis keçirir. Almazı tərəşləyib və cilalamaqla brilliant almaq olur. Brilliantın kütləsi karatlarla ifadə edilir (1 karat 200 mq-a bərabərdir). Almaz təmiz olmadıqda tutqunlaşır, mavi-boz rəngə çalır. Hazırda istifadə edilən almazın çox hissəsi süni surətdə alınır. Bu məqsədlə qrafit $2000^\circ C$ -də 5300 MPa təzyiqdə qızdırılır. İstehsal olunan almazın 80 %-dən texniki məqsədlər üçün istifadə edilir. O, müxtəlif bərk materialları emal etdikdə və qazma işlərində tətbiq edilir. Almazın xassələri (bərkliyi və s.) onun quruluşu ilə izah edilir. Almaz kubik üzmerkəzli atom kristal qəfəsini əmələ gətirir. Atomların yarısı kubun birinin təpələrində və üzərin mərkəzində, digər hissəsi o biri kubun təpələrində və üzərin mərkəzində birinciyə nisbətən onun diaqonalı istiqamətində yerləşmişlər. Karbon atomu almazda sp^3 hibridləşməsi vəziyyətindədir və üç ölçülü tetraedrik tor əmələ gətirirlər. sp^3 hibridləşməsinin mexanizmi karbonun kimyəvi xassələrində aydınlaşdırılır. Karbon atomları bir-birilə σ rabitələri vasitəsilə birləşirlər. Tetraedrdə karbon atomları arasındakı məsafə $0,154 \text{ nm}$ -ə bərabərdir. Almazda vahid həcmdə atomların sayı bütün bəsit maddələrdə olduğundan çoxdur. Ona görə də almazda atomlar çox yığcam və nizamlı yerləşmişlər. Almazın quruluşu şəkil XVI-1-də göstərilmişdir.



Şəkil XVI-1. Almazın kristal qəfəsi.

Havasız şəraitdə $1000^\circ C$ -də almazı qızdırdıqda qrafitə çevrilir.

Qrafit. Qrafit azca metal parıltısı olan tünd-boz rəngli kristaldır. Qrafitdə karbon atomları sp^2 hibridləşməsi vəziyyətindədir. Karbon atomlarının hər biri qonşu atomlarla üç σ rabitəsi əmələ gətirir. Rabitələrin arasındakı bucaq 120° olur. Nəticədə altıbucaqlılardan ibarət layvari tor əmələ gəlir. Həmin altıbucaqlıların hamısının təpələrində karbon atomlarının nüvələri yerləşir. Nüvələrin arasındakı məsafə $0,1415 \text{ nm}$ -dir.

σ rabitəsinin əmələ gəlməsində hər karbon atomunun üç elektronu iştirak edir. $2s$

yarımşəviyyəndəki elektronlardan biri 2p yarımşəviyyəndəki orbitala keçir, nəticədə karbon atomunun dörd qoşalaşmamış elektronu olur. Sonra bu elektronlardan üçü (biri 2s yarımşəviyyəndə, ikisi 2p yarımşəviyyəndə) hibridləşir, yəni nüvədən qeyri-simmetrik bir tərəfə dartılır, armudaoxşar şəkil alır.

Karbonun 2p yarımşəviyyəndə elektronlardan biri hibridləşmədə iştirak etmir. Həmin elektronun buludu karbon atomları müstəvisinə (layvari karbon atomları torunun müstəvisinə) perpendikulyar yerləşir. Həmin p elektronları karbon atomlarının əmələ gətirdikləri toru hər iki tərəfdən (aşağıdan və yuxarıdan) sanki bir-birinə «tikərək» delokallaşmış π rabitəsini əmələ gətirir. Lokallaşmış rabitədən (valent elektronları bir-birilə birləşən iki atoma mənsub olur) fərqli olaraq delokallaşmamış rabitədə elektronlar iki atom arasında deyil bütün atomlar arasında rabitə yaradaraq ümumi sistem əmələ gətirir.

Qrafitdə karbon atomları layları arasındakı məsafə 0,335 nm-ə bərabərdir. Adi kimyəvi rabitəyə nisbətən bu məsafə bir qədər böyük olduğundan hibridləşməmiş p elektronları bir-birinin üstünə kifayət qədər düşmədiyindən həmin laylar bir-birilə zəif birləşirlər. Ona görə də qrafitin mexaniki möhkəmliyi kifayət qədər deyil. Biz qrafit qələmlə yazı yazdıqda qonşu laylar arasındakı rabitələrin bir qismi qırılır. Ona görə bir qismi deyirik ki, qrafit qələmlə çəkdiyimiz hər xətt bir-birilə əlaqəsi olan çoxlu laylardan ibarətdir. Hibridləşməmiş p elektronları bir-birinə nisbətən kifayət qədər yerini dəyişə bildiklərinə görə qrafit elektrik cərəyanını və istiliyi keçirir. Qrafitin quruluşunu aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar.



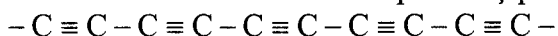
Şəkil XVI-2. Qrafitin kristal qəfəsi.

Qrafiti havasız şəraitdə tədricən qızdırdıqda heç bir dəyişikliyə məruz qalmır. Yalnız 4000 °C-də ərimədən buxar halına keçir. Maye karbonu 3700 °C-dən yüksək temperaturda 105 atm. təzyiqdə almaq olur. Maye qrafit (karbon) təqribən 4200 °C-də qaynayır. Qrafitin ərimə və qaynama temperaturu məlum olan maddələrinkindən ən yüksəyidir. Qrafitdən elektrodlar, qrafitlə gilin qarışığından metalları əritmək üçün odadavamlı butalar hazırlanır. Qrafitin yağlarla qarışığı ən yaxşı sürtgü materiallarındanıdır. Qrafit metalın səthini örtərək hamarlaşdırır, sürtünməni azaldır. Qrafitdən həmçinin nüvə reaktorlarında neytron yavaşıcısı kimi istifadə edilir. Sənayedə təbii qrafitdən başqa süni qrafitdən də geniş istifadə edilir. Süni qrafiti almaq üçün koks, yaxud antrasitlə daş kömür qətranı elektrik sobasında 2200-3000 °C-də qızdırılır. Karbonlu birləşmələri havasız şəraitdə qızdırdıqda «amorf» karbon yaxud sadəcə olaraq kömür alınır. Belə kömür çox xırda nizamsız surətdə yerləşmiş qrafit kristallarından ibarətdir. Alınma üsuluna və hansı maddədən alınmasına görə kömürlər bir-birindən fərqlənirlər. Bunlardan başqa onların tərkibində xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə biləcək qarışıqlar olur. Daha çox texniki əhəmiyyətli olan kömür sortları koks, ağac kömürü, sümük kömürü və dudadır. Koks daş kömürü, yaxud neftin emalında alınan bərk qalığı havasız şəraitdə qızdırmaqla alınır. Ondan metallurgiyada filizdən metal alınmasında geniş istifadə edilir. Ağac kömürü oduncağı havasız şəraitdə qızdırmaqla (oduncağın quru distilləsindən) alınır. Bu zaman ağac kömüründən əlavə metil spirti, asetat turşusu, aseton və s. qiymətli üzvi maddələr alınır.

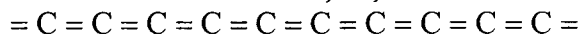
Yüksək məsaməliliyinə görə ağac kömürü adsorbsiya qabiliyyətinə malikdir. Oduncaqda çoxlu kapillyar borular var. Onun quru distilləsindən alınan kömürdə həmin borular demək olar ki, pozulmamış halda qalır. Qazın və həll olmuş maddələrin kömür və digər bərk maddələr tərəfindən adsorbsiyası (tutulub saxlanması) Van-der-Vaals qüvvələrinə əsaslanmışdır. Van-der-Vaals qüvvələri maddələrin neytral hissəciklərinin (molekul və atomların) qarşılıqlı təsiridir. Bu işə polyar yaxud qeyri-polyar hissəciklərin bir-birini elektrostatik cazibəsi əsasında baş verir.

Aktivləşdirilmiş kömürün adsorbsiya qabiliyyəti daha yüksəkdir. Onun səthi çox böyükdür. 10 q aktivləşdirilmiş kömür, adi şəraitdə 15 l həcm tutan 50 q xloru uda bilir. 1 q kömürün səthi 800 m²-dir. Aktivləşdirilmiş kömür, ağac kömürünü yüksək temperaturda su buxarı vasitəsilə emal etməklə alınır. Bu zaman kömürün kapilyarlarını tutan qətranlı maddələr təmizlənir. Aktivləşdirilmiş kömürdən benzolu işıq qazından, viskoz ipəyinin istehsalında karbon 4-sulfidin tullantılarından, boyaq istehsalı tullantılarından həlledicilərin ayrılmasında, şirələrin rəngsizləşdirilməsində, etanolun sivuş yağlarından təmizlənməsində və s. istifadə edilir. Əleyhiqazların hazırlanması aktivləşdirilmiş kömürə əsaslanmışdır. Sümük kömürü yağı təmizlənməmiş sümüyün kömürləşdirilməsindən alınır. Onda 7-10 % karbon, 80 %-ə qədər kalsium-fosfat və digər duzlar olur. Sümük kömürünün yüksək adsorbsiya qabiliyyəti var. Ondan məhlullardan rəngli maddələri kənar etmək üçün istifadə edilir. Duda yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi çox xırda qrafit kristallarından ibarətdir. Təbii qazı hava çatışmaması şəraitində yandırmaqla alınır. Bu zaman duda metal lövhələr üzərində toplanır. Duda avtomobil şininin təqribən üçdə birini təşkil edir. Ondan rezin, quru qalvanik elementlər, boyaqlar, ayaqqabı kremləri və turşu istehsalında geniş istifadə edilir.

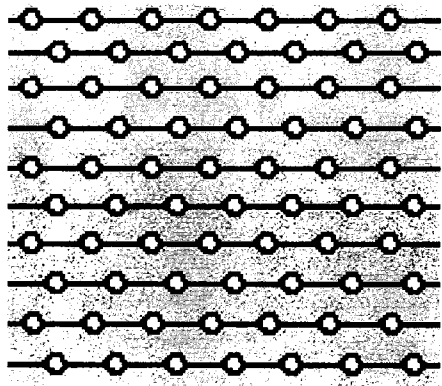
Karbin. Karbin kiçik kristallardan ibarət qara rəngli tozdur. Onun qəfəsi düzxətli zəncirlərdən təşkil olunmuşdur. Həmin zəncirdə bir karbon atomu iki σ və iki π rabitəsi əmələ gətirir. Karbində karbon sp hibridləşmə vəziyyətindədir. İki növ karbin var. α -karbin və β -karbin. α -karbində karbon atomları bir-birilə birqat və üçqat rabitələrlə birləşmişlər:



α -karbinin quruluşu asetilenin quruluşunu xatırladır. Maraqlıdır ki, karbin ilk dəfə asetilenin katalitik oksidləşməsindən alınmışdır. β -karbin yaxud polikumulendə karbon atomları bir-birilə ikiqat rabitələr vasitəsilə birləşmişlər:



Ozonlaşdırdıqda α -karbin oksalat, β -karbin karbonat turşusuna çevrilir. Bu çevrilmələrin mexanizmi üzvi kimya kursunda nəzərdən keçirilir. α - və β -karbinlərin quruluşunu bir sxemlə göstərmək olar:

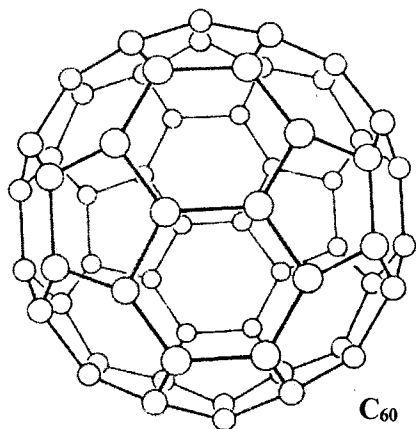


Şəkil XVI-3. Karbinin kristal qəfəsi.

Karbində yarımqeçirici xassəsi var, işığın təsirindən elektrik keçiriciliyi artır. Qan karbinə toxunduqda laxtalanmır (tromb əmələ gətirmir). Ona görə də karbinlə örtülmüş liflərdən süni qan damarları hazırlanır. Karbin təbiətdə tapılır. 1970-ci ildə Almaniya ərazisində Riskrakterində 99,99 % karbondan ibarət yeni mineral tapılmışdır. Analiz göstərmişdir ki, həmin mineral 1968-ci ildə süni surətdə alınan karbinin şəkildəyişməsidir.

Karbonun dördüncü allotropik şəkildəyişməsi fullerondur (bukibol). Karbonun bu formasının olmasını ilk dəfə 1973-cü ildə Sovet kimyaçıları D.A.Buçavr və Y.N.Qalpern nəzəri olaraq əsaslandırmışdır. Fulleron (bukibol) 60 karbon atomundan əmələ gəlmişdir. O, eyni ilə futbol topunun üz qabığını xatırladır. Fulleron 20 altıbucaqlının və 12 beşbucaqlının əmələ gətirdiyi ikosaedrdir. Onun 60 təpəsi var (hər təpədə bir karbon atomu var). Hər təpədə iki altıbucaqlı ilə bir beşbucaqlı birləşir (şəkil XVI-4).

Fulleronda ikosaedrin mərkəzi ilə karbon atomu arasındakı məsafə 3,512 Å, üzlərdə iki altıbucaqlını birləşdirən tildə C-C rabitəsinin uzunluğu 1,45 Å iki beşbucaqlını birləşdirən tilin uzunluğu isə 1,40 Å -dir.



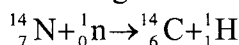
Şəkil XVI-4. Fulleronun kristal qəfəsi.

1985-ci ildə ingilis və amerika kimyaçıları Q.Kroto və R.Smolli vakuumda qrafitə güclü lazer şüaları ilə təsir etməklə C_{60} tərkibli qəhvəyi sarı rəngli maddə almışlar. Həmin maddəyə bukibol adını da onlar vermişlər. Fulleron üzvi həlledicilərdə həll olur. Almazda, qrafitdə və karbində bu xassə yoxdur. C_{60} kürəciyi (bukibol) çox davamlıdır. 20 QPa qədər təzyiqə dözür.

Karbonun başqa allotropik formalarından fərqli olaraq fulleronda karbon atomlarının hamısı qarşılıqlı olaraq doymuşdur. Almazda, qrafitdə və karbində nümunənin səthində yerləşən karbon atomları özlərinin xarici rabitələrini hidrogen, oksigen və s. ilə doldururlar. Nüvə maqnit rezonansı metodu ilə sübut edilmişdir ki, fulleronda belə qarışıqlar yoxdur. Deməli, fulleron karbonun yeganə stabil təmiz formasıdır. Fulleron C_{60} -dan başqa C_{20} , C_{70} , C_{84} , C_{240} , C_{540} , C_{960} , C_{1500} və s. alınmışdır. Fulleron kimyəvi reaktivlərə qarşı çox davamlıdır. Flüor kimi çox güclü oksidləşdirici ona tədricən birləşir. Flüorlaşmanın son məhsulu ağ rəngli $C_{60}F_{60}$ -dır.

Fulleronların xassələri hələ tam öyrənilməmişdir. Bu sahədə tədqiqatlar aparılır.

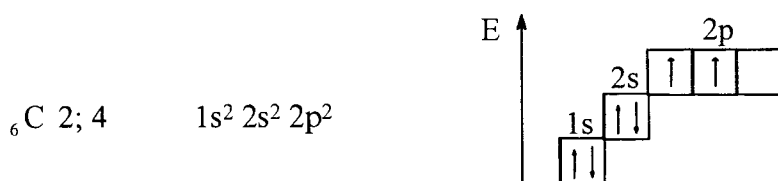
İzotopları. Karbonun iki davamlı izotopu var: ^{12}C (98,892 %), ^{13}C (1,108 %), ^{14}C izotopu atmosferdə kosmik şüaların təsirindən əmələ gəlir:



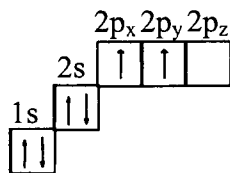
^{14}C izotopunun kəşfinin arxeologiyanın, geologiyanın, palentologiyanın və tarixin inkişafına çox böyük təsiri olmuşdur. ^{14}C izotopu vasitəsilə tərkibində karbon olan süxurların, bitki və heyvan qalıqlarının yaşını müəyyən etmək olur.

Atmosferdə olan hər bir milyon CO_2 molekulunda bir ^{14}C atomu var. Havada ^{14}C -un bu miqdarı dəyişmir. Onun yarımparçalanma dövrü $T_{1/2} = 5570$ ilə bərabərdir. Parçalanan atomların əvəzinə yenisi əmələ gəlir. Fotosintez nəticəsində havadan ^{14}C izotopu bitkilərə daxil olur. Ona görə də planetin bütün canlılarında onun miqdarı sabitdir. Bitki yaxud heyvan məhv olduqda havadan (heyvanlara isə bitkilərdən) CO_2 vasitəsilə ^{14}C izotopunun daxil olması dayanır. Radioaktiv parçalanma nəticəsində bitki və heyvan qalıqlarında ^{14}C izotopunun miqdarı azalır. Hər 5570 ildən sonra ^{14}C izotopunun sayı iki dəfə azalır. Həmin qalıqların radioaktivliyini təyin edib və onu həmin miqdarda canlı orqanizmlərin radioaktivliyi ilə müqayisə edərək ^{14}C izotopunun parçalanmasına sərf olunan vaxtı, başqa sözlə bitki, yaxud heyvan qalıqlarının dəqiq yaşını hesablamaq olur.

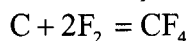
Kimyəvi xassələri. Karbon atomunun elektron quruluşu belədir:



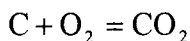
Karbon birləşmələrinin əksəriyyətində dörd valentlidir. Oksidləşmə dərəcəsi əsasən +4, +2 və -4 olur. Karbon atomunun 2s orbitalındakı elektronlardan biri $2p_z$ orbitalına keçir. Nəticədə karbon atomunun dörd qoşalaşmamış elektronu olur:



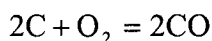
Qoşalaşmamış elektronlardan birinin ($2s$) buludu kürə, qalan üçünün ($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$) buludu isə qantel formasında olur. Bu vəziyyətdə karbon atomunun qoşalaşmamış elektronlarının orbitallarının xətti kombinasiyası başqa sözlə hibridləşməsi baş verir. Elektronların dördü də atomun nüvəsindən bir tərəfə qeyri-simmetrik vəziyyətdə dartılır. Deməli, $2s^1$ və $2p^3$ yarım səviyyəsindəki elektronların dördü də hibridləşir. Belə hibridləşmə sp^3 hibridləşməsi adlanır. Bu zaman karbon atomunun elektron buludu tetraedr şəklində olur. Almazda, doymuş karbohidrogenlərdə və onların halogenli törəmələrində karbon atomu sp^3 hibridləşməsi vəziyyətindədir. Qrafitdə, benzolda və karbonatlarda karbon atomu sp^2 hibridləşməsi vəziyyətindədir, yəni $2s$ yarım səviyyəsindəki elektron və $2p$ yarım səviyyəsindəki elektronlardan ikisi hibridləşir. Biri isə hibridləşmir qantel formasını saxlayır. Belə hibridləşmə sp^2 hibridləşməsi adlanır. sp^2 hibridləşməsi vəziyyətində karbon atomunun əmələ gətirdiyi sadə (siqma σ) rabitələr fəzada üçbucaq vəziyyətində yerləşir. Yalnız $2s$ yarım səviyyəsindəki və $2p$ yarım səviyyəsindəki elektronlardan biri (ikisi hibridləşməmiş vəziyyətdə qalır) hibridləşdikdə sp hibridləşməsi adlanır. Bu zaman sadə rabitələr (bunlar ikidir) düz xətt boyunca yönəlir. Karbində, CO_2 , CS_2 və s.-də karbon atomu sp hibridləşməsi vəziyyətindədir. Adi temperaturda karbonun bütün allotropik şəkildəyişmələri təsirsizdir. Yalnız flüor adi şəraitdə karbonla birləşərək tetraflüorid əmələ gətirir:



«Amorf» karbon (ağac kömürü) digər şəkildəyişmələrə nisbətən fəaldır. Belə ki, «amorf» karbon oksigenlə havada $300-500^\circ C$ -də, qrafit $600-700^\circ C$ -də, almaz isə $850-1000^\circ C$ -də birləşir. Bu zaman oksigen çox olduqda karbon-dioksid əmələ gətirir:

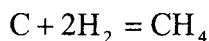


Oksigen çatışmadıqda karbon-monooksid alınır:

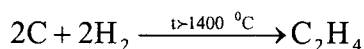


Bu reaksiyaların hər ikisi ekzotermikdir, istilik və işıq ayrılması ilə gedir.

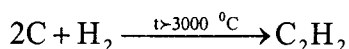
Karbonun (qrafit) hidrogenlə qarşılıqlı təsiri yüksək temperaturda belə yavaş gedir. Prosesi sürətləndirmək üçün katalizatordan (Ni yaxud Pt) istifadə edilir. $600-1000^\circ C$ -də əsasən metan alınır:



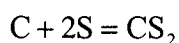
$1400^\circ C$ -dən yüksək temperaturda etilen alınır:



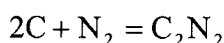
$3000^\circ C$ -dən yuxarı temperaturda isə asetilen alınır:



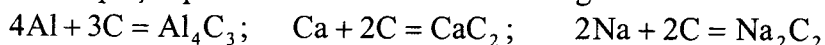
Temperaturu və təzyiqli dəyişməklə benzol C_6H_6 və etan da C_2H_6 almaq olur. Almaz hidrogenlə qarşılıqlı təsirdə olmur. Karbonun kükürlə qarşılıqlı təsirindən ($700-1000^\circ C$) karbon- disulfid alınır:



Azot atmosferində qrafitdən yaxud kömürdən hazırlanmış elektrodlardan yüksək gərginlikli cərəyan buraxdıqda disian qazı alınır:

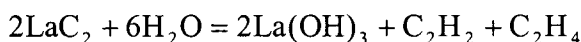
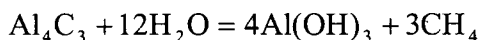
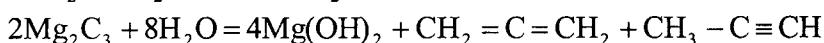
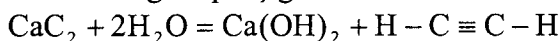


Karbonun metallarla qarşılıqlı təsirindən karbidlər əmələ gəlir:



Karbidlər həmçinin metal oksidlərinin kömürlə və metalların karbohidrogenlərlə reaksiyasından alınır:

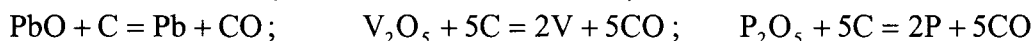
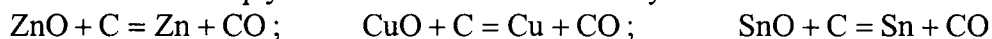
$V_2O_5 + 7C = 2VC + 5CO$; $2Mg + C_2H_2 \xrightarrow{500\text{ }^\circ C} 2MgC + H_2$; $2MgC_2 \xrightarrow{>550\text{ }^\circ C} Mg_2C_3 + C$
 Karbidlər üç qrupa bölünür: duzaoxşar, kovalent və metalaoxşar karbidlər. Duzaoxşar karbidlərə fəal metalların karbidləri Mg_2C_3 , CaC_2 , Al_4C_3 , Mn_3C aiddir. Bu birləşmələrdə rabitə ion və kovalent rabitə arasında mövqə tutur. Onların su ilə reaksiyasından metal hidroksidi və karbohidrogenlərlə hidrogen qarışığı alınır:



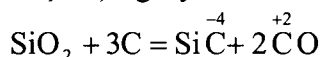
Kovalent karbidlərə silisium və borun karbidləri aiddir SiC , B_4C . Bunlar yüksək temperaturda belə müxtəlif fəal maddələrin təsirinə qarşı davamlıdırlar və çox bərkdir. Silisium-karbid $2500\text{ }^\circ C$ -də əriyir. Onun (karborundun) quruluşu almazın quruluşu kimidir. Onda bir karbon atomu dörd silisium atomu və bir silisium atomu dörd karbon atomu ilə birləşmişdir. Karborunddan raket texnikasında, elektrik sobalarında qızdırıcı elementlərin ucluqları, sumbata kağızları və s. hazırlanmasında istifadə edilir. Bor-karbidin B_4C (əslində onun formulu $B_{12}C_3$ -dür) quruluşu çox mürəkkəbdir, qara parlaq kristaldır. $2350\text{ }^\circ C$ -də əriyir. Bərkliyi almazın bərkliyinə yaxındır. Kimyəvi cəhətdən çox davamlıdır. Ondan metal və xəlitələrin emalında istifadə edilən alətlərin hazırlanmasında istifadə edilir.

Metalaoxşar karbidlər keçid metalların (d elementlərin) karbonla birləşmələridir. Həmin karbidlərin quruluşunu belə təsəvvür etmək olar: metalın kristal qəfəsində atomlardan bəziləri karbon atomları ilə əvəz edilmişdir – karbon atomları daxil edilmişdir. Həmin karbidlərdəki rabitə metallik rabitədir. Rabitəni metallarda olduğu kimi ümumiləşmiş sərbəst elektronlar yaradır. Metal rabitəsinin yaranmasında karbon atomları da iştirak edir. Metalaoxşar karbidlərin formulları adət etdiyimiz valentliyə əsasən düzəldilən formullardan fərqlənirlər: VC , Mo_2C , Fe_3C , $Cr_{23}C_6$, $TiC_{0.6-1}$, $VC_{0.58-1}$. Onların xassələrinin bir çoxu metalları xatırladır. Elektriki və istiliyi keçirirlər, lakin metallardan kövrəkliyi və bərkliyi ilə fərqlənirlər. Ərimə temperaturları yüksəkdir. 20 % HfC və 80 % TaC ibarət xəlitə ən çətin əriyən maddədir. Onun ərimə temperaturu $4000\text{ }^\circ C$ -yə bərabərdir. Metalaoxşar karbidlər çuqun və poladın tərkibinə daxil olur, onların bərkliyini artırır və bir sıra qiymətli xassələr verir.

Karbon bəzi metal və qeyri-metal oksidlərini reduksiya edir:



Qeyri-metal oksidlərinin bəziləri ilə reaksiyada karbon özünüoksidləşdirmə-özünüreduksiya (disproporsionallaşma) uğrayır:



Karbonun su buxarı və karbon qazı ilə qarşılıqlı təsirinin praktik əhəmiyyəti böyükdür. Xüsusi sobalarda qaz generatorlarında bərk yanacağı (xüsusilə aşağı keyfiyyətli torf və şistləri) qaz yanacağına çevirmək üçün sobaya hava verilir:

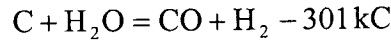


Bu reaksiya nəticəsində çoxlu miqdarda istilik ayrılır həmin istiliyin hesabına kömürün qalan hissəsi közərir. Közərmiş kömürlə alınan karbon qazının reaksiyasından karbon-monooksid (dəm qazı) əmələ gəlir:



Alınan qaz əsasən karbon-monooksid və azotdan ibarət olur. Generator (hava) qazının həcmcə tərkibi belədir: 25 % CO , 70 % N_2 , 4 % CO_2 .

Su qazı közərmiş kömür layları arasından su buxarı keçirməklə alınır. 1000 °C-yə yaxın temperaturda kömür su buxarı ilə qarşılıqlı təsirdə olur:



Reaksiya endotermik olduğundan kömür tədricən soyuyur. Ona görə də su buxarı verilməsini hava ilə növbələşdirmək lazım gəlir. Su qazı təqribən 44 % CO, 45 % H₂, 5 % CO₂ və 6 % N₂-dən ibarətdir. Su qazından müxtəlif üzvi maddələrin sintezi üçün istifadə edilir. Qarışıq qaz eyni zamanda közərmiş kömür layları üzərindən hava və su buxarı keçirməklə alınır. Qarışıq qaz 30 % CO, 15 % H₂, 5 % CO₂ və 50 % N₂-dən ibarətdir. Karbonun allotropik şəkildəyişmələrinin hamısı qızdırdıqda belə qələvilərin təsirinə qarşı davamlıdır. 100 °C-dən yüksək temperaturda qatı H₂SO₄ və HNO₃ yalnız «amorf» karbonu oksidləşdirir:

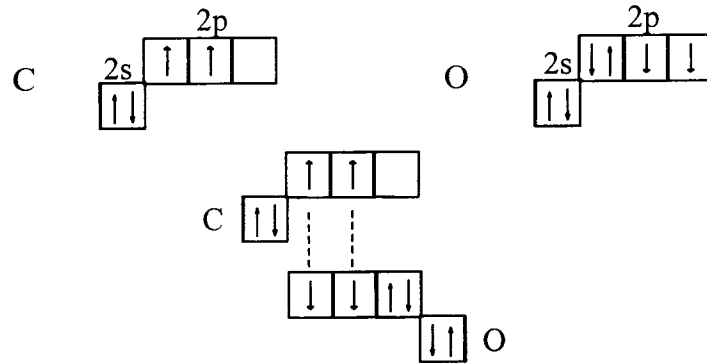


§ 3. Karbon-monooksid

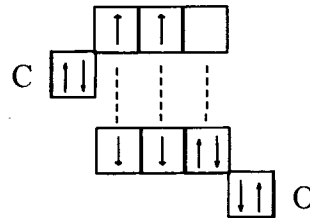
Karbonun, yaxud tərkibində karbon olan birləşmələrin natamam yanmasından karbon-monooksid, yaxud dəm qazı CO əmələ gəlir. Onun iyi və rəngi yoxdur. Sıxlığı 1,25 q/ℓ, qaynama temperaturu –191,5 °C, ərimə temperaturu –205 °C-dir. Suda pis həll olur.

CO molekulunda karbonla oksigen atomu arasında üçqat rabitə var. Bu rabitələrdən ikisi kovalent, biri isə donör-akseptor rabitəsidir. Həmin rabitəni kovalent rabitələrdən fərqləndirmək üçün oxla ← işarə edirlər. Elektron cütü oksigenə mənsub olduğu üçün onun istiqaməti oksigendən karbona doğru yönəlir: C≡O

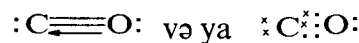
Həmin rabitələrin hər üçünün əmələ gəlməsi mexanizmi aşağıdakı kimidir. Hər iki atomun qoşalaşmamış elektronları hesabına kovalent rabitələr yaranır:



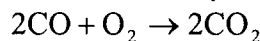
Axırıncı sxemdən aydındır ki, karbon atomunun xarici orbitalında bir sərbəst orbital var. Həmin orbital akseptor ola bilər. Oksigen atomunun p orbitalindəki qoşalaşmış elektronlar donör olur. Nəticədə üçüncü kovalent rabitə – donör-akseptor rabitəsi yaranır:



Hər iki atomun xarici energetik səviyyəsində səkkiz elektron olur:



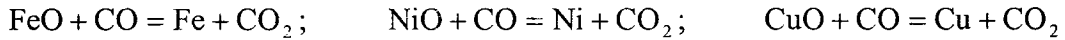
Karbon-monooksiddə reduksiyaedicilik xassəsi yüksəkdir. Havada mavi alovla yanır:



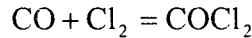
Karbon-monooksid adi şəraitdə oksigenlə çox gec, təxminən 6 ay müddətinə birləşir. Adi şəraitdə manqan və mis oksidlərinin iştirakı ilə oksigenlə tədricən birləşir. Karbon-monooksiddən qorunmaq üçün düzəldilən əleyhiqazlarda həmin maddələrdən (hipoqalit)

istifadə edilir.

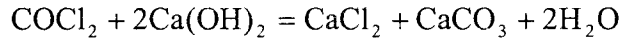
Karbon-monooksid metal oksidlərinin bəzilərini reduksiya edir:



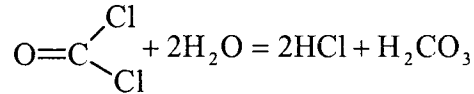
Günəş işığının təsiri ilə karbon-monooksid xlorla birləşərək çox zəhərli fosgen qazını əmələ gətirir:



Birinci dünya müharibəsində fosgendən zəhərli maddə kimi istifadə etmişlər. Fosgeni sönmüş əhənglə zərərsizləşdirmək olar:

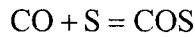


Fosgen karbonat turşusunun xlor anhidrididir. Su ilə tədricən hidrolizə uğrayaraq karbonat və xlorid turşularını əmələ gətirir:

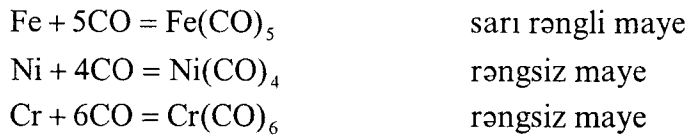


Fosgendən kimya sənayesində bəzi boyaqların istehsalında istifadə edilir.

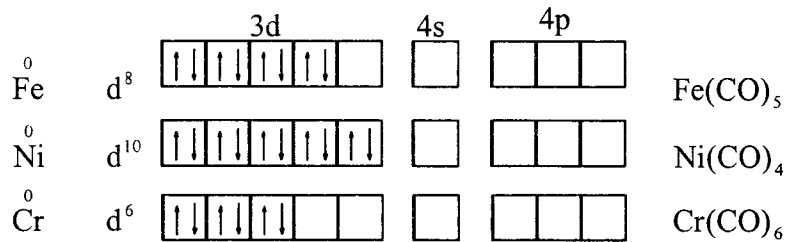
Qızdırdıqda CO kükürlə birləşərək karbon-sulfoksid qazını əmələ gətirir:



Yüksək temperaturda və təzyiqdə karbon-monooksid bəzi metallarla birləşərək karbonillər əmələ gətirir:



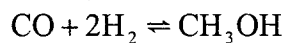
Metallarla karbon-monooksid arasındakı rabitə donor-akseptor rabitəsidir. Onlarda metalların oksidləşmə dərəcəsi sıfıra bərabərdir. Həyəcanlanmış vəziyyətdə (bu halda qoşalaşmamış elektronlar qoşalaşırlar) dəmirin beş, nikelin dörd, xromun altı sərbəst orbitalı olur. Həmin orbitalların sayına müvafiq olaraq metal atomuna CO molekulları birləşirlər:



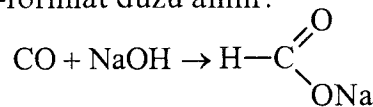
Karbonillərdə metal atomları akseptordur (sərbəst orbitalı var). CO molekulunda karbon atomunun oksigenlə kimyəvi rabitəyə sərf olunmayan elektron cütü donordur.

Karbonillər zəhərli maddələrdir, üzvi həlledicilərdə həll olurlar. Yüksək temperaturda metala və CO-ya parçalanırlar. Bundan çox təmiz metal almaq üçün istifadə edilir. Karbonillərdən üzvi sintezlərdə katalizator kimi istifadə edilir.

Yüksək temperaturda (400 °C) və təzyiqdə (30 MPa; 300 atm.) karbon-monooksid hidrogenlə birləşərək metil spirtini əmələ gətirir:



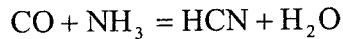
Karbon-monooksid duz əmələ gətirməyən oksidlərə aid edilir. Ona görə ki, adi şəraitdə nə turşu nə də qələvi məhlulları ilə qarşılıqlı təsirdə olmur, duz əmələ gətirmir. Lakin ərənmiş NaOH üzərindən CO buraxdıqda natrium-formiat duzu alınır:



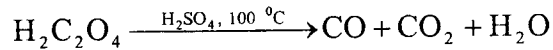
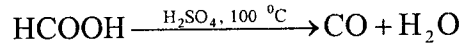
Deməli, CO-nu sərt şəraitdə formiat turşusunun HCOOH anhidridi hesab etmək olar. Bundan

əlavə CO molekulunda karbon üçvalentli formiat turşusunda $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{OH} \end{array}$ isə dördvalentlidir.

Karbon-monooksidin ammonyakla qarşılıqlı təsirdən hidrogen-sianid əmələ gəlir:



Laboratoriyada karbon-monooksid formiat yaxud oksalat turşusuna sualıcı maddə olan qatı sulfat turşusu ilə təsir etməklə alınır:



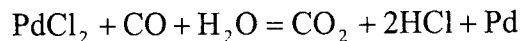
Sənayedə karbon-monooksid közərməmiş kömürə karbon qazı yaxud su buxarı ilə təsir etməklə alınır:



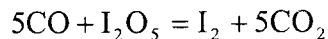
Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi karbon-monooksid karbonlu birləşmələrin natamam (oksigen çatışmadıqda) yanmasından əmələ gəlir. Ona görə də tüstü qazlarında və daxili yanma mühərriklərinin işlənmiş qazlarında 2-10 %-ə qədər karbon-monooksid olur. Ətraf mühitin CO ilə həddən artıq çirklənməsinin aradan qaldırılması yollarından biri avtomobilin tüstü yolunda üzəri platin və palladium katalizatoru ilə örtülmüş kürəciklər yerləşdirilməsidir. Katalizator qızdıqda karbon-monooksidi karbon qazına çevirir. Həmin katalizatorlar azot oksidlərini də sərbəst azota qədər reduksiya edir. Belə katalizatorla təchiz edilmiş avtomobillərdə qurğuşunlu benzindən istifadə etmək olmaz. Avtomobilin tüstü qazlarında olan karbon-monooksidi və azot-monooksidi uyğun olaraq CO₂ və N₂O-ya çevirən katalizator tapılmışdır. Havada 0,2 % karbon monooksid olduqda zəhərlənmə baş verir. CO molekulu hemoqlobinlə, tərkibində dəmir olan zülalla, daha doğrusu hemoqlobindəki dəmir atomu ilə birləşərək karboksihemoqlobin əmələ gətirir. Maraqlıdır ki, hemoqlobinlə karbon-monooksid oksigenə nisbətən 210 dəfə sürətlə birləşir. Uzun müddət çox az miqdarda belə CO olan hava ilə tənəffüs etdikdə insanın sağlamlığı üçün təhlükə yaranır. Yaddaş zəifləyir, ürək-damar sistemində çatışmazlıqlar baş verir.

Müəyyən edilmişdir ki, avtomobilləri qəzaya uğradan sürücülərin qanında CO-nun miqdarı yol verilən həddən dəfələrlə çoxdur. Papiros çəkənlər bilməlidir ki, papirosun tüstüsündə 0,5-1 % karbon-monooksid var. Papiros çəkməyənlərin qanında orta hesabla 1,3 % karboksihemoqlobin olduğu halda, papiros çəkənlərdə bu rəqəm 6,2 %-ə çatır. Karbon-monooksidlə zəhərlənmənin ilk əlaməti qanın parlaq qırmızı rəngə boyanmasıdır. Zəhərlənmə güclü olduqda şiddətli baş ağrısı olur və bihuşluq baş verir. Ona görə də karbon-monooksidə çox vaxt dəm qazı deyirlər. Dəm qazı ilə zəhərlənməni aradan qaldırmaq üçün təmiz havada tənəffüs etmək lazımdır.

Havada dəm qazını təyin etmək üçün palladium-xlorid məhlulu ilə isladılmış filtr kağızından istifadə edilir:



Narın toz halında alınan palladium filtr kağızını qaraldır. Karbon-monooksidi yodat anhidridi vasitəsilə də təyin etmək olur:

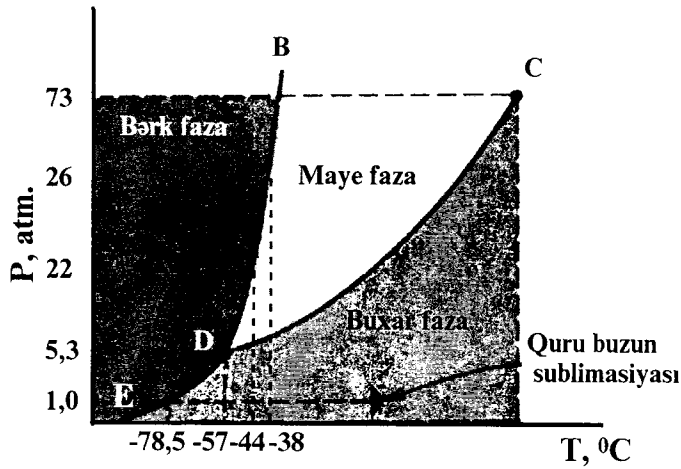


Ayrılın yodun miqdarına əsasən qaz qarışığında olan CO-nun miqdarını hesablamaq olur. Qaz qarışığından CO-nu ayırmaq üçün CuCl və HCl olan qatı məhluldan istifadə edilir. CO molekulu mis I-xloridlə birləşərək CuCl·CO kompleksini əmələ gətirir. Karbon-monooksiddən süni qaz yanacağı istehsalında və üzvi sintezlərdə geniş istifadə edilir.

§ 4. Karbon 4-oksidi (karbon qazı) və karbonat turşusu

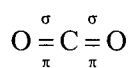
Karbon-dioksidi CO₂ azca turşu təhər dadı iyi olan rəngsiz qazdır. Havadan 1,5 dəfə ($D_{\text{hava}} = \frac{44}{29} = 1,5$) ağırdır. Sıxlığı 1,98 q/ℓ-ə bərabərdir. Ona görə də mayelər kimi onu bir qabdan digərinə tökmək olur. Bunlarla əlaqədar kimyaçılar zarafatla deyirlər boş qabdan boş qaba. Adi şəraitdə bir həcm suda 0,88 həcm CO₂ həll olur. Karbon-dioksidi adi

atmosfer təzyiqində soyutduqda mayeyə çevrilmədən $-78,515$ °C-də bərkiyir, qaraoxşar ağ kütləyə, quru buza çevrilir. Quru buz adi şəraitdə mayeyə çevrilmədən qaz halına keçir. Ona görə də ondan tez xarab olan məhsulları saxlamaq və bir yerdən başqa yerə daşımaq üçün istifadə edilir. Quru buzun sublimasiyasının (mayeyə çevrilmədən bərk haldan qaz halına keçməsi) səbəbi üçlü nöqtəsinin $P=5,28$ atm. və $t = -56,6$ °C-də olmasıdır. Adi şəraitdə ($P=1$ atm.) 20 °C-də quru buz buxarlandıqda temperaturu $t = -76$ °C olur. Maddələrin qızdırdıqda temperaturu aqreqat halı dəyişənə qədər artır. Qızdırılmasına baxmayaraq maddə əridikdə və qaynadıqda temperaturu sabit qalır yəni bu proseslər izotermikdirlər. Maddəni qızdırdıqda temperaturu artırsa enerji onu təşkil edən hissəciklərin kinetik enerjisinin artmasına sərf olunur. Maddə əridikdə və qaynadıqda enerji hissəciklərinin bir-birini cəzətmə enerjisinin aradan qaldırmağa, sistemin potensial enerjisinin artmasına sərf olunur. Maddələrin aqreqat halının temperatur və təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsinə izah etmək üçün təcrübi nəticələrə əsasən onların faza diaqramı qurulur. CO_2 -nin faza diaqramına əsasən (şəkil XVI-5) istənilən təzyiq və temperaturda aqreqat halını müəyyən etmək olar.

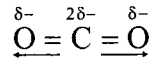


Şəkil XVI-5. Karbon-dioksidin faza diaqramı.

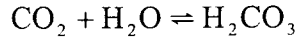
Maddənin aqreqat halları arasında tarazlıq onları ayıran xətt boyunca olur. Məsələn, karbon-dioksidin maye və qaz fazası arasındakı tarazlıq D və C nöqtələrindən keçən xətt üzrədir. D və E nöqtələrindən keçən xətt quru buzun üzərində CO_2 buxarlarının təzyiqini, B və D nöqtələrindən keçən xətt quru buzla maye CO_2 tarazlığını göstərir. BD xəttinə əsasən demək olar ki, təzyiqi artırıqda quru buzun ərimə temperaturu artır. Buna uyğun olaraq BD xətti sağa doğru yönəlir. Belə ki, quru buz 22 atm. təzyiqdə -44 °C-də əriyir. Diaqramda D nöqtəsində (5,3 atm., -57 °C-də) karbon-dioksidin bərk, maye və qaz fazaları tarazlıq halında olur. Həmin nöqtə üçlü nöqtə adlanır. Faza diaqramına əsasən aydın olur ki, normal atmosfer təzyiqində (1 atm.) $-78,5$ °C-dən yüksək temperaturda quru buz sublimasiyaya uğrayır, mayeyə çevrilmədən qaz halına keçir. Faza diaqramından istifadə etmək üçün temperatur göstərən absis oxunun müvafiq nöqtəsindən ordinat oxuna paralel xətt, təzyiqi göstərən ordinat oxundan isə absis oxuna paralel çəkilir. Həmin xətlərin kəsişmə nöqtəsi hansı fazaya düşürsə o, həmin şəraitdə maddənin aqreqat halını göstərir. Məsələn, 3 atm. təzyiqdə -80 °C-də CO_2 bərk halda olur. Ona görə ki, həmin ədədlərə uyğun gələn xətlərin kəsişmə nöqtəsi CO_2 -nin bərk fazasına düşür. Belə ki, CO_2 maye hala keçməsi üçün minimum təzyiq 5,2 atm.-dir, ondan aşağı təzyiqdə quru buz yalnız sublimasiya edir. Qeyd etmək lazımdır ki, digər maddələrdən fərqli olaraq təzyiqi artırıqda adi buzun ərimə temperaturu azalır. Ona görə də onun bərk və maye fazalarının tarazlıq halını göstərən xətt təzyiq artdıqca sola doğru yönəlir. Deməli, buzun üzərində konkilərdə sürüşməyi onun bıçağına göstərilən təzyiq nəticəsində əmələ gələn çox nazik su təbəqəsi asanlaşdırır. Biz buzun üzərində xizək yaxud konki ilə hərəkət etdikdə göstərdiyimiz təzyiq nəticəsində əmələ gələn çox nazik su təbəqəsi üzərində sürüşürük. CO_2 molekulunda karbon atomu oksigen atomları ilə bir σ və bir π rabitəsi vasitəsilə birləşir:



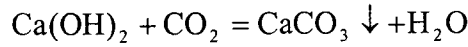
Göründüyü kimi molekül simmetrik xətti quruluşa malikdir. C = O rabitəsi polyar olmasına baxmayaraq (dipol momenti $\mu = 2,7 \text{ D}$) CO_2 molekulu bütövlükdə qeyri-polyardır:



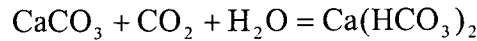
Karbon-dioksid, karbonat turşusunun anhidrididir. Su ilə birləşərək davamsız karbonat turşusunu əmələ gətirir:



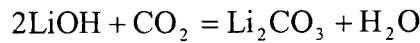
Tarazlıq sola doğru çox yönəlmişdir. Adi şəraitdə suda həll olan CO_2 yalnız 1 %-i karbonat turşusuna çevrilir. Karbon-dioksid əsaslarla birləşərək karbonatlar əmələ gətirir. Əhəng suyundan CO_2 buraxdıqda bulanır, suda həll olmayan CaCO_3 əmələ gəlir:



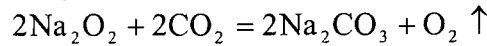
Karbon-dioksidin verilməsi davam etdikdə çöküntü yox olur, suda həll olan kalsium-hidrokarbonat alınır:



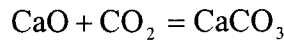
Karbon-dioksidin qələvilərlə reaksiyasından istifadə edərək kosmik gəmidə CO_2 -ni (yol verilən hədd həcmə 0,5 %-dir) udmaq üçün içərisində litium-hidroksid olan patronlardan istifadə edilir:



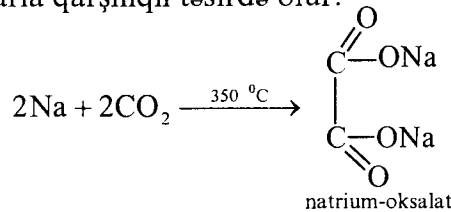
Bu məqsəd üçün peroksidlərdən də istifadə edilir, əlavə olaraq oksigen ayrılmasına baxmayaraq reaksiya bir qədər gec gedir:



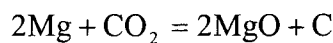
Karbon-dioksid fəal metalların oksidləri ilə birləşərək karbonatlar əmələ gətirir:



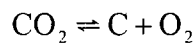
Karbon-dioksid yalnız fəal metallarla qarşılıqlı təsirdə olur:



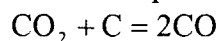
Yanan maqnezium lentini CO_2 ilə dolu olan qaba saldıqda onun yanması davam edir:



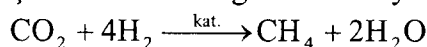
Maqneziumun CO_2 mühitində yanmasının səbəbi maqnezium yandıqda çoxlu miqdarda ($>1500^\circ\text{C}$) istilik ayrılmasıdır. Həmin istilik CO_2 -ni termiki dissosiasiyaya uğradır:



Maqnezium ayrılan oksigenlə birləşərək daha davamlı MgO əmələ gətirir. Maqnezium-oksidin əmələgəlmə istiliyi (143,8 kkal/mol) CO_2 -nin əmələgəlmə istiliyindən (94,05 kkal/mol) böyükdür. Ona görə də tarazlıq praktik olaraq maqnezium-oksidin əmələgəlməsi istiqamətinə yönəlir. Deməli, yanan maqneziumu CO_2 ilə söndürmək olmaz. Karbon-dioksid közərmiş kömürlə qarşılıqlı təsirdə olaraq karbon-monooksid əmələ gətirir:

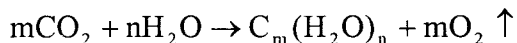


Karbon-dioksidin katalizator iştirakında hidrogenlə reaksiyasından metan və su alınır:



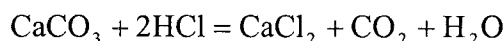
Karbon-dioksid yanmaya və tənəffüsə kömək etmir. Onun havada az miqdarı orqanizm üçün təhlükəli deyil, 4 %-dən (həcmə) çox olduqda tənəffüs yollarında çatışmazlıqlar, baş ağrısı və qulaqda səs-küy əmələ gəlir. 10 %-dən çox olduqda isə huşun itirilməsi və ölüm baş verir. Havada $2,2 \cdot 10^{12}$ ton CO_2 var, bundan da çox karbon-dioksid həll olunmuş formada okeanların, dənizlərin, göllərin və çayların sularındadır. Karbon-dioksid karbonun

oksidləşməsinin son məhsuludur. Ona görə də çürümə, yanma və tənəffüs proseslərində atmosferə çoxlu miqdarda CO₂ daxil olur. Bizim hər birimiz gündə nəfəsvərmə yolu ilə atmosferə 1 kq CO₂ qaytarırıq. Adi tüstü qazlarında 15-18 % karbon-dioksit olur. Bəzi vulkan qazlarında CO₂ var. Karbon-dioksit havası dəyişilməyən aşağı yerlərdə və evlərin zirzəmilərində toplanır. «İt mağarası» və Yava adasında «ölüm vadisinə» düşən canlıların məhvinə səbəb karbon-dioksidin həddən çox toplanmasıdır. Atmosferdə əsas CO₂ istehlakçısı yaşıl bitkilərdir. Onlar fotosintez prosesində atmosferdən külli miqdarda CO₂ udurlar:



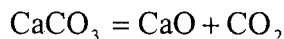
Bunlara baxmayaraq havada CO₂-nin miqdarı tədricən artır. XIX əsrlə müqayisədə havada CO₂-nin miqdarı 11 % artmışdır. Nəticədə yer səthinin atmosferinin temperaturu 1 °C yüksəlmişdir. Buna səbəb CO₂ molekullarının yer səthinin istilik şüalanmasını saxlamasıdır. Şüşə kimi CO₂ molekulları qısa dalğalı günəş radiyasını buraxır, yerdən qayıdan istiliyi, spektrin uzun dalğalı hissəsini udur, istiliyin kosmosa səpələnməsinin qarşısını alır. Bu istilikxana effekti adlanır. Əgər atmosferdən CO₂ tamamilə yox olsaydı yerin səthi buzla örtülür olardı, illik temperatur -10 °C-dən yüksək olmazdı. Hesablamalara görə yaxın gələcəkdə havada CO₂-nin miqdarı 17 % artmalıdır. Bu isə orta illik temperaturun 0,68 °C artmasına səbəb olacaq. İqlimşünaslar hesab edirlər ki, nəticədə arktikada, subarktikada və yüksək dağ zirvələrindəki daimi buzlaqlar əriyəcək, dünya okeanının səviyyəsi yüksələcək.

Laboratoriyada karbon-dioksit Kipp aparatında mərmərə duru xlorid turşusunun təsirindən alınır:

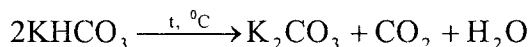
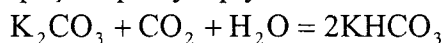


Bu yolla alınan karbon qazında hidrogen-xlorid qarışığı olur. Karbon qazını hidrogen-xloriddən təmizləmək üçün distillə edilmiş su yaxud natrium-hidrokarbonat məhlulu ilə yumaq lazımdır. Karbon qazını onunla qarşılıqlı təsirdə olmayan turşu xassəli H₂SO₄, P₂O₅ və s. maddələrlə qurudurlar. Texniki karbon qazında hidrogen-sulfid qarışığı olur. Həmin qarışığı kənar etmək üçün karbon qazı miss 2-sulfat məhlulu ilə yuyulur.

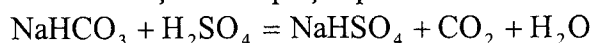
Sənayedə karbon qazı əhəngdaşının yandırılmasından alınır:



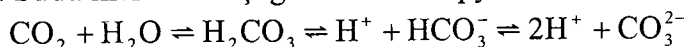
Bu reaksiyada ikinci məhsul sönməmiş əhəngdir. Bundan isə tikinti işlərində geniş istifadə edilir. Karbon qazı koksu yandırdıqda alınan qazlardan da alınır. Həmin qazlar kalium-karbonat (potaş) məhlulu ilə suvarılan qüllələrə buraxılır, kalium-karbonat hidrokarbonata çevrilir. Sonra həmin məhlulu qaynatdıqda karbon qazı ayrılır. Alınan kalium-karbonat yenidən karbon qazını udmaq üçün qülləyə qaytarılır:



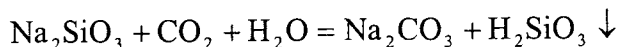
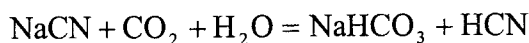
Suda pis həll olduğuna görə bu məqsədlə NaHCO₃-ü istifadə etmək əlverişli deyil. Karbon qazından qazlı sular və müxtəlif içkilər hazırlanmasında istifadə edilir. Soda, karbamid və salisil turşusu istehsalında karbon qazı vacib xammallardan biridir. CO₂ mühitində bakteriyalar məhv olduğundan yeyinti məhsullarını həmin qazdan istifadə etməklə uzun müddət saxlamaq olur. İstilikxanalarda karbon qazından «gübrə» kimi istifadə edilir. Bu məqsədlə quru buz qırıntılarını bitki yetişdirilən qapalı mühitdə yerləşdirmək lazımdır. Havada CO₂-nin miqdarının artması bitkinin boy artımını stimullaşdırır. Maye CO₂ yüksək təzyiq altında yanğınsöndürən aparatlara doldurulur. Soyuq halda karbon qazının (təzyiq azaldığından ani vaxtda maye CO₂ qaz halına keçir) güclü şırnağı yangını tez söndürür və ətrafdakı əşyaları xarab etmir. Köpüklü yanğınsöndürən aparatlarda CO₂ natrium-hidrokarbonatın sulfat turşusu ilə qarşılıqlı təsirindən əmələ gəlir:



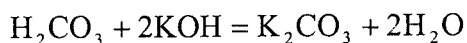
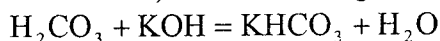
Köpüklü yangınsöndürən aparatın çatışmayan cəhəti ayrılan CO₂-nin qismən özü ilə sulfid turşusu damllarını aparmasıdır. Bu isə söndürülən əşyaları aşındırır. Kömür vaxtlarında quru buzdan partlayış məqsədi ilə istifadə edilir. Bərk CO₂ qaz halına keçdikdə güclü zərbə dalğaları yaranır. Toz halında quru buzu buludun üzərinə səpməklə «süni» yağış almaq olur. Çox soyuq (-78,5 °C) quru buz hissəcikləri ətrafdakı su buxarlarını kristallaşdırır. Nəticədə qar yaxud yağış alınır. Maraqlıdır ki, 1000 ton yağış suyu almaq üçün 200 q quru buz kifayət edir. Karbonat turşusu H₂CO₃ yalnız son vaxtlar təmiz halda alınmışdır. O, qaz fazasında və məhlulda mövcud olur. Təmiz H₂CO₃, H₂O və CO₂ buxarları olan qaz fazasında alınmışdır. Suda məhlulda aşağıdakı tarazlıq yaranır:



Otaq temperaturunda tarazlıq sola doğru yönəlmişdir. Karbonat turşusunun suda məhlulunun turşuluq xassəsi çox zəifdir. Lakin, H₂CO₃ orta qüvvətli turşudur. Məhlulda onun miqdarı çox az olduğundan bütövlükdə məhlulun turşuluğu az olur. Məhlulda karbon-dioksidin çox hissəsi polihidrat CO₂ · nH₂O şəkilindədir. CO₂ · nH₂O və H₂CO₃ molekulu termiki cəhətdən davamsızdır. Ona görə də karbonatların məhluluna turşu ilə təsir etdikdə CO₂ ayrılır. Lakin bəzi zəif turşuların məhlullarına CO₂ buraxıldıqda sərbəst turşular ayrılır:



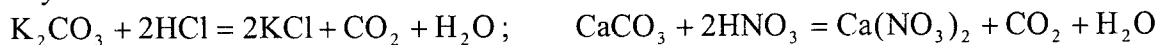
Karbonat turşusu ikiəsaslı turşudur. Qələvilərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda turş (hidrokarbonatlar) və normal (karbonatlar) duzlar əmələ gətirir:



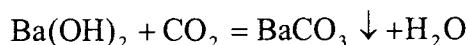
Qeyd etmək lazımdır ki, turşu ilə əsasın qarşılıqlı təsirində əvvəlcə normal duz alınır. Sonra turşunun artığı normal duzu turş duza çevirir:



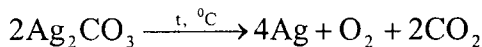
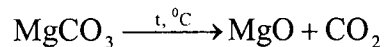
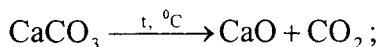
Karbonatların məhlullarına və bərk karbonatlara qüvvətli turşularla təsir etdikdə karbon qazı ayrılır:



Karbonatların təyin edilməsi onlara qüvvətli turşularla təsir edib, ayrılan karbon qazının barit suyundan Ba(OH)₂ buraxılmasına əsaslanmışdır. Bu zaman barit suyu bulanır. Buna səbəb suda həll olmayan BaCO₃ suspenziyası alınmasıdır:



Karbonat turşusunun duzları – karbonatlar suda az həll olurlar. Na, K, Rb, Cs, Tl və NH₄⁺ karbonatları suda yaxşı həll olurlar. Qızdırdıqda karbonatlar metal oksidinə, oksigenə və CO₂-yə parçalanırlar:

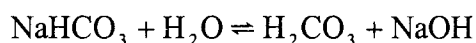
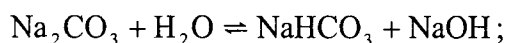


Fəal metalların karbonatları (Na₂CO₃, K₂CO₃ və s.) qızdırdıqda parçalanmadan əriyirlər.

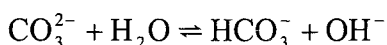
Hidrokarbonatlar qızdırdıqda asanlıqla parçalanırlar:

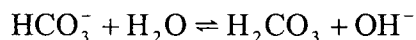


Karbonatlar və hidrokarbonatlar hidrolizə uğrayırlar:

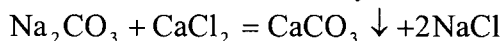


yaxud ion formasında

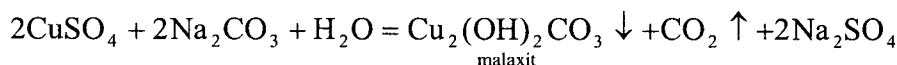




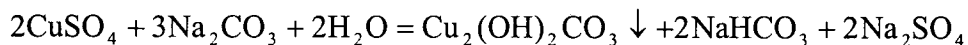
Deməli, hər iki duzun hidrolizində mühit qələvi xassəli olur. Həllolmayan karbonatlar həllolan karbonatlarla digər duzların mübadilə reaksiyasından alınır:



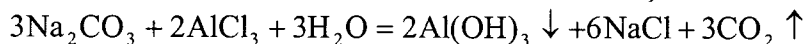
Həllolan karbonatların məhlullarına Cu^{2+} , Be^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} duzları ilə təsir etdikdə əsasi karbonatlar alınır:



Bu reaksiyada natrium-karbonatın miqdarı artıq olduqda CO_2 ayrılır:



Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+} və s. metalların karbonatları hidrolizə uğrayırlar. Onların duzları məhlullarına karbonatlarla təsir etdikdə hidrokislərdən ibarət çöküntü alınır:

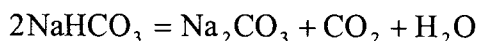


Karbonatlar təbiətdə geniş yayılmışdır. CaCO_3 çox böyük əhəng daşı, tabaşir və mərmər yataqları əmələ gətirir.

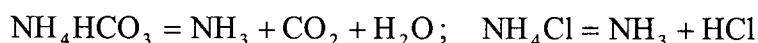
Dolomit $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, malaxit $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, maqnezit MgCO_3 mineralları sənayenin müxtəlif sahələrində tətbiq edilir. Dolomit və maqneziti yandırdıqdan sonra odadavamlı material alınır. Əhəngdaşı tikinti daşı kimi geniş istifadə edilir. Tabaşirdən (CaCO_3) hamarlaşdırma işlərində və boyaq istehsalında, mərmərdən heykəltararıqda və tikintidə istifadə edilir. Karbonat turşusunun duzlarından natrium-karbonatın yaxud sodanın sənaye əhəmiyyəti daha böyükdür. Na_2CO_3 kalsinasiya olunmuş soda yaxud sadəcə olaraq soda adlanır. Bundan başqa kristallik soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, içməli soda NaHCO_3 var. Natrium-hidroksidin texniki adı kaustik sodadır. Sodaya təbiətdə bəzi göllərin şor sularının dibində rast gəlinir. Sodanın aşağıdakı mineralları var: natron $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, termonatrit $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, tron $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Soda (Na_2CO_3) şüşə, sellüloza kağız istehsalında, neftayırma sənayesində, sabun alınmasında, toxuculuqda və s. geniş tətbiq edilir. Sənayedə sodanın əsas hissəsi ammoniyak üsulu ilə alınır. Onu çox vaxt Solve üsulu da adlandırırlar. Doymuş natrium-xlorid məhlulu soyutmaqla ammoniyakla doydurulur sonra həmin məhluldan təzyiqlik altında CO_2 buraxılır. Bu zaman aşağıdakı reaksiyalar gedir:



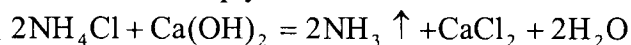
İçməli soda NaHCO_3 soyuq suda az həll olur, onu filtirləməklə məhluldan ayırırlar. NaHCO_3 -ü közərtməklə kalsinasiya olunmuş soda alınır, prosesin özü isə *kalsinasiya* adlanır.



Bu zaman natrium-hidrokarbonatda qarışıq şəkildə olan NH_4HCO_3 və NH_4Cl parçalanır:

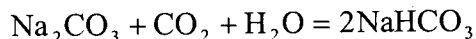


Ammonium-xlorid olan məhlula sönmüş əhənglə təsir etməklə ayrılan ammoniyak karbon-dioksidi kimi yenidən soda istehsalına qaytarılır:



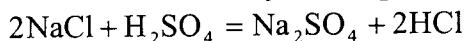
Ammoniyak üsulu ilə soda istehsalında yeganə tullantı kalsium-xloriddir. Ondan hələlik sənayedə geniş miqyasda istifadə edilmir. Hiqroskopik olduğuna görə CaCl_2 kimya laboratoriyalarında quruducu maddə kimi istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, soda istehsalının ilkin mərhələsində alınan NaHCO_3 -ü yeyinti sənayesində içməli soda kimi istifadə etmək olmaz. Ona görə ki, onda yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi NH_4HCO_3 və NH_4Cl qarışıqları olur. Həmin qarışıqlar içməli sodanı zəhərli edir. Təmiz içməli soda

almaq üçün təmizlənmiş natrium-karbonat məhlulu CO_2 ilə doydurulur:

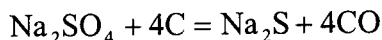


Natrium-hidrokarbonatdan qənnadı sənayesində və çörək bişirmədə CO_2 mənbəyi kimi istifadə edilir. Xəmir qaldıqda əmələ gələn üzvi turşuların NaHCO_3 ilə reaksiyasından ayrılan CO_2 xəmirin məsaməliliyini artırır.

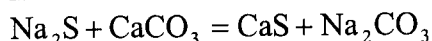
XIX əsrin 60-cı illərinə qədər soda sulfat üsulu ilə istehsal olunurdu. Bu üsul onu ilk dəfə hazırlayan fransız kimyaçısı N. Leblanın adı ilə də adlandırılır. Sulfat üsulu ilə soda istehsalının birinci mərhələsində NaCl sulfat turşusu ilə qızdırılır:



Alınan Na_2SO_4 kömür və əhəngdaşı ilə qarışdırılaraq közərdilir. Bu zaman əvvəlcə sulfat sulfidə qədər reduksiya olunur:

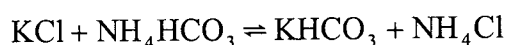


Sonra mübadilə reaksiyası gedir:



Soda, kömür, əhəngdaşı və kalsium-sulfit qarışığı olan ərinti su ilə emal edilir. Bu zaman soda məhlula keçir. Həmin məhlulu buxarlandırmaqla kristallik soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ alınır. Sulfat üsulu ilə soda istehsal edən zavodların yaxınlığında CaS tullantısından ibarət dağlar əmələ gəlirdi. Hazırda sulfat üsulu ilə soda istehsal olunmur.

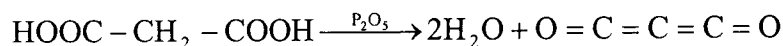
Kalium-karbonat (potaş) K_2CO_3 bitki külündə (günəbaxan külündə 55 %-ə qədər K_2CO_3 var) olur. Kalium-karbonatdan fotoqrafiyada, şüşə və sabun istehsalında istifadə edilir. Kalium-karbonatı ammoniyak üsulu ilə almaq olmaz. Ona görə ki, həmin üsul NaHCO_3 -ün soyuq suda az həll olmasına əsaslanmışdır. NaHCO_3 -dən fərqli olaraq KHCO_3 soyuq suda yaxşı həll olur.



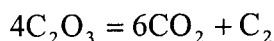
Reaksiyası dönər olacaq, KHCO_3 -ü sistemdən çıxarmaq mümkün olmayacaq. Kalium-karbonat KCl məhlulunun elektrolizindən alınan KOH məhluluna CO_2 ilə təsir etməklə alınır:



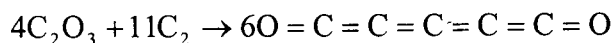
Karbon-dioksiddə CO_2 və karbon-monooksiddən CO başqa karbonun digər oksidləri də var. Bunlara misal olaraq C_2O_3 , C_5O_2 , C_6O_9 , $(\text{C}_4\text{O}_3)_n$, C_6O_6 , $\text{C}_{12}\text{O}_{12}$, C_{12}O_9 və s. göstərmək olar. C_2O_3 rəngsiz qazdır, kəskin iylidir. Malon turşusuna sualıcı maddələrlə təsir etməklə alınır:



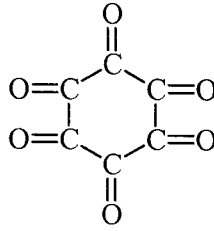
C_2O_3 -ün su ilə reaksiyasından malon turşusu alınır. C_2O_3 -ü qızdırdıqda CO_2 və qaz halında C_2 molekuluna parçalanır, sonra C_2 molekulları polimerləşərək qrafitə çevrilir:



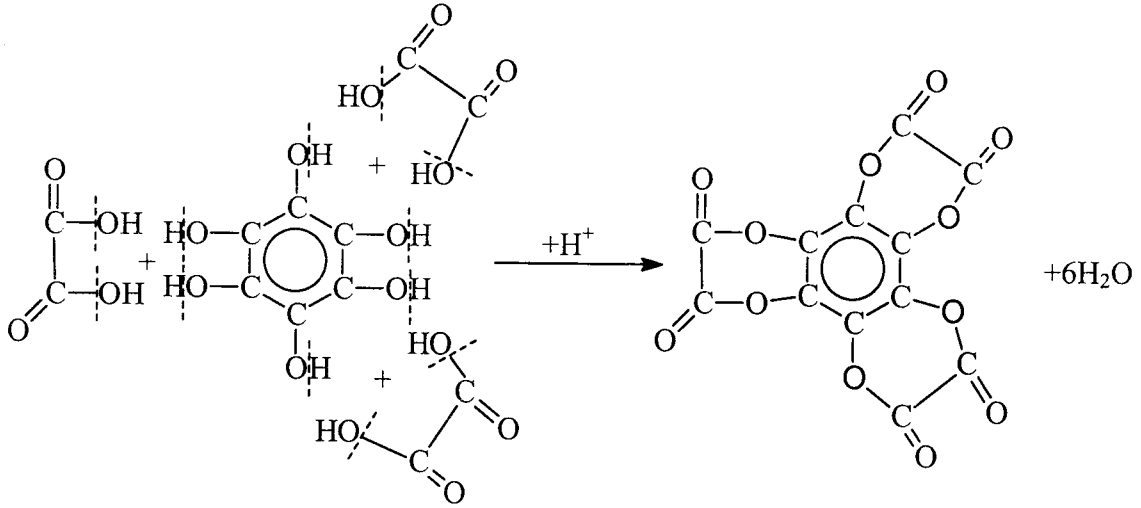
Qaz qarışığında (C_2O_3 , CO_2 və C_2) C_2O_3 ilə C_2 birləşərək nisbətən davamlı C_5O_2 oksid əmələ gətirir:



C_6O_6 kalium metalı ilə CO -nun reaksiyasından (80°C) alınan $\text{K}_6\text{C}_6\text{O}_6$ -dan kaliumu ayırdıqda alınır. C_6O_6 formal olaraq oksidlərə aid etmək olar. Əslində o üzvi maddə olan trixinondur:



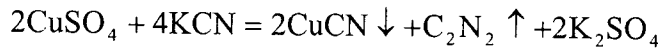
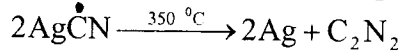
$C_{12}O_{12}$ -ni də formal olaraq oksid hesab etmək olar. Həmin maddə heksahidroksibenzolla $C_6(OH)_6$ oksalat turşusunun $(COOH)_2$ əmələ gətirdikləri mürəkkəb efiədir:



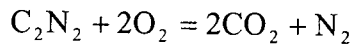
§ 5. Sian və onun törəmələri

Sian daha dəqiq disian C_2N_2 rəngsiz qazdır, çox zəhərlidir, $-21,4$ $^{\circ}C$ -də qaynayır. C_2N_2 molekulunun quruluşu belədir: $:N \equiv C - C \equiv N:$

Disianı aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə almaq əlverişlidir:

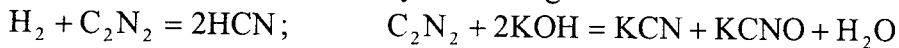


Disian qazı qırmızı-bənövşəyi alovla yanır, bu zaman alovun temperaturu 4500 $^{\circ}C$ -yə çatır:



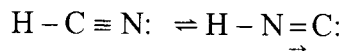
Disianoasetileni C_4N_2 yaxud $N \equiv C - C \equiv C - C \equiv N$ ozonda yandırmaqla daha yüksək (6000 $^{\circ}C$) temperatur almaq olur.

Disian çox fəaldır, onun bir sıra reaksiyaları halogenləri xatırladır:

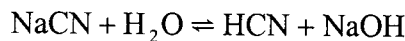


Hidrogen-sianid HCN xarakterik iyli, rəngsiz asan uçucu mayedir, -14 $^{\circ}C$ -də qaynayır.

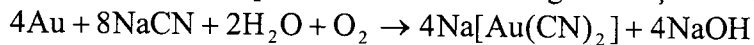
Hidrogen-sianid bir-birilə tautomer tarazlıqda (dinamik tarazlıq) olan iki formadan ibarətdir:



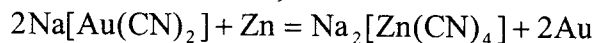
Hidrogen-sianidin suda məhlulu sianid turşusudur. Sianid turşusu çox zəif olduğundan sianidlər məhlulda hidrolizə uğrayırlar:



Sianid turşusunun duzlarından natrium və kalium sianidin praktik əhəmiyyəti daha çoxdur. Bu duzların hər ikisi qızıl istehsalında tətbiq edilir. Onlar hava oksigeninin iştirakı ilə qızılı həll edirlər:

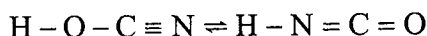


Bu reaksiya vasitəsilə qızıl filizdən məhlula keçir. Filtirlədikdən sonra qızıl sink vasitəsilə ayrılır:



Sianın törəmələrindən biri sianat turşusudur HOCN. Sianat turşusu izosianat turşusu

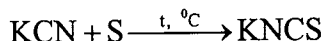
HNCO ilə tautomer tarazlıq vəziyyətindədir:



Bu turşuların izomeri guruldayıcı turşudur: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}\rightarrow\ddot{\text{O}}:$

Guruldayıcı turşunun civə duzu $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ guruldayıcı civə adlanır, partlayıcı maddə (detanator) kimi tətbiq edilir.

Tiosian (NCS)₂ və onun törəmələri. Tiosian (NCS)₂ yaxud $\text{NCS}-\text{SCN}$ ağ kristallardan ibarətdir. Qələvi metalların sianidlərinə kükürlə təsir etdikdə tiosianat (rodanid) turşusunun HNCS duzları alınır:



Bəzi metalların tiosianatlarında (rodanidlərində) metal ionu yanında azot atomu bəzilərində isə kükürd atomu olur: NaNCS , $\text{Ba}(\text{NCS})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, AgSCN , $\text{Hg}(\text{SCN})_2$.

Tiosianat (rodanid) HNCS turşusu qüvvətli turşudur. Onun kalium duzu Fe^{3+} ionunu təyin etmək üçün reaktivdir. Bu zaman qırmızı qan rəngli $\text{Fe}(\text{NCS})_3$ duzu əmələ gəlir.

§ 6. Silisium

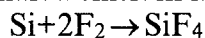
Silisium IV qrupun əsas yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi 14-ə, nisbi atom kütləsi 28,086-ya bərabərdir. Təbii silisium üç izotopdan ibarətdir: ^{28}Si (92,27%), ^{29}Si (4,68%), ^{30}Si (3,05%). Silisiumun tozu qonur rəngdə, kristalları isə tünd-boz rəngdədir, azca metal parıltısı var.

Əvvəllər bunlar silisiumun iki müxtəlif allotropik modifikasiyası hesab edilirdi. Əslində onların kristal quruluşu eynidir. Onların xarici görünüşlərində və kimyəvi aktivliklərindəki fərqi səbəbi, hissəciklərin ölçüsü və onda olan qarışıqlardan xüsusilə SiO_2 -dən asılıdır. Toz halında olan silisiumun kimyəvi fəallığının da səbəbi onun disperslik dərəcəsinin yüksək olmasıdır. Silisiumun quruluşu almazın quruluşuna oxşardır. Onun kristalında hər silisium atomu digər dörd silisium atomları ilə tetraedrik şəkildə əhatə olunmuşdur. Onların arasındakı rabitə kovalent rabitədir və almazda olan kovalent rabitəyə nisbətən zəifdir. Adi şəraitdə belə silisium kristalında kovalent rabitələrin bir hissəsi qırılmış vəziyyətdədir. Ona görə də onda sərbəst elektronlar olur və onlar silisiumun elektrik keçiriciliyini təmin edir. İşıqlandırdıqda və qızdırdıqda qırılan rabitələrin və buna müvafiq sərbəst elektronların sayı artır. Silisiumun yarı keçiricilik xassəsi bununla izah edilir. Kristallik silisiumun sıxlığı 2,33 q/sm³-dir, 2600 °C-də əriyir. Buzda olduğu kimi əridikdə silisiumun sıxlığı (təqribən 9%) artır. Yüksək təzyiqdə metalla oxşar silisium alınmışdır.

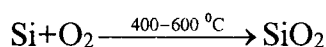
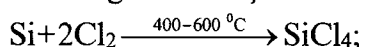
Kimyəvi xassələri. Normal halda silisium atomunun xarici energetik səviyyəsində elektronlar $3s^2 3p^2$ yarımsəviyyələrində olurlar. Həyəcanlanmış vəziyyətdə $3s$, $3p_x$, $3p_y$, $3p_z$ -də olurlar:



Silisiumun koordinasiya ədədi əsasən 4 (sp^3 hibridləşməsi) olur, lakin karbondan fərqli olaraq 6 (sp^3d^2 hibridləşməsi) olan birləşmələri də var. Silisium atomunda sərbəst d orbitalı olduğu üçün, kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü ilə donor-akseptor qarşılıqlı təsirində olur. Donor-akseptor qarşılıqlı təsiri möhkəm kovalent rabitə ilə birləşmiş atomlardan ibarət fəza quruluşunun əmələ gəlməsini təmin edir. Hidrogenə kimyəvi rabitəyə sərf edilməmiş elektron cütü yoxdur. Ona görə də silisiumun hidrogenli birləşmələri davamsızdır havada öz-özünə alışıb yanır, oksigenli birləşmələrə çevrilməyə meyllidirlər. Kimyəvi cəhətdən silisium fəal element deyil. Onun xırdalanma dərəcəsi artdıqca kimyəvi reaksiyalara asanlıqla daxil olur. Toz halda silisium flüorla adi şəraitdə reaksiyaya girir:

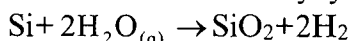


Qızdırdıqda xlor və oksigenlə birləşir:

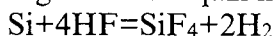


Azot, karbon və borla daha yüksək temperaturda birləşir:

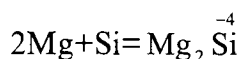
$3\text{Si}+2\text{N}_2 \xrightarrow{1000^\circ\text{C}} \text{Si}_3\text{N}_4$ nitrid; $\text{Si}+\text{C} \xrightarrow{2000^\circ\text{C}} \text{SiC}$ karbid; $\text{Si}+3\text{B} \xrightarrow{2000^\circ\text{C}} \text{B}_3\text{Si}$ borid
Közərinçəyədək qızdırılmış silisium su buxarı ilə reaksiyaya girir:



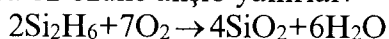
Elektrik qövsündə silisium hidrogenlə birləşir, ümumi formulları $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ olan silanlar əmələ gəlir. Qızdırdıqda silisium hidrogen-flüorid qazı ilə reaksiyaya girir:



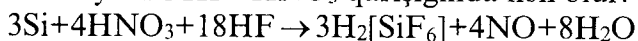
Toz halında silisium hidrogen-xlorid (300°C -də) və hidrogen-bromid (500°C -də) qazları ilə qarşılıqlı təsirdə olur. Hər iki halda H_2 , SiHal_4 və halogensilanlar (SiHHal_3 , SiH_2Hal_2 , SiH_3Hal .) əmələ gəlir. Silisium yalnız fəal metallarla qarşılıqlı təsirdə olduqda oksidləşdirici olur:



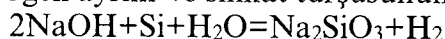
Elektrik qövsündə silisium hidrogenlə birləşir, ümumi formulları $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ olan silanlar əmələ gəlir. Otaq temperaturunda monosilan SiH_4 və disilan Si_2H_6 qaz halındadır. Qalan silanlar (axırını məlum olan Si_8H_{18} -dir) uçucu mayelərdir. Onlar pis iyilidirlər və müvafiq karbohidrogenlərə nisbətən az davamlıdır. Belə ki, karbohidrogenləri yalnız alışdırdıqda yandıqları halda, silanlar havada öz-özünə alışıb yanirlər:



Silisium mineral turşulardan yalnız $\text{HF}+\text{HNO}_3$ qarışığında həll olur:

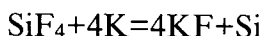


Qələvilərlə reaksiyasında hidrogen ayrılır və silikat turşusunun duzu alınır:



Silisiumun qələvilərlə reaksiyası OH^- ionlarının çox az miqdarında da ola bilər. Hidroksid ionlarının belə miqdarı suyu şüşə qabda saxladıqda, şüşənin hidrolizindən əmələ gəlir.

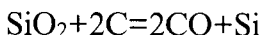
Alınması. Silisiumu ilk dəfə 1811-ci ildə fransada Gey-Lüssak və L.Tenar silisium-flüoridə kaliumla təsir etməklə almışlar:



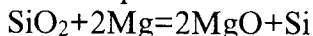
Lakin, onlar yeni element aldıklarını bilməmişlər. Bundan 12 il sonra İsveç kimyaçısı Y.Bertselius kalium-silisiumheksaflüoridə kalium metalı ilə təsir etməklə silisium almışdır.



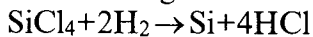
O, yeni element aldığını bildirmiş və onu silisium adlandırmışdır. Latınca «silex» sözündən götürülmüşdür çaxmaq daşı mənası verir. Hazırda silisium sənaye miqyasında elektrik sobasında 1900°C -də silisium-dioksiddə koksla təsir etməklə alınır:



Bu üsulla alınan silisiumun təmizlik dərəcəsi 99 % olur və ondan metallurgiyada istifadə edilir. Laboratoriyada silisium-dioksiddə maqneziumla reduksiya etməklə alınır:



Alınan silisiumu reaksiyaya girməyən SiO_2 -dən və maqnezium-oksiddən təmizləmək üçün xlorid və flüorid turşusu ilə işlənir. SiCl_4 hidrogenlə reduksiya edilir:

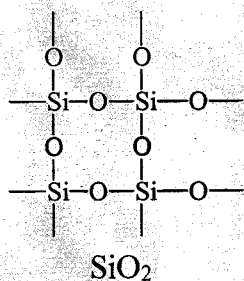


Xüsusi üsullarla təmizlik dərəcəsi yüksək olan silisium alınır. Məsələn, «6 doqquz» markasında 99999 silisium atomunda 1 atom kənar element düşür. Bu o, deməkdir ki, onda 99,9999 % silisium var. Belə təmiz silisium monokristalının üzünə düşən işıq ondan elektron qoparılmasına səbəb olur. Işıqlandırılan sahəni keçirici vasitəsilə işıqlandırılmayan sahə ilə birləşdirdikdə elektron axını alınır. Fotoelementlərdə yarımkeçiricilərin tətbiqi bu hadisəyə əsaslanmışdır. Silisium fotoelementləri günəşin işıq enerjisinin 15 %-ə qədərini elektrik enerjisinə çevirir. Minlərlə belə günəş batareyalarını birləşdirdikdə alınan elektrik enerjisi ilə yerin süni peykləri və planetlərarası peyklərdəki cihazlar qidalanırlar.

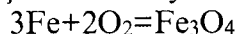
§ 7. Oksigenli birləşmələri. Silisium-dioksidd

Silisium-dioksidd (SiO_2) rəngsiz bərk maddədir. Yer qabığında ən geniş yayılmış

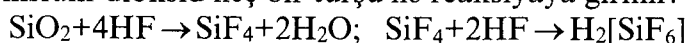
birdir, onun kütləsinin 12 %-ni təşkil edir. Onun əsas mineralı kvardır. Az miqdarda dəmir və alüminium oksidləri qarışığı olan adı qumun əsasını SiO₂ təşkil edir. Yaşma (yaşəm daşı), xalsedon, aqat, əqiq kvarsın şəkildəyişmələridir. Onlar yarımqiymətli daşlardır, bir-birindən rənglərinə və tərkiblərindəki qarışıqlara görə fərqlənirlər. Təbii silisium-dioksidin ən təmizi dağ büllurudur. O, buza oxşayır. Qədim yunanlar onu çox bərk donmuş buz hesab etmişlər. «Kristal» sözünün yunanca mənası buz deməkdir və «kristallos» sözündən yaranmışdır. Silisium-dioksiddə SiO₂ hər silisium atomu digər dörd oksigen atomu ilə birləşib, bir oksigen atomu iki silisiumla birləşib. Onun kimyəvi formulunun [SiO_{4/2}]_n şəkilində yazılması daha doğrudur. Kvadrat mötərizənin kənarındakı «n» silisium-oksidin qruplaşmasının bir-birilə kimyəvi rabitə vasitəsilə birləşdiyini və onların çox olduğunu göstərir. SiO₂-də Si və O atomları bir müstəvi üzərində yerləşməyib onlar bütün həcmdə yerləşiblər. Silisium atomu tetraedrin mərkəzində, dörd oksigen atomu onun təpələrində yerləşiblər:



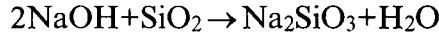
Nəticədə çox kiçik qum dənəsi, kvars parçası yaxud onun böyük kristalı sanki nəhəng molekul əmələ gətirir. Kvars parçasına kifayət qədər güclü zərbənin təsirindən çox kiçik parçası ayrılır və zərbənin enerjisinin təsirindən qızır, qaranlıqda işıq saçır, onunla təmasda olan asan alışan pambıq və s. alovlanır. Bu yolla çaxmaq daşına (kvars parçasına) çaxmaq (kiçik dəmir parçası) ilə vurduqda mexaniki enerji istilik enerjisinə çevrilir. Zərbədən ayrılan çox kiçik dəmir parçası havada yanır:



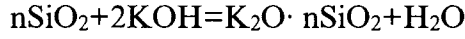
Alınan kiçik közərtidən qurudulmuş qov köbələyi alovlanır. İnsanlar bu yolla uzun müddət od almışlar. Kvars kristalı yalnız gözəl görünüşü ilə deyil, digər qiymətli xassələri ilə də texnikada geniş tətbiq edilir. Kvars kristalı elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirir. Belə maddələri *pezoelektrik* adlandırırlar. Elektrik sahəsinin təsirindən kvars lövhə sıxılır, sonra gərginlik aradan qalxdıqda əvvəlki vəziyyətinə qaydır. Başqa sözlə desək, dəyişən cərəyan kvars lövhənin titrəyişli hərəkətinə səbəb olur, bu isə öz növbəsində ətraf mühitə verilir, lövhə səs generatoru rolunu oynayır. Bu xassəsinə əsasən səsyazma qurğularında və kvars saatlarında kvars kristalından istifadə edilir. Bəzi xəstələrə həkim «kvars» təyin edir. Daha doğrusu ona civə-kvars lampasının ultrabənövşəyi işığını qəbul etməyi yazır. Elektrik boşalması civə buxarlarından keçərək, ultrabənövşəyi şüaları yaradır. Kvars şüşə isə həmin şüaları demək olar ki, tamamilə buraxır. Civə-kvars lampasının işığının parlaqlığı günəş işığının parlaqlığından da yüksəkdir. İçərisi yod yaxud brom buxarları ilə doldurulan kvars lampasının işığı günəş işığı qədər parlaq olur. Belə lampalar adi elektrik lampalarına nisbətən kiçikdir və istismar müddəti uzundur. Avtomobillərdə istifadə edilən halogen lampaları bu prinsip əsasında hazırlanmışdır. Texnikada kvarsa tələbat böyükdür. Təbii kvarsın (dağ bülluru) ehtiyatı demək olar ki, tükənmişdir. Ona görə də kvars kristalı süni yolla alınır. Bu prosesin texnologiyası mürəkkəbdir. Lakin süni yolla ölçüsü insanın boyundan böyük olan kvars alınmışdır. SiO₂ adı şəraitdə su ilə reaksiyaya girmir. Lakin 150 °C-də o suda həll olmağa başlayır. 500 °C-də SiO₂-nin 25 %-i suda həll olur. Bu zaman qaz fazasında su buxarının sıxlığından asılı olaraq müxtəlif silikat turşuları əmələ gəlir. Su buxarının sıxlığı 0,05 q/sm³ olduqda Si(OH)₄ (SiO₂·2H₂O), 0,1–0,45 q/sm³ arasında (HO)₃SiOSi(OH)₃ (2SiO₂·3H₂O), 0,65 q/sm³-də H₂SiO₃ (SiO₂·H₂O) alınır. Flüorid turşusundan başqa silisium-dioksid heç bir turşu ilə reaksiyaya girmir:



SiO₂-ni qələvilər tədricən silikat turşularının duzlarına çevirir:

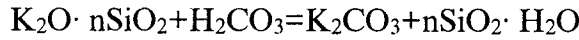


Burada Na_2SiO_3 formulu şərtidir, reaksiyanın aparılma şəraitindən asılı olaraq əmələ gələn silikatların tərkibi və quruluşu müxtəlif olur. Ona görə də reaksiya tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq lazımdır:

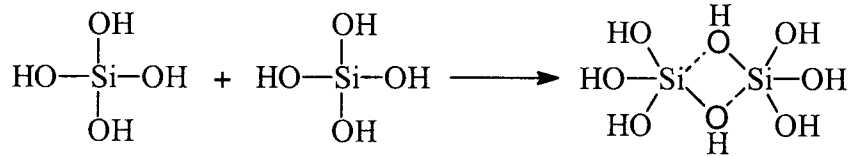


Silisiyum-dioksidin orqanizm üçün zərərsiz olmasını düşünmək doğru deyil. SiO_2 -nin ağ ciyəərə düşən çox kiçik kristalları ağ ciyər toxumasını dağıdır, bəlgəmgətirməyə səbəb olur. Uzun müddət tozlu şəraitdə, şaxtalarda və dağ-mədən işlərində işlədikdə selekoz adlanan xəstəlik yaranır. Ona görə də havada çox kiçik SiO_2 hissəcikləri olan şəraitdə işlədikdə xüsusi qoruyucu vasitədən, respiratordan istifadə etmək lazımdır.

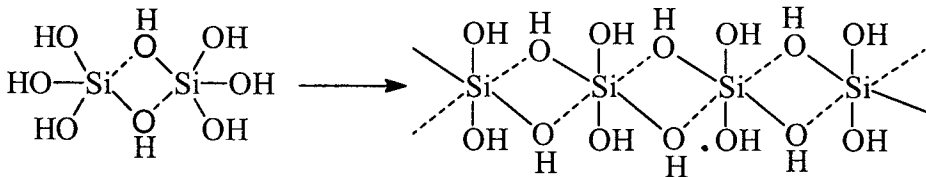
Silikat turşuları. Silikat turşuları silikat anhidridinin SiO_2 su ilə birləşməsidir. Onlarda SiO_2 ilə H_2O -nun mol nisbətləri müxtəlifdir. Ona görə də onların ümumi formulu $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ şəklində yazılır. $n=1, m=1$ olduqda H_2SiO_3 metasilikat turşusu; $n=2, m=1$ olduqda $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ dimetasilikat turşusu; $n=1, m=2$ olduqda H_4SiO_4 ortosilikat turşusu; $n=2, m=3$ olduqda $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ olur. Bu turşular asanlıqla bir-birinə çevrilirlər. Silikat turşularını ayrılıqda almaq olmur. Onlar çox zəif turşulardır. Karbonat turşusu belə onları duzlarının məhlulundan çıxarır:



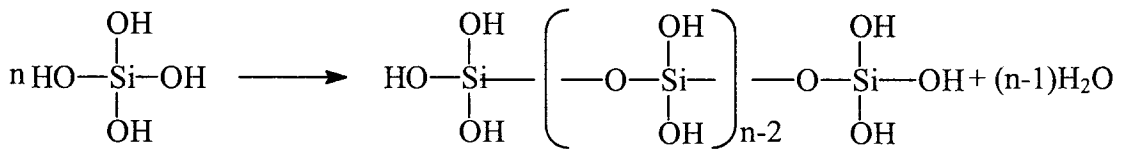
Alınan turşular gel adlanan həlməşikvari çöküntü əmələ gətirirlər. Onu susuzlaşdırdıqda çox böyük səthi olan məsaməli rəngsiz maddə alınır. Həmin tozvari kütlə silikagel adlanır. Ondən buxar və qazların adsorbsiyasında geniş istifadə edilir. Silikat turşuları suda az həll olurlar, m/n nisbəti az olduqca daha az həll olurlar. Məhlulda əsasən su ilə zəngin olan $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (H_4SiO_4) forma olur. $m/n \ll 1$ olan təbii silikat turşuları praktik olaraq suda həll olurlar. Silikat turşuları tədricən polimerləşirlər. Onların polimerləşməsinin mexanizmini iki formada izah edirlər. Birinci fikrə görə əvvəlcə silisiyumun koordinasiya ədədi beş olan kompleks əmələ gəlir. Həmin kompleksdə kimyəvi rəbitənin əmələ gəlməsində silisiyumun 3d orbitalından istifadə edilir:



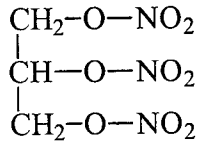
Sonra hissəciklər böyüyürlər, silisiyumun koordinasiya ədədi altıya bərabər olur:



İkinci fikrə görə silikat turşuları aşağıdakı formada polimerləşir:



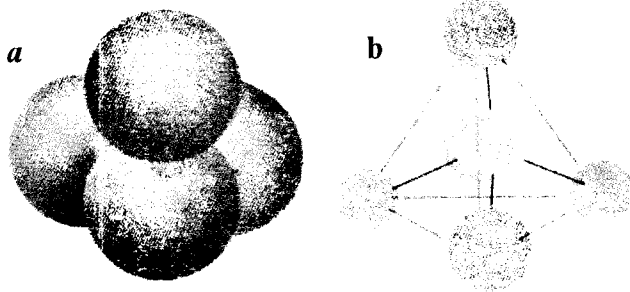
Sonra ortada olan $-\text{OH}$ qrupları bu yolla qarşılıqlı təsirdə olaraq budaqlanmış və üçölçülü makromolekullar əmələ gətirirlər. Silikat turşuları politurşulara çevrildikdə H_4SiO_4 -ün molekulyar məhlulu kolloid məhlula çevrilir. Opal, trepel və diatomit təbii silikat turşularına aid olan minerallardır. Silikat turşularının duzları silikatlar adlanırlar. Yalnız $n=1-4$ intervalında olan qələvi metalların silikatları suda yaxşı həll olurlar. Diatomit və tropel kiçik dəniz heyvanları və bitkilərinin qalıqlarıdır. Onları közərttikdə SiO_2 -dən ibarət olan çox narın toz-ağ duda alınır. Rezin, boyaq, lak və s. istehsalında ondan təsirsiz doldurucu kimi istifadə edilir. Tropel hopdurulmuş nitroqliserin *dinamit* adlanır. Qliserinin üç molekul nitrat turşusu ilə reaksiyasından qliserin-trinitrat alınır. Onu çox vaxt trinitroqliserin, yaxud sadəcə olaraq nitroqliserin adlandırırlar:



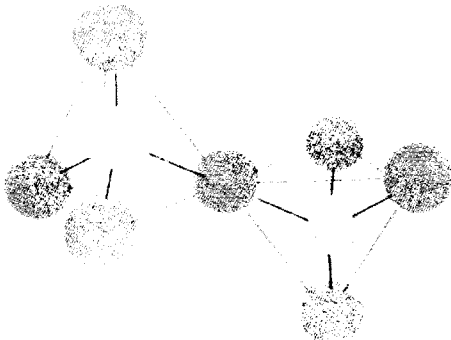
Trinitroqliserin çox güclü partlayıcı maddədir. Onun tətbiqində bədbəxt hadisələr baş vermiş, partlayış nəticəsində insanlar məhv olmuşlar. 1867-ci ildə İsveç kimyaçı-mühəndisi Alfred Nobel absorbent kimi diatomitdən istifadə etmişdir. O, nitroqliserini diatomitə hopdurmaqla təhlükəlilik dərəcəsi xeyli aşağı olan qarışıq almışdır. Həmin qarışıq dinamit adlanır. Hazırda beynəlxalq aləmdə elm, ədəbiyyat və sülh sahəsində ən böyük mükafat A.Nobelin adınadır.

§ 8. Silikatlar

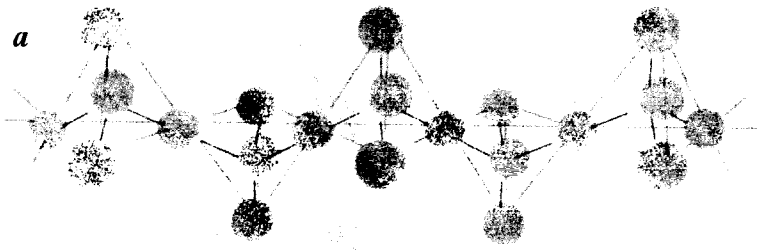
Dağ süxurlarını və torpağı əmələ gətirən minerallar silikatlardır. Yer qabığında rast gəlinən bütün bərk maddələr *minerallar* adlanırlar. Mineralların hər biri müəyyən kristal quruluşa malikdir. Onların tərkibi çox vaxt dəyişkən olur, kristal qəfəsdə radiusları və xassələri bir-birinə yaxın olan element atomunun biri digəri ilə əvəz olunur. Dağ süxurları müxtəlif mineralların toplusu, aqreqatdır. Silikatların tərkibində silisium və oksigenlə başqa digər elementlər də olur. Məsələn, qranitin tərkibində kütlə ilə 50 % oksigen, 25 % silisium, 8 % alüminium, 5 % dəmir, 0,09 % manqan, 0,002 % nikel və 0,01 % mis var. Lakin qranitdən və digər silikatlardan metalların alınması hələlik iqtisadi cəhətdən əlverişli deyil. Ona görə ki, silikatlar çox davamlı kimyəvi birləşmələrdir. Onlardan metalları sərbəst halda ayırmaq üçün külli miqdarda enerji sərf edilməlidir. Silikatların davamlı olmalarının səbəbi onların kristal quruluşu ilə əlaqədardır. Silikatların əsas quruluş vahidi silikat tetraedridir. Onda bir silisium atomu tetraedrik vəziyyətdə dörd oksigen atomu ilə əhatə olunmuşdur.



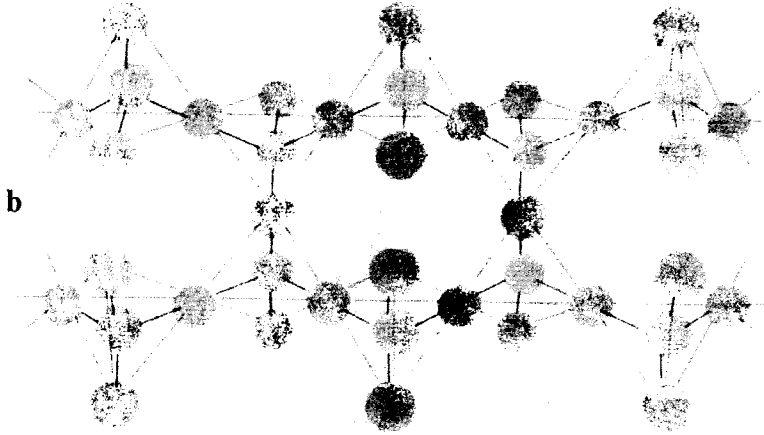
Həmin quruluş vahidi, ortosilikat ionu SiO₄⁴⁻ şəklində mövcud ola bilər. Belə quruluş az miqdarda minerallarda rast gəlinir. Çox vaxt silisium-oksigen tetraedrləri bir-birilə ümumi oksigen atomu vasitəsilə birləşirlər, Si-O-Si rabitələrini əmələ gətirirlər. İki silikat tetraedri birləşdikdə Si₂O₇⁶⁻ ionu əmələ gəlir.



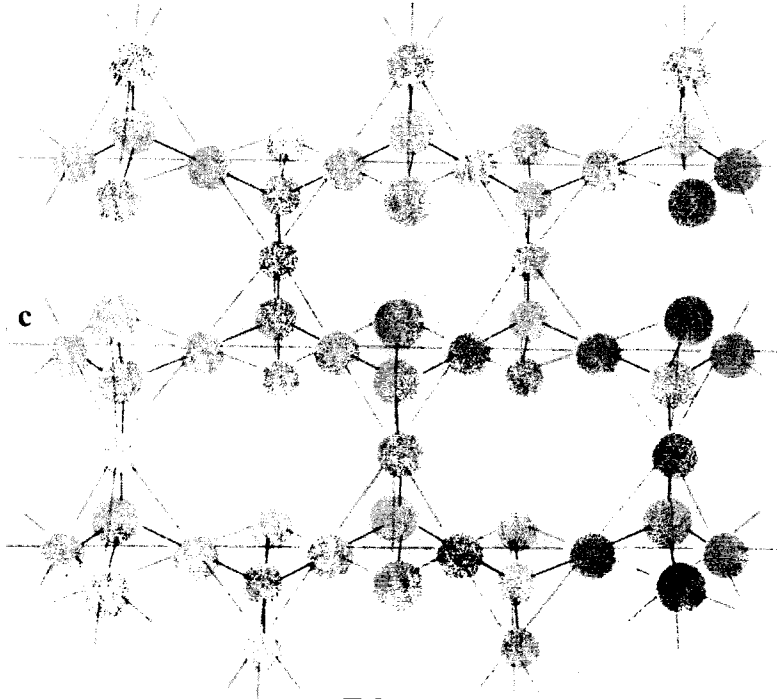
Silikat tetraedrləri ümumi oksigen atomları vasitəsilə birləşərək zəncirvari, layvari yaxud karkaslı quruluş əmələ gətirirlər.



Təkrarlanan zəncir vahidi



Təkrarlanan zəncir vahidi

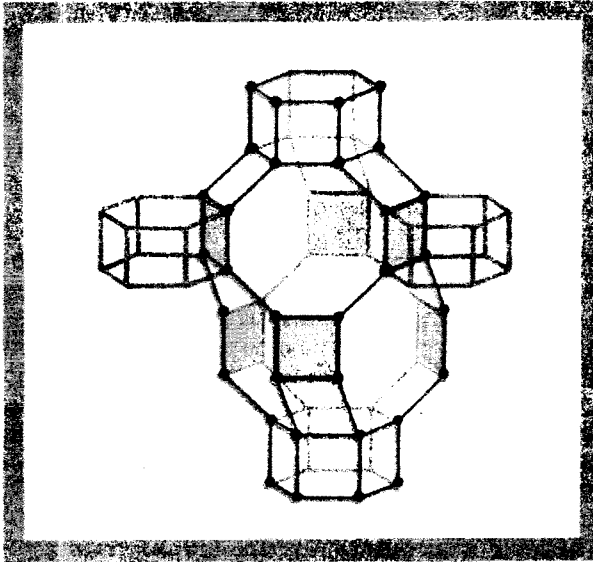


Təkrarlanan təbəqə vahidi

Şəkil XVI-8. Silikat tetraedrlərinin birləşməsi nəticəsində əmələ gələn silikat zəncirlərinin və laylarının sxematik təsviri: *a*- SiO_3^{2-} empirik formullu bir-ölçülü silikatlar, məsələn enstatit mineralında MgSiO_3 ; *b*- $\text{Si}_4\text{O}_{11}^{6-}$ empirik formullu ikiölçülü silikat zəncirləri, məsələn tremolit mineralında $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$; *c*- $\text{Si}_2\text{O}_5^{2-}$ empirik formullu silikat layları, məsələn talik mineralında $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$. Diqqət yetirmək lazımdır ki, *a* quruluşunda təkrarlanan quruluş vahidləri silikatın empirik formulundan iki dəfə çox atom saxlayır.

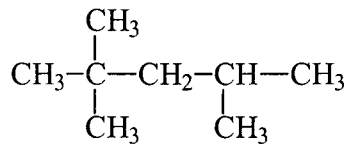
Digər maddələrdə olduğu kimi silikatların quruluşu xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Məsələn, talk $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ layvari quruluşa malikdir. Onu təşkil edən laylar arasındakı cazibə qüvvələri çox zəifdir. Ona görə də talk yağlıtəhər, yumşaq tozdur. Silikat bir-birilə ümumi oksigen atomları vasitəsilə birləşərək üçölçülü fəza quruluşu əmələ gətirdikdə daha möhkəm olur. Kvarsın SiO_2 quruluşu belədir. Ona görə də o, lifli və layvari silikat kristallarına nisbətən mexaniki cəhətdən möhkəmdir. Silikatların çoxunda silisium-oksigen tetraedrlərində Si^{4+} ionlarının bir qismi Al^{3+} ionları ilə əvəz olunur, alümosilikatlar əmələ gəlir. Belə əvəzetmədə elektroneytrallığı təmin etmək üçün əlavə olaraq K^+ , yaxud Na^+ ionları birləşdirilir. Mika mineralını $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ bunlara misal göstərmək olar. Həmin mineralda layvari quruluşda $\text{Si}_4\text{O}_{10}^{4-}$ -də dördüncü silisium atomu alüminium atomu ilə əvəz olunub və $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}^{5-}$ tərkibli layvari quruluş yaratmışdır. Layvari silikat və

alümosilikatlarda kationlar layların arasında yerləşir, onları neytrallaşdırır. Ona görə də mikada alüminium formulda iki yerdə mötərizənin kənarında və daxilində yazılır. Mötərizənin xaricindəki birinci iki ion layların arasında, mötərizənin daxilindəki alüminium isə silisium atomunu əvəz etmişdir və o, AlO_4 tetraedrinin tərkibində yerləşib. SiO_2 -də silisium atomlarının yarısına qədəri alüminiumla əvəz olunduqda alınan minerallar çöl şpatları adlanırlar. Həmin minerallarda mənfi yük Na^+ , K^+ , yaxud Ca^{2+} ionları ilə neytrallaşdırılır. Çöl şpatları dağ süxurlarını əmələ gətirən, ən geniş yayılan alümosilikatlardandır. Onlar yer qabığındakı mineralların təqribən 54 %-ni təşkil edir. Alümosilikatlardan seolitlər daha maraqlıdır. Onların ümumi formulu $M_{k/n}^{n+}(AlO_2)_k(SiO_2)_p \cdot m(H_2O)$ -dur. Burada m, k, p və n tam ədədlərdir. M-qələvi yaxud qələvi-torpaq metalıdır. Misal olaraq $Na_{12}(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12} \cdot 27(H_2O)$ -nu göstərmək olar. O, $350\text{ }^{\circ}C$ -də suyunu itirir. Seolitlərin kristalında çoxlu boşluqlar, kanallar var. Bu isə onların şəbəkəli quruluşunu təmin edir. Həmin boşluqlarda anionların mənfi yükünü neytrallaşdırın kationlardan əlavə su molekulları da yerləşir. Suyun miqdarı seolitlərdə geniş hədd daxilində dəyişir və su buxarının təzyiqindən asılıdır. Seolitlərdə silisium-oksigen və alüminium-oksigen tetraedrləri kuboktaedrlərdə (poliedr) birləşmişlər. Kuboktaedrlər bir-birilə oksigen körpüləri vasitəsilə birləşmişlər. Belə quruluş seolitlərdə bir-birilə müəyyən ölçülü pəncərələr vasitəsilə birləşən boşluqlar əmələ gətirməsinə səbəb olur.

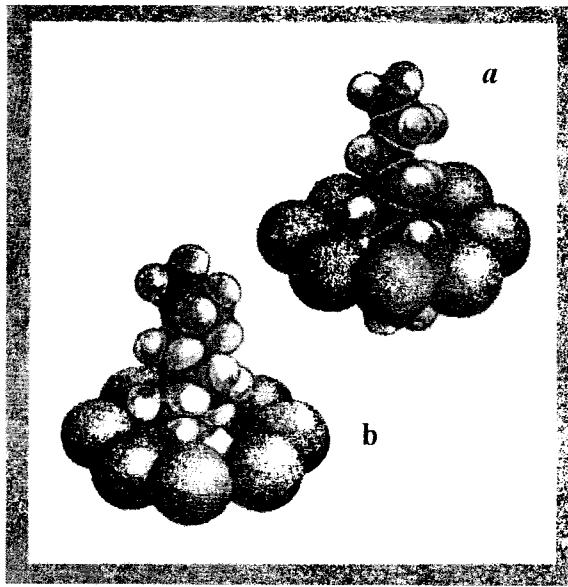


Şəkil XVI-9. Şabazitdə ($Na[AlSi_2O_6] \cdot 3H_2O$) silisium-oksigen karkası. Şəkildə ancaq, qara nöqtələrlə işarələnmiş Si və Al atomları göstərilmişdir, bu atomlar özləri isə kristalda oksigen atomu vasitəsilə birləşmişdir.

Qızdırdıqda onlarda olan su kənar edilir və bu zaman kristal quruluşları pozulmur. Seolitlərin qiymətli xassələrindən biri tərkibindəki kationların mübadilə edilə bilməsidir. Bu xassəsinə əsasən onlardan suyun codluğunun aradan qaldırılmasında iondəyişdirici kimi istifadə edilir. Obrazlı şəkildə desək, seolitlər müxtəlif maddələrin molekulları üçün ələk rolunu oynayır. Son vaxtlar süni surətdə alınan seolitlərdən «molekulyar ələk» kimi istifadə edilir. Bunu oktan və izooktanın seolitlər vasitəsilə bir-birindən ayrılması misalında nəzərdən keçirək. Benzində digər karbohidrogenlərlə yanaşı normal oktan var. O, düz zəncirli quruluşa malikdir: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$. Benzində onun miqdarı çox olduqda oktan ədədi yəni, keyfiyyəti aşağı düşür. Əksinə izooktan şaxələnmiş quruluşa malikdir:



Benzində onun miqdarı çox olduqca onun oktan ədədi yüksəlir. Bunları bir-birindən adi distillə üsulu vasitəsilə ayırmaq asan deyil. Ona görə ki, qaynama temperaturaları bir-birinə yaxındır, uyğun olaraq $125,66$ və $99,24\text{ }^{\circ}C$ -dir. Bunların qarışığını seolitdən keçirdikdə normal oktan molekulları «molekulyar ələk»dən keçir. İzooktan molekulları üçün oktaedrik pəncərələrdən təşkil olunan boşluqlar kiçikdir, onlar keçə bilmirlər. Nəticədə «molekulyar ələk» vasitəsilə normal oktan izooktandan ayrılır.



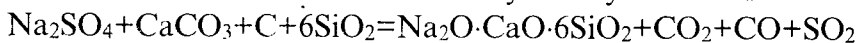
Şəkil XVI-10. Molekulyar ələk vasitəsilə benzinin komponentlərinin ayrılması. Yumru şarlar səkkiz üzlü həlqəni əmələ gətirən teraedrlərə aid oksigen atomunu göstərir; silisium atomları çox kiçikdir və sxemdə göstərilməmişdir. Karbohidrogen molekulunun tərkibinə daxil olan C və H atomları uyğun olaraq qara və ağ rənglərlə göstərilmişdir. a – şaxələnməmiş normal oktan molekuludur, həlqədən keçir b – şaxələnməmiş izooktan molekuludur, onun izomeri üçün həlqə çox ensizdir.

Süni silikatlar. Maye şüşə. Natrium-silikatın qatı məhlulu maye şüşə yaxud həll olan şüşə adlanır. Sənayedə ondan yanmayan parçalar istehsalında və oduncağa hopdurulmasında istifadə edilir. Satışda olan dəftərxana yapışqanı (silikat yapışqanı) maye şüşədən ibarətdir. Maraqlıdır ki, yumurtanın üzünə nazik maye şüşə təbəqəsi çəkildə uzun müddət xarabə olmur. Əslində maye şüşə yalnız natrium-silikatdan ibarət deyil. O, kondensləşmiş silikat turşularının $H_6Si_2O_7$, $H_4Si_3O_8$ və $(H_2SiO_3)_n$ natrium duzlarının qarışığıdır.

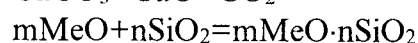
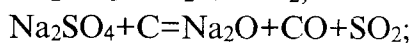
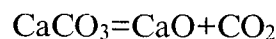
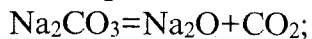
Pəncərə şüşəsi. Adı pəncərə şüşəsinin təxmini tərkibi belədir: $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$. Ona görə təxmini deyirik ki, onun tərkibində oksidlərin miqdarı dəyişkən olur və onlardan başqa digər elementlərin də oksidləri olur. Onda 68–75 % SiO_2 , 10–17 % Na_2O , 5–10 % CaO , 4 %-ə qədər MgO , 3 %-ə qədər K_2O , 1–4 % Al_2O_3 və Fe_2O_3 olur. Pəncərə şüşəsinə almaq üçün xammal – soda, əhəngdaşı və ağ qumdur. Onun alınmasının əsasını aşağıdakı reaksiyalar təşkil edir:



Sodanı natrium-sulfat və koksla əvəz etdikdə reaksiya tənliyi belə olur:

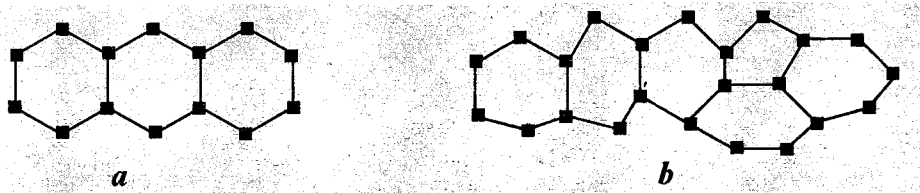


Bunlar reaksiyaların ümumi tənlikləridir. Əvvəlcə karbonatlar parçalanır, sonra metal oksidləri və SiO_2 -dən silikatlar əmələ gəlir:



Bu reaksiyalar təxminən 1500 °C-də gedir. Alınan şüşə kütləsində CO , CO_2 , SO_2 və s. qazların qabarcıqları qalır. Şüşə istehsal olunan sobanın daha qaynar hissəsində (1600 °C-də) həmin qaz qabarcıqları kənar edilir. Sobanın hazır məhsul əmələ gələn son hissəsində temperatur 1200–1300 °C olur. Həmin temperaturda alınan şüşə kütləsinin özlüklüyü ondan müxtəlif məmulatlar hazırlamağa imkan verir. Ərinmiş şüşə kütləsinin plastikliyi onun çox qiymətli texnoloji keyfiyyətidir. Onun şəffaflığı, möhkəmliyi və kimyəvi təsirlərə qarşı davamlılığı tətbiq sahələrini daha da genişləndirir. Şüşənin bu xassələri tərkibindən və emalından asılı olaraq geniş hədd daxilində dəyişir. Onun şəffaflığı əridilmə temperaturundan asılıdır, temperatur yüksək olduqca şəffaflığı yüksək olur. Polad kimi şüşəni də tablamaq olur, 600–800 °C-yə qədər qızdırıb və sürətlə soyutduqda onun bərkliyi adi şüşəyə nisbətən 4–5 dəfə artır. Stalinit adlanan şüşənin nazik təbəqəsi dayaq üzərində insanı saxlayır, yaxud bir kiloqramlıq polad kürəcik 1 metr məsafədən həmin şüşənin üzünə düşdükdə sınırmır. Bərk maddələrin çoxunu ərimə temperaturundan aşağı soyutduqda kristal formaya keçir. Lakin şüşəni, əridilmiş qətranı və üzvi polimerləri sürətlə soyutduqda nizamlı quruluş yaranmır. Bunun səbəbi molekulalarının çox böyük olmalarıdır. Onlar kifayət qədər asan hərəkət edə bilmədiklərinə görə kristal quruluş əmələ gəlmir. Həmin maddələr ifrat soyudulmuş mayələr yaxud şüşə adlanır. Belə quruluşda yaxında olan molekulalar, demək olar ki, nizamlı quruluş yaradır, nisbətən uzaqda olan isə kifayət qədər

nizamlı quruluş yarada bilmirlər.



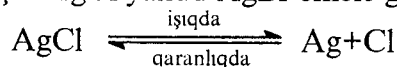
Şəkil XVI-11. Kristal (a) və amorf (b) bərk maddə.

Belə quruluşlu bərk maddələr, *amorf maddələr* adlanırlar. Şüşə ən geniş yayılan amorf maddələrdəndir. Şüşə bərk halda da mayelər üçün xarakterik olan xassələrdən birini, axıcılıq – xassəsini saxlayır. Ona görə də yüz illər qalan adı şüşənin aşağı hissəsi yuxarisına nisbətən çox az miqdarda qalın olur. Digər amorf maddələr kimi şüşənin də sabit ərimə temperaturu yoxdur. Qızdırdıqda tədricən yumşalır. Ona görə də onun müəyyən temperatur intervalında yumşalmasını demək olar. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi şüşə kimyəvi maddələrin təsirinə qarşı davamlıdır. Onu yalnız flüorid turşusu, qələvilərin ərintisi və qatı məhlulu, hidrogen-flüorid qazı və bərk hidroflüoridlər aşındırır «yeyir». Tərkibində dəmirin silikatları olduğundan adı pəncərə şüşəsi bu və ya digər dərəcədə göy rəngli olur. Şüşə istehsalında sodanı potaşla K_2CO_3 əvəz etdikdə, yumşalma temperaturu adi şüşəyə nisbətən yüksək olan şüşə alınır. Ona çox vaxt kalium şüşəsi deyilir, təxmini tərkibi belədir: $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$. Kalium şüşəsindən laboratoriya stəkanları, sınaq şüşələri və s. hazırlanır. Kvars qumundan SiO_2 , qurğuşun surikindən Pb_3O_4 və potaşdan hazırlanan şüşə flintqlas adlanır. Həmin şüşə məişətdə büllur (xrustal) adı ilə bizə tanışdır. Büllur şüşənin parlaqlığı yüksəkdir, adı şüşəyə nisbətən ağırdır və yumşaq cilalanır. Təxmini tərkibi belədir: $K_2O \cdot PbO \cdot 6SiO_2$.

Kvars şüşə. Silisium-dioksiddən (SiO_2) alınır. Termiki cəhətdən çox davamlıdır, 1000–1200 $^{\circ}C$ -də yumşalır. Qızdırdıqda praktik olaraq genişlənmir, soyutduqda sıxılmaz. Kvars şüşəni 1000 $^{\circ}C$ -yə qədər qızdırıb və sonra soyuq su axını ilə soyutduqda çatlamır. Bütün şüşə növlərində silisium-dioksid olur. Son 15–20 ildən başlayaraq tərkibində silisium-dioksid olmayan şüşələrdən (ifrat soyudulmuş ərintilərdən) istifadə edilməyə başlanmışdır. Alümoborosilikat şüşəsində SiO_2 qismən B_2O_3 və Al_2O_3 ilə əvəz olunmuşdur. Belə şüşəni almaq üçün əridilmiş kütləyə boraks $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ və kaolin $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ əlavə edilir. Həmin şüşənin texniki adı iyen şüşəsidir. Ondan kimya və məişət qabları hazırlanır.

Rəngli şüşələr. Şüşəyə istənilən rəng vermək olur. Rəngli şüşə almaq üçün əridilən şüşə kütləsinə müxtəlif metalların oksidlərini əlavə edirlər. Həmin oksidlər SiO_2 ilə rəngli silikatlar əmələ gətirirlər. Şüşəyə FeO –yaşıl, CoO –göy, MnO_2 –bənövşəyi rəng verir. Qırmızı şüşə almaq üçün qızıl və mis birləşmələrindən istifadə edilir. Tərkibində TiO_2 olan şüşə süd rəngdə olur.

Xüsusi şüşələr. Amerika fiziki Vudun hazırladığı qara şüşə yalnız ultrabənövşəyi şüaları buraxır. Maraqlıdır ki, minerallar və boyaqları belə şüşədən keçən işıqla işıqlandırdıqda və sonra qaranlıqda saxladıqda özündən parlaq işıq saçır. Bu effektdən teatr texnikasında və mineralların analizində istifadə edilir. Xüsusi şüşələrin digər növü əksinə ultrabənövşəyi şüaları buraxmır. Onlardan muzeyləri və kitabxanaları işıqlandırmaq üçün istifadə edilir. İnfraqırmızı şüaları buraxan şüşədən qaranlıqda «görmək» imkanı verən optik cihazlar hazırlanır. Xüsusi şüşələrin dördüncü növü ultrabənövşəyi və infraqırmızı şüaları buraxmır və cərrahi əməliyyatlarda işıqlandırıcılarda və proyeksiya qurğularında istifadə edilir. Xüsusi şüşələrdən işıqda tutqunlaşan qaranlıqda əvvəlki açıq rəngsiz şəklini alan günəşdən qoruyucu şüşələri qeyd etməliyik. Belə şüşələr «fotoxrom» şüşə adlanırlar. Onlarda $AgCl$ yaxud $AgBr$ duzlarının kolloid hissəcikləri var. Işıqda həmin duzlar gümüş və halogen atomlarına parçalanırlar. Digər metallar kimi gümüşün çox kiçik tozu qara rəngdə olur. Gümüş və halogen atomları bir-birinə çox yaxın vəziyyətdə şüşə matris tərəfindən saxlanılır. Qaranlıqda onlar yenidən birləşib $AgCl$ yaxud $AgBr$ əmələ gətirirlər:



Bioşüşə. Faizlə tərkibi belədir: 24 % Na_2O , 24 % CaO , 6 % P_2O_5 , 46 % SiO_2 . Bioşüşə sümük toxumaları ilə birlikdə olduqda orqanizmə mənfi təsiri olmur. Ondan implantasiya (ayrı-ayrı hüceyrələrin, toxumaların yaxud bütöv orqanların yeni yerə köçürdülüb

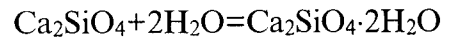
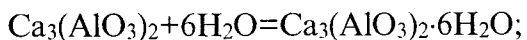
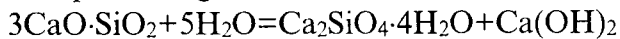
dirçəldilməsi) cərrahlığında istifadə edilir.

Təhlükəsiz şüşə. Təhlükəsiz şüşə sındıqda iri parçalar əmələ gətirmir, kiçik təhlükəsiz qırıntılara parçalanır. Birqat təhlükəsiz şüşə almaq üçün şüşə kütləsinin ərintisi kəskin surətdə soyudulur. Bu zaman şüşənin səthində sıxılma, daxilində isə genişlənmə qüvvələri yaranır. Çoxqat təhlükəsiz şüşə bir-birindən plastik kütlə örtüyü ilə ayrılan şüşə laylarından ibarətdir. Təhlükəsiz şüşədən avtomobil sənayesində və s. sahələrdə istifadə edilir.

Sital. Quruluşuna görə sital bir-birilə kristallaşmamış şüşə vasitəsilə birləşmiş kiçik kristallardan ibarətdir. Sital sözünün mənası şüşə kristal deməkdir, «stekl» və kristal sözlərindən götürülmüşdür. Sitalın mexaniki möhkəmliyi adi şüşənin möhkəmliyindən 5 dəfə yüksəkdir. Möhkəmliyi çuqunun möhkəmliyinə yaxındır. Şüşəni soyutduqda ərinmiş kütlənin özlülüyü kəskin surətdə artır, lakin o, kristallaşmır, sanki kristallaşmağa macal tapmır. İlk ərintiyə kristallaşmanı sürətləndirən maddələr məsələn, TiO_2 , Cr_2O_3 əlavə etdikdə qismən kristallaşma baş verir, sital alınır. Sitaldan ucuz tikinti materialı, elektrik izolyatorları, radio hissələri, kimya istehsalatı üçün cihazlar və s. hazırlanır.

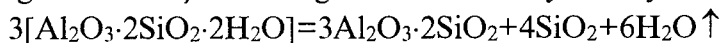
Stekloplastiklər. Şüşə lifləri ilə sintetik qətranları birləşdirdikdə stekloplastik adlanan yeni konstruksiya materialı alınır. Onların möhkəmliyi poladdan geri qalmır, lakin 3–4 dəfə yüngüldür. Stekloplastiklər metalı və oduncağı müvəffəqiyyətlə əvəz edir. Onlardan yüksək hidravlik təzyiqə davamlı, korroziyaya uğramayan borular hazırlanır, aviasiyada və gəmiqayırmada geniş surətdə istifadə edilir.

Sement. Sement boz bəzi hallarda ağ tozdur. Su ilə qarışdırdıqda xəmirəoxşar kütlə əmələ gətirir, öz-özünə bərkiiyir daşəoxşar kütləyə çevrilir. Sement sözü latınca «caementum» sözündən götürülmüşdür, mənası çınqıl, əzilmiş, xırdalanmış daş deməkdir. Yalnız havada bərkiiyən sement hava sementi, havada və həm də suda bərkiiyən sement hidravlik sement adlanır. Sementin ən çox yayılan növü adi sementdir. Ona çox vaxt portland sement deyilir. İlk dəfə 1824-cü ildə İngiltərənin Lidsa şəhərində yerli qəzet xəbər vermişdir ki, daş ustası D.Aspdin portland daşına oxşayan sement almışdır. Orada həmin dövrdə tikintidə işlədilən daş Portland şəhərinin yaxınlığında çıxarılmışdır. Həmin dövrdən bəri sementin alınması texnologiyası təkmilləşmişdir. Onun istehsalı kolloid kimyaya, mineralogiyaya və kristallokimyaya aid bilik tələb edir və mürəkkəb fiziki-kimyəvi prosesdir. Sementi almaq üçün gilli əhəngdaşını (mergeli) yaxud gillə əhəngdaşı və qum qarışığını $1500^{\circ}C$ -də maili vəziyyətdə yerləşən fırlanan boruda közərdirlər. Alümosilikat qarışığı kiçik yumru hissəciklər şəklində alınır. Sobada qızdırılıb bitişdirilmiş kütlə, sement klingeri çıxır. Sement istehsalında yanacaq kimi təbii qazdan, neft yaxud kömür tozundan istifadə edilir. Sobadan çıxan klinger fırlanan kürəikli dəyirmanlarda üyüdüür, sement alınır. Portland sementinin təxmini tərkibi belədir: CaO (60–64 %), SiO_2 (18–26 %), Al_2O_3 (4–12 %), Fe_2O_3 (2–4 %), MgO (1–4 %) digər maddələr (2 %). Sement bu oksidlərin ayrılıqda sadə mexaniki qarışığından ibarət deyil, o oksidlərin və alümosilikatların mürəkkəb qarışığından ibarətdir. Sementi su ilə qarışdırdıqda bərkiiyir, bu zaman müxtəlif proseslər gedir, əsasən silikatların kristalhidratları alınır:



Birinci reaksiyadan alınan $Ca(OH)_2$ havada CO_2 ilə birləşir tədricən $CaCO_3$ -ə çevrilir. Hidratlar suda az həll olurlar, onların çox kiçik kristalları tədricən böyüyürlər və bir-birilə birləşirlər, karkaslı quruluş kəsb edirlər. Nəhayət daşəoxşar kütləyə çevrilirlər. Tikintidə sement məhlulu sementi qumla qarışdırmaqla hazırlanır. Sementi qumdan əlavə çınqılla qarışdırdıqda az sərf olunur və beton adlanan çox qiymətli tikinti materialı alınır. Dəmir armaturlardan istifadə etdikdə dəmir-beton alınır. Dəmir-beton tikintidə əvəz edilməyən ən vacib materiallardandır. Betonun ən qiymətli xassəsi atmosfer çöküntülərində və temperatur dəyişməsinə qarşı davamlı olmasıdır. Bunlar isə bir sıra amillərdən, ən başlıcası sementin keyfiyyətindən asılıdır. Sementin keyfiyyəti onun hidromodulu ilə müəyyən edilir. Sementdə kütlə ilə kalsium-oksidin miqdarının digər oksidlərin miqdarına olan nisbəti onun hidromoduludur. Adi sementin hidromodulu ikiyə yaxın olur. Betonun keyfiyyətinə onun hazırlanmasında istifadə edilən su əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bu məqsədlə tərkibində çoxlu miqdarda həll olan duzlar olan sudan istifadə etdikdə betonun keyfiyyəti aşağı düşür. İçməli sudan istifadə etdikdə betonun möhkəmliyi artır və istismar müddəti uzanır.

Keramika. Keramika sözü yunanca dulusçuluq mədəniyyəti mənası verən «keramike» və keramos (gil deməkdir) sözündən yaranmışdır. Gil, yaxud digər qeyri-üzvi maddələri qızdırıb bitişdirməklə alınan material ümumi adla keramika adlanır. Keramika materialını hazırlamaq üçün xammal kvars qumu və çöl şpatı qarışığı olan gildir. Keramika materialının hazırlanmasında ardıcıl olaraq aşağıdakı proseslər həyata keçirilir. Əvvəlcə keramik kütlə hazırlanır, sonra ona forma verilir, qurudulur, nəhayət bişirilir. Sonuncu prosesdə keramik kütləni təşkil edən tərkib hissələri bitişirlər, lakin ərimirlər, bərk fazada kimyəvi reaksiyalar gedir. Gil bişirilərkən gedən əsas reaksiya tənliyinin sxemi belədir:



Keramika materiallarından bəzilərinin səthi mina qatı ilə örtülür. Bunun üçün hazırlanan məmulatın səthi kvarsdan, çöl şpatından və digər əlavələrin qarışığından ibarət olan tozla örtülür və təkrar bişirilir. Bişirilib bitişdirmə dərəcəsindən asılı olaraq məsaməli və bitişdirilmiş keramika növləri var. Məsaməli keramikada bitişdirmə 900–1200 °C-də aparılır. Bu zaman əsas etibarilə suyu buraxmayan məmulat alınır. Ona görə də onun səthi suyu buraxmayan mina qatı ilə örtülür. Adi kərpic, drenaj boruları və s. hazırlanır. Kərpic qırmızı rəngi onda Fe_2O_3 olması ilə izah olunur. Kafel, müxtəlif dulusçuluq məmulatları, sanitariya texnikası əşyaları, məişət saxsı qabları və s. məsaməli keramika materiallarına aiddir. Yüksək dərəcədə bitişdirilmiş keramika materialları poladla cızılır. Onlar 1200–1500 °C-də bişirilir, bitişdirilir. Xammalın keyfiyyətindən və istehsal texnologiyasından asılı olaraq daş keramika və çini qablar (farfor) alınır. Onlar gildən, kaolindən, kvarsdan və çöl şpatından hazırlanır. Metlax plitəsinin aralarında mina qatı olur, ikiqat bişirilməyə məruz qalır. Farfor (çini qablar) ağ parlaq, zərbənin təsirindən cingildəyən bərk materialdır. Farfor Çində VI əsrdə istehsal edilməyə başlanmışdır. Farfor istehsal etmək üçün təmiz kaolin, kvars qumu və çöl şpatı uyğun olaraq 1:2:1 nisbətində qarışdırılır və müəyyən forma verilir. Sonra tədricən qurudulur və ilkin bişirmə 900 °C-də aparılır, səthi maye mina qatı ilə örtülür. Yekun bişirib-bitişdirmə prosesi 1400 °C-də başa çatdırılır. Boyaqlar mina qatından əvvəl yaxud sonra vurulur. Farfor bişirilib-bitişdirilərkən sıxılma baş verir, hazırlanan əşyanın ölçüsü kiçilir.

§ 9. Qalay

Qalay bəşəriyyətə çoxdan məlumdur. Onun mis və digər elementlərlə xəlitəsi – bürüncdən çox qədimdən istifadə etmişlər. Atom nömrəsi 50-dir. Nisbi atom kütləsi 118,69-a bərabərdir. Doqquz stabil izotopu var. Bunlardan ^{112}Sn , ^{114}Sn , ^{114}Sn , ^{120}Sn , ^{122}Sn göstərmək olar. ^{120}Sn izotopu daha geniş yayılmışdır.

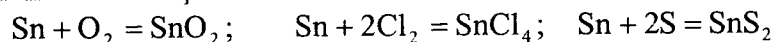
Təbiətdə tapılması. Qalay nadir elementlərdəndir, yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Sənaye əhəmiyyətli mineralı kassiteritdir (qalay daşı) SnO_2 .

Fiziki xassələri. Gümüşü-ağ rəngli metaldır. Havada tədricən tutqunlaşır. 231,9 °C-də əriyir, 2270 °C-də qaynayır. Nisbətən yumşaq və plastiktir, yaxşı emal olunur. Ondan nazik lövhələr hazırlamaq olur. Təmiz qalaydan hazırlanmış çubuğu qulağa yaxınlaşdırdıqda metalı təşkil edən kristalların bir-birinə sürtünməsindən əmələ gələn xarakterik səs eşidilir. Buna «qalay çığırtısı» deyilir. Qalayın iki allotropik şəkildəyişməsi var. Bunlar ağ qalay yaxud β -qalaydır, onun sıxlığı 7,29 q/sm³-ə bərabərdir. Ağ qalay 13,2 °C-dən aşağı temperaturda digər modifikasiya α -qalay, yaxud boz qalay mövcud olur, α -qalayın sıxlığı 5,85 q/sm³-ə bərabərdir. Ağ qalayın boz qalaya çevrilməsi 13,2 °C-də başlayır, temperatur aşağı düşdükcə həmin proses sürətlənir. Bu zaman qalayın xüsusi həcmi 25,6 % artır və metal boz toza çevrilir. Bu proses *qalay taumu* adlanır. Ağ qalay tipik metaldır, α -qalay isə yarımkeçiricidir. 1912-ci ildə R. Skottun cənub qütbünə gedən ekspedisiyasının üzvləri məhv olmuşdur. Bunun səbəbi maye yanacaq saxlanılan qabların qalayla lehimlənməsi olmuşdur. Sərt soyuqda həmin qablarda yanacaq qalmamışdır. Əvvəllər belə hesab edirdilər ki, qalayın üç allotropik şəkildəyişməsi var. Onlardan üçüncü γ -qalay hesab edilirdi. 161 °C-dən qalayın ərimə temperaturuna (231,9 °C) qədər kövrək olması həmin təsəvvürün yaranmasına səbəb olmuşdur. Dəqiq analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, həmin

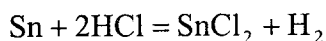
temperatur intervalında (161-231,9 °C) qalayın kövrək olmasının səbəbi onda qarışıqların olmasıdır. Deməli, qalayın üçüncü allotropik şəkildəyişməsi yoxdur.

Təyini. Qalay olan nümunəyə sinklə birlikdə xlorid turşusu ilə təsir edirlər. Sinkin turşu ilə qarşılıqlı təsirindən alınan atomar hidrogen qalayı uçucu stannana SnH_4 qədər reduksiya edir. Bu isə parlaq-göy alovla yanır.

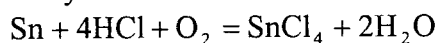
Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir: $_{50}\text{Sn } 2; 8; 18; 18; 4 5s^25p^2$. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +4, +2 və -4 olur. Adi şəraitdə metallik qalayın üzəri oksid təbəqəsi ilə örtülür. Həmin təbəqə metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur. Qızdırdıqda oksigen, xlor və kükürdlə birləşir:



Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşir. Turşu məhlulundan hidrogen çıxarır:

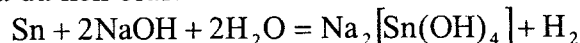


Məhluldan hava keçirdikdə reaksiya sürətlənir:

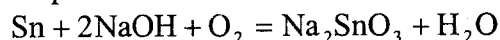


Qalay qatı HCl məhlulunda və duru H_2SO_4 məhlulunda həll olmur. Bunun səbəbi səthindəki qoruyucu oksid təbəqəsidir.

Qalay qələvi məhlulunda da həll olur:



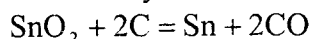
Oksidləşdirici iştirakı ilə quru qələvi ilə əritdikdə stannat duzu alınır:



Tətbiqi. Qalaydan ağ dəmir təbəqə (tənəkə) hazırlanır. Konserv bankaları hazırlanan dəmir təbəqənin üzəri qalayla örtülür. Qalay dəmirə nisbətən korroziyaya qarşı dəfələrlə davamlıdır. Bundan əlavə qalayın yeyinti məhsulları ilə qarşılıqlı təsirindən zəhərli maddələrin əmələ gəlmə ehtimalı azdır. Adi lehim 2-90 % qalaydan və 98-10 % qurğuşundan ibarətdir, 185-310 °C-də əriyir. Qalay babbiti 70-90 % qalaydan, qalanı isə mis və stibiumdan ibarətdir. Qalay bürüncü 80-90 % mis və 20-10 % qalaydan ibarətdir.

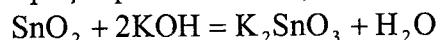
Lehimləmə. Dəmindən hazırlanan əşyaların üzərini qalayla örtmək üçün qaynar və qalvanik lehimləmədən istifadə edilir. Qaynar lehimləmədə əşya əridilmiş qalaya salınır. Qalvanik lehimləmədə elektrolitik metoddan istifadə edilir. Turş mühitdə qalay 2-sulfit məhlulu elektrolizə uğradılır. Qalay katodda reduksiya olunur, qalaylanacaq əşyanın üzərində nazik təbəqə əmələ gətirir.

Alınması. Qalay 4-oksidin koksla reduksiya edilməsindən alınır:

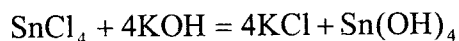


Proses çox da yüksək olmayan temperaturda gedir. Asan əriyən metal maye halda qarışıqlar isə bərk halda alınır.

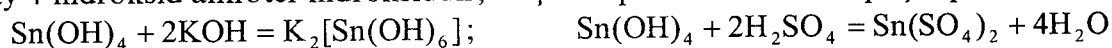
Qalay birləşmələri. **Qalay 4-oksid SnO_2 .** Turşu və qələvi məhlulunda pis həll olur. Əritdikdə qələvilərlə asanlıqla qarşılıqlı təsirdə olur, stannatlar əmələ gətirir:



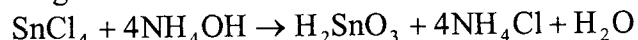
Qalay 4-xlorid məhluluna qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə qalay 4-hidroksid çöküntü halında alınır:



Qalay 4-hidroksid amfoter hidrosiddir, turşu və qələvi məhlulu ilə qarşılıqlı təsirdə olur:

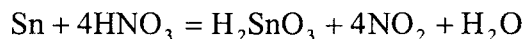


Qalay 4-oksidə uyğun gələn hidratın formulunu $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ formulu ilə ifadə etmək daha doğrudur. Həmin formula uyğun gələn turşu α - və β -stannat turşuları məlumdur, α -stannat turşusunu almaq üçün dördvalentli qalay duzu məhluluna qələvi məhlulu ilə təsir edilir. Bu məqsədlə ammonium-hidroksid məhlulundan istifadə etmək əlverişlidir. Ona görə ki, alınan turşu digər qələvilərin artığında həll olur:



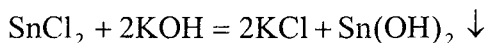
α -Stannat turşusu turşu və qələvi məhlullarında həll olur. β -Stannat turşusunu almaq üçün

qalaya qatı nitrat turşusu ilə təsir edirlər:



β -Stannat turşusu nə turşularda nə də qələvilərdə həll olur. Bunun səbəbi odur ki, β -forma daha iri hissəciklər əmələ gətirir. Tədricən α -stannat turşusu β -stannat turşusuna çevrilir, çöküntü köhnəlir.

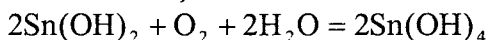
Qalay 2-hidroksid $\text{Sn}(\text{OH})_2$. İkivalentli qalay duzu məhluluna qələvi məhlulu ilə təsir etməklə alınır:



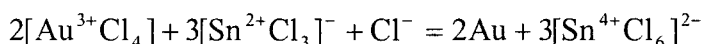
Amfoter hidrokssiddir, turşu və qələvi məhlulunda asan həll olur:



Havada oksidləşərək qalay 4-hidroksidə çevrilir:



Qalay 2-xlorid $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Ağ kristallardan ibarətdir. Suda yalnız xlorid turşusu iştirakında həll olur. $[\text{SnCl}_3]^-$ ionu əmələ gətirir. Neytral mühitdə $\text{SnCl}(\text{OH})$ tərkibli hidrokssiduz əmələ gətirir. Qalay 2-xloridin turş məhlulundan qızılın alınmasında istifadə edilir:



Qalay 4-xlorid SnCl_4 . Rəngsiz mayedir, havada tüstülənir. Bunun səbəbi duzun hidrolizi nəticəsində qaz halında ayrılan HCl molekullarının havadakı H_2O molekulları ilə birləşərək, xlorid turşusunun çox kiçik damcılarını əmələ gətirməsidir. Qalayın xlorla reduksiyasından əmələ gəlir. Həmin reaksiyadan işlənmiş konserv qutularından qalayın regenerasiyasında istifadə edilir.

Qalay 2-oksidi SnO tünd-göy rəngli tozdu, amfoter oksiddir. Qalay 2-sulfid SnS qəhvəyi rəngli tozdu. Dördvalentli qalay duzlarından $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Sn}(\text{NO}_3)_4$, $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{COO})_4$ və s. göstərmək olar.

§ 10. Qurğuşun

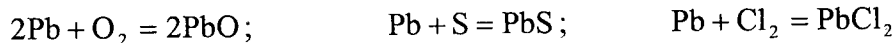
Atom nömrəsi 82-dir. Nisbi atom kütləsi 207,2-dir. Təbii qurğuşunun dörd stabil izotopu var: ^{204}Pb (1,5 %), ^{206}Pb (23,6 %), ^{207}Pb (22,6 %), ^{208}Pb (52,3 %). Bəşəriyyətə çox qədimdən məlum olan yeddi metaldan (qalay, civə, qızıl, gümüş, dəmir, mis) biri qurğuşundur.

Təbiətdə yayılması. Yer qabığında qurğuşun birləşmələr şəklində tapılır. Onun geniş yayılmış birləşmələri aşağıdakılardır: qalenit (qurğuşun parıltısı) PbS , ağ qurğuşun filizi PbCO_3 , anqlezit PbSO_4 , krokoit (qırmızı qurğuşun filizi) PbCrO_4 , vulfenit (sarı qurğuşun filizi) PbMoO_4 .

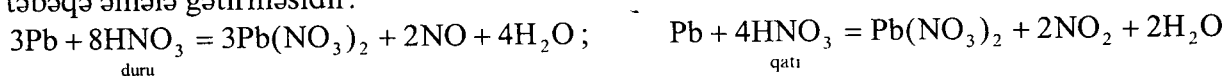
Fizioloji təsiri. Qurğuşun və onun birləşmələri çox zəhərliidir. Orqanizmə qurğuşunun daxil olması və toplanması xroniki zəhərlənməyə səbəb olur. Qurğuşun orqanizmə qida, tənəffüs və dəridən sorulma yolu ilə daxil olur. Orqanizmə daxil olan qurğuşun skletdə kalsiumu əvəz edir və orada toplanır. Benzinin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün tetraetil-qurğuşundan $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ istifadə edilir. Nəqliyyatın hərəkəti intensiv olan yerlərdə qurğuşunun orqanizmə daxil olması və zəhərlənməyə səbəb olan amillərdən biri tetraetil-qurğuşundur. Sənaye sahələrində qurğuşunun havada yol verilən həddi 0,00001 mq/l-dir.

Fiziki xassələri. Göyümsov-ağ metaldir. Üzərindəki oksid təbəqəsini təmizlədikdə parlaq olur, lakin tezliklə tutqunlaşır. Yumşaqdır, asanlıqla kəsilir. Ağır metaldir, sıxlığı 11,34 q/m³-ə bərabərdir, 327,4 °C-də əriyir, 1725 °C-də qaynayır.

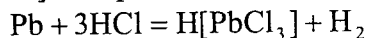
Kimyəvi xassələri. Qurğuşun atomunun elektron quruluşu belədir: 82Pb 2; 8; 18; 32; 18; 4 $6s^2 6p^2$. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +2 və +4-ə uyğun olaraq II və IV valentli olur. Germanium və qalaydan fərqli olaraq qurğuşunun oksidləşmə dərəcəsi +2 olan birləşmələri daha davamlıdır, həmin birləşmələr reduksiyaedici deyil. Oksidləşmə dərəcəsi +4 olan qurğuşun birləşmələri qüvvətli oksidləşdiricidir. Soyuqda qurğuşun passivdir. Qızdırdıqda oksigen, kükürd və xlorla asanlıqla birləşir:



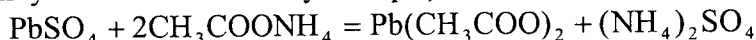
Qurğuşun nitrat turşusunda yaxşı həll olur, sulfat və xlorid turşularında pis həll olur. Bunun səbəbi suda az həll olan PbCl_2 və PbSO_4 duzlarının metalın səthində qoruyucu təbəqə əmələ gətirməsidir.



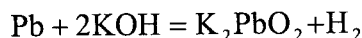
Qaynar xlorid turşusunda $\text{H}[\text{PbCl}_3]$ kompleksi əmələ gəlir:



Oksigen iştirak etdikdə asetat turşusunda həll olur, $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ trihidratını əmələ gətirir. Həmin kristalhidrat şirindir, *qurğuşun şəkəri* adlanır. Lakin həmin «şəkəri» qətiyyəq qəbul etmək olmaz. Ona görə ki, çox güclü zəhərdir. Analitik kimyada qurğuşunu digər metalların həll olmayan sulfatlarından ayırmaq üçün ammonium-asetatdan istifadə edilir:

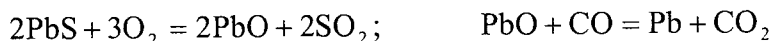


Qurğuşun qələvidə həll olur:

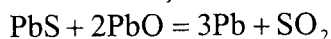


Karbon qazı ilə doymuş suda və içməli suda karroziyaya uğrayır. Bunun səbəbi suda həll olan qurğuşun-hidrokarbonat $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$ əmələ gəlməsidir.

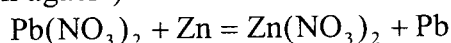
Alınması. Qurğuşun almaq üçün sulfidi yandırılır, alınan oksid karbon monooksidlə reduksiya edilir:



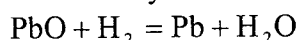
Bundan əlavə qurğuşun-sulfid qismən oksidləşdirilir. Sonra alınan qarışıq közərdilir:



Bu yolla alınan qurğuşunda qarışıqlar olur. Onu həmin qarışıqlardan təmizləmək üçün elektrolizdən istifadə edilir. Qurğuşunun həll olan duzlarına fəal metalla təsir etməklə metallik qurğuşun («qurğuşun ağacı») alınır:



Qurğuşun 2-oksidi hidrogen axınında reduksiya etməklə də qurğuşun alınır:

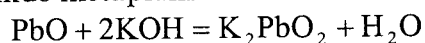


Tətbiqi. Qurğuşunun əsas hissəsi (25-35 %) akkumulyator lövhələrinin hazırlanmasına sərf olunur. Kimyəvi maddələrin çoxunun təsirinə qarşı davamlı olduğuna görə cihazların daxilini qurğuşunla örtürlər. Sulfat turşusu istehsalında cihazların və turşu nəql olunan boruların daxili hissəsi qurğuşunla örtülür. Qurğuşundan kablərin üzərinə örtük hazırlanmasında, mətbəə şriflləri, podşipniklər və lehim hazırlanmasında istifadə edilir. Qurğuşun rentgen və radioaktiv şüaları yaxşı udur. Ona görə də radioaktiv maddələrlə işlədikdə laboratoriyada qoruyucu divarlar qurğuşun kərpiclərdən düzəldilir. Belə kərpiclərdən birinin ağırlığı 10 kq-a yaxın olur.

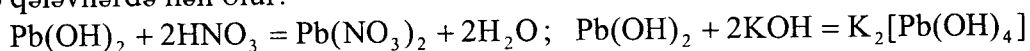
Qurğuşun 2-oksidi PbO. İki polimorf çevrilməsi var. Bunlar qalet (qırmızı) və massikoitdir (sarı). Ərinmiş qurğuşunu havada oksidləşdirməklə alırlar. Amfoter oksiddir, turşu və qələvilərdə həll olur:



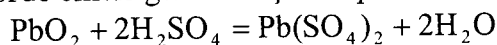
Qələvi ilə PbO qarışığını əritdikdə metaplümbit duzu alınır:

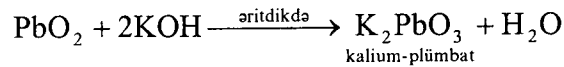
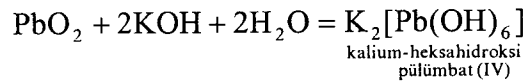


Qurğuşun 2-hidroksid Pb(OH)₂. Ağ rənglidir, suda həll olmur. Amfoter hidroksiddir, turşu və qələvilərdə həll olur:

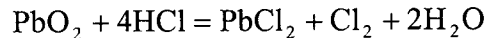


Qurğuşun 4-oksidi PbO₂. Qonur rəngli kristaldır. Qurğuşun akkumulyatoru doldurduqda müsbət lövhələrdə əmələ gəlir. Turşu və qələvilərdə çətinliklə həll olur:

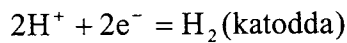
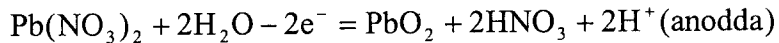
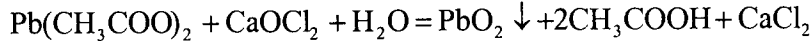




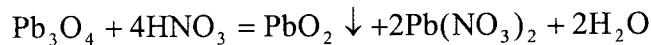
Qurğuşun 4-oksidi qüvvətli oksidləşdiricidir:



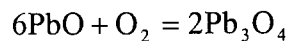
Qurğuşun 4-oksidi, qurğuşun 2-asetata ağardıcı əhənglə təsir etməklə və qurğuşun 2-nitrat məhlulunu elektrolizə uğratmaqla alınır:



Surik Pb₃O₄. Qurğuşun 2-oksidi qurğuşun 4-oksidi qurğuşunla qarışığıdır. Parlaq-qırmızı rəngli kristaldır. Pb₃O₄-ə ortoplümbat turşusunun H₄⁺⁴PbO₄ ikivalentli qurğuşunla (Pb²⁺) əmələ gətirdiyi duz kimi baxmaq olar ⁺²Pb₂⁺⁴PbO₄. Surikə duru nitrat turşusu ilə təsir etdikdə qurğuşun 4-oksidi çöküntü halında ayrılır:

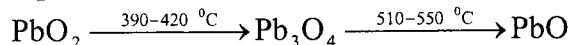


Bu reaksiyada surik özünü PbO₂+2PbO qarışığı kimi aparır. Surik qurğuşun 2-oksidi havada qızdırmaqla alınır:



Surikdən rəssamlıqda işlədilən boyaqların hazırlanmasında istifadə edilir.

Təcrübə. Azbest kağızı üzərinə toz halında PbO₂ təbəqəsi səpilir. Sonra qaz lampası alovu azbest kağızı mərkəzinə tutulur. Bir qədər sonra alov toxunan yerdə PbO-dan ibarət sarı halqa, həmin halqanın ətrafında Pb₃O₄-dən ibarət qırmızı halqa, sonuncunun ətrafında PbO₂-dən ibarət qonur halqa əmələ gəlir:



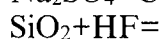
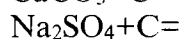
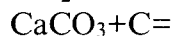
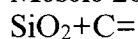
Qurğuşun 2-asetat Pb(CH₃COO)₂. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi texniki adı qurğuşun şəkəridir. Qurğuşun 2-asetat hopdurulmuş filtr kağızından havada hidrogen-sulfidi təyin etmək üçün istifadə edilir. Həmin kağızın qaralması PbS-in əmələ gəlməsini göstərir.

Qurğuşun 2-yodid PbI₂. Parlaq-sarı rəngli kristallardan ibarətdir. Suda az həll olur. Kaliyum-yodidin asetonunda məhluluna qurğuşun 2-yodid əlavə etdikdə rəngsiz K[PbI₃] kompleksi əmələ gəlir. K[PbI₃] asetonunda məhlulunu kağıza hopdurub qurutduqdan sonra suyu aşkar etmək üçün istifadə edilir. Su iştirak etdikdə kağız saralır. Bunun səbəbi suyun təsirindən K[PbI₃]-ün PbI₂ (sarı) və KI-a parçalanmasıdır.

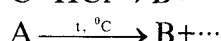
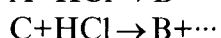
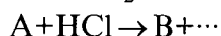
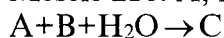
Qurğuşun-azid Pb(N₃)₂. Partlayıcı maddə kimi istifadə edilir.

Məsələlər

Məsələ 209. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini tamamlayın:



Məsələ 210. A, B, C maddələrini təyin edin, reaksiya tənliklərini tamamlayın:



Məsələ 211. A duzunun suda məhlulu lakmusu göy rəngə, B duzunun məhlulu isə bənövşəyi

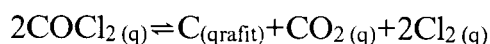
rəngə boyayır. Onları bir-birinin üzərinə tökdükdə çöküntü alınır. Duzları təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 212. A duzunun suda məhlulu lakmusu bənövşəyi rəngə boyayır. B duzu isə qırmızı rəngə boyayır. Bunların məhlullarını bir-birinin üzərinə tökdükdə çöküntü alınır. Duzları təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 213. 100 ml 2 M kalium-karbonat məhlulundan 224 ml (n. ş.-də) karbon qazı buraxılmışdır. Alınan məhluldakı maddələrin miqdarını hesablayın.

Məsələ 214. Silan molekulunda silisiumun hibridləşmə tipi necədir?

Məsələ 215. Boş qabda qaz halında fosgen COCl_2 qazı yerləşdirilib və bu zaman təzyiq a -ya bərabər olur. Qabda sabit temperaturda aşağıdakı tarazlıq yaranır:



Qabda CO_2 -nin parsial təzyiqi x -a bərabərdir. Sistemin tarazlıq sabiti necədir?

Məsələ 216. Müəyyən təzyiqdə və temperaturda kolba qaz halında karbon 4-xloridlə doldurulub və tərəzidə çəkilib. Sonra kolbadan karbon 4-xlorid çıxarılıb, oksigenlə doldurulub və yenidən çəkilib. Həmin çəkilər arasındakı fərq necə olmalıdır?

Məsələ 217. Dəmiryol şpallarını çürüməkdən mühafizə etmək üçün natrium-füloriddən istifadə edilir. Onu almaq üçün kalsium-fülorid soda və qum qarışığı qızdırılır. Bu zaman gedən reaksiya tənliyini yazın.

Məsələ 218. Karbonun təbiətdə dövrünün sxemini tərtib edin və proseslərin adını göstərin.

Məsələ 219. Kalium və ammonium sianatı qızdırdıqda gedən reaksiyaların tənliklərini yazın.

Məsələ 220. Almaz və qrafitin qaz halında izolə edilmiş karbon atomlarına çevrilməsi enerjisi uyğun olaraq 713 və 715 kC/mol-a bərabərdir. Bunlara əsasən almazda və qrafitdə karbon atomları arasındakı rabitənin enerjisini hesablayın.

Məsələ 221. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 222. Kalium-triyodplümbat(II) hopdurulmuş kağızdan suyu aşkar etmək üçün istifadə edilməsi nəyə əsaslanmışdır?

Məsələ 223. Qapalı qabda qaz halında ilkin qatılığı 4 mol/l olan fosgen COCl_2 var. Onun 50 %-i parçalandıqdan sonra qabda təzyiq necə dəyişir?

Məsələ 224. Ammonyak istehsalındakı azot-hidrogen qarışığını karbon-monooksiddən təmizləmək üçün mis-asetatın ammonyakdakı məhlulundan istifadə edilir. Bu zaman gedən reaksiyanın tənliyini yazın.

XVII FƏSİL

METALLAR

Xarici energetik səviyyədəki elektronları (valent elektronlarını) asanlıqla verən elementlər metallardır. Yunan sözü olan „metallon”un mənası mədən, qazma deməkdir. Metal sözü də buradan götürülmüşdür. Hazırda məlum olan 112 kimyəvi elementin 90-ı metaldır.

§ 1. Qısa tarixi məlumat və metalların əhəmiyyəti

Tarixəqədərki dövrdə insanlara yalnız üç metal məlum olmuşdur. Bunlar qızıl, gümüş və misdir. Qədim və orta əsrlərdə isə yalnız 7 metal məlum olmuşdur. Bunlar qızıl, gümüş, mis, qalay, qurğuşun, dəmir və civədir. Bu metallar həmin dövrdə uyğun olaraq planetlər hesab edilən Günəş, Ay, Venera, Yupiter, Saturn, Mars və Merkuri ilə əlaqələndirilmişdir. 1789-cu ildə fransız kimyaçısı A.Lavuazye həmin dövrdə məlum olan bəsit maddələrin (elementlərin) siyahısını vermişdir. Həmin siyahıya 17 metal daxil edilmişdir. Bunlar Sb, Ag, As, Bi, Co, Cu, Sn, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Au, Pt, Pb, W, Zn idi. Göründüyü kimi A.Lavuazyenin bu bölgüsü mükəmməl olmamışdır. Arsen qeyri-metal olduğu halda metal hesab edilmişdir. Sonra XIX əsrdə kəşf edilən yeni elementlərin hesabına metalların sayı artmışdır. Birləşmələrini elektrolizə uğratmaqla bir sıra qələvi və qələvi-torpaq metalları həmin dövrdə kəşf edilmişdir. Nəhayət XX əsrdə nüvə çevrilmələri reaksiyaları ilə təbiətdə olmayan metallar da alınmışdır.

Qədim və yeni dövrün maddi mədəniyyətinin tarixində metalların birinci dərəcəli əhəmiyyəti olmuşdur. Tarixdə metalların istehsalı və emalı təkmilləşdikcə onların tətbiq sahələri də genişlənməmişdir. Tarixdə tunc (misin qalayla xəlitəsi) dövrünü dəmir dövrü əvəz etmişdir. Bizim eradan əvvəl 4-cü minilliyin axırından 1-ci minilliyə qədərki dövr tunc dövrü hesab edilir. Təbiətdə dəmirə sərbəst halda dəmir meteoritləri şəkilində rast gəlinir. Həmin meteoritlərdə 30 %-ə yaxın nikel olur. Tərkibində 3 % nikel olan meteoritlərdən ilk əmək alətləri və silahlar hazırlanmışdır. 3 %-dən çox nikeli olan dəmir xəlitəsi çətin emal olunur. Koroğlunun misri qılıncının da həmin nikelli dəmir meteoritdən hazırlandığı güman edilir. Artıq həmin uzaq tarixi dövrdə kosmik mənşəli deyil yer mənşəli dəmir geniş tətbiq edilməyə başlanmışdır. Həmin dövrdə filizdən dəmir kömür vasitəsilə reduksiya edilmişdir. Özünün aparıcı rolunu dəmir indi də saxlayır. Dünyada istehsal edilən metalın təqribən 95 %-i dəmirin payına düşür. Müasir texnikada qalan metalların əhəmiyyətini inkar etmək olmaz. Titan yüngül metaldır, sıxlığı 4,5 q/sm³-dir. Lakin, çətin əriyən metaldır, 1665 °C-də əriyir. Bu alüminiumun ərimə temperaturundan (660,24 °C) 2,52 dəfə böyükdür. Bərkliyi alüminiumun bərkliyindən 6 dəfə yüksəkdir. Bunlardan əlavə o, adi şəraitdə son dərəcə davamlı metaldır. Rütubətli havada, dəniz suyunda və nitrat turşusunda korroziyaya qarşı davamlılığı paslanmayan metalda olduğu qədərdir. Belə qiymətli xassələrinə görə titandan və onun xəlitələrindən təyyarə və raketqayırmada, sualtı qayıqlarda, gəmiçilikdə, kimya sənayesində və vakuum texnikasında çox geniş miqyasda istifadə edilir. Alüminium aviasiya və elektrotexnikanın əsas metalıdır.

Atom energetikasında uran, torium, sirkonium və natriumdan geniş miqyasda istifadə edilir. Hazırda elektrotexnikada alüminiumla yanaşı misdən, volframdan və molibdendən istifadə olunur. Gələcəkdə elektrotexnikada ifratkeçirici kimi niobium metalından çox istifadə ediləcəyi nəzərdə tutulur. Müasir yarımkeçiricilər texnikasını germanium, indium və stibium metalları olmadan təsəvvür etmək olmaz. Nadir torpaq elementləri elektron hesablama qurğularının və lazerin əsasını təşkil edir. Kino və foto texnikası gümüş birləşmələrinə əsaslanmışdır. Bunlar metalların tətbiq sahələrinin çox kiçik siyahısıdır.

Təmiz metalların mexaniki möhkəmliyi, kimyəvi davamlılığı, elektrik, maqnit və s. xassələri bir çox hallarda texnikanın tələblərinə cavab vermir. Hələ qədim dövrlərdən insanlar praktik olaraq müəyyən etmişlər ki, metalların xəlitəsi onu ayrılıqda təşkil edən metallara nisbətən əlverişli xassələrə malikdir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi bəşəriyyətin maddi mədəniyyətinin bütöv bir dövrü – tunc dövrü mislə qalayın xəlitəsinin, tuncun tətbiqi

ilə bağlı olmuşdur. Qızıldan və gümüşdən geniş miqyasda zinət əşyaları hazırlanır. Bu məqsədlə sərbəst metaldan deyil onların mislə xəlitəsindən istifadə edilir. Məqsəd yalnız qiymətli metala, qızıla, yaxud gümüşə qənaət etmək deyil. Mis qızılın möhkəmliyini və davamlılığını artırır. XV əsrin sonunda tipografiya hərflərini, literləri tökmək üçün qurğusunun stibiumla xəlitəsindən istifadə edilmişdir. Bu xəlitə qurğusuna nisbətən daha bərk və asan əriyəndir. 1 hissə qalay və 2 hissə qurğuşundan ibarət olan xəlitə asan əriyir və ondan metalları lehirləmək üçün istifadə edilir. Geniş yayılan xəlitələrdən bəzilərinin tərkibi və xassələri cədvəl XVII-1-də verilmişdir.

Cədvəl XVII-1. Xəlitələrin xassələri və tərkibi

Xəlitənin adı	Faizlə tərkibi (kütlə ilə)	Xassələri	Tətbiqi
Vud xəlitəsi	50 Bi , 25 Pb 2,5 Sn , 12,5 Cd	Ərimə temperaturu (70 °C)	Avtomatik odsöndürənlərdə əriyən qoruyucu
Paslanmayan polad	80,6 Fe , 0,4 C 18 Cr , 1 Ni	Korroziyaya davamlıdır	Mətbəx əşyaları
Sarı bürünc (latun)	67 Cu , 33 Zn	Cilalanma qabiliyyəti yüksəkdir	Maşın hissələri, məişət əşyaları
Əyar gümüşü	92,5 Ag, 7,5 Cu	Səthi parlaq olur	Mətbəx əşyaları
Diş amalqaması	70 Ag , 25 Pb 3 Cu , 2 Hg	Asanlıqla emal olunur	Diş plumbu
Lehim xəlitəsi	67 Pb , 33 Sn	Ərimə temperaturu aşağıdır (275 °C)	Metalları lehirləmək üçün

§ 2. Metalların təsnifatı

Metalların iki cür təsnifatı var. Bunlardan biri onların kimyəvi element kimi təsnifatıdır. Bu təsnifatda metalların dövri sistem cədvəlindəki mövqeləri və atomlarının elektron quruluşu əsas götürülür. Əsas yarımqruplarda yerləşən metalların atom nömrəsi artdıqca elektron xarici s yaxud p yarımsəviyyəsinə əlavə olunur. Əlavə yarımqruplarda yerləşən metallarda d və f yarımsəviyyəsi tamamlanır. Yəni elementin sıra nömrəsi artdıqca elektron d yaxud f yarımsəviyyəsinə əlavə olunur. Uyğun olaraq onlar d qrupu və f qrupu metalları adlanırlar. f qrupu metalları lantanoidlər və aktinoidlər olmaqla iki qrupa bölünürlər. Əsas yarımqruplarda 22 metal var:

Li, Na, K, Rb, Cs, Fr	(IA)
Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra	(IIA)
Al, Ga, In, Tl	(IIIA)
Ge, Sn, Pb	(IVA)
Sb, Bi	(VA)
Po	(VIA)

d qrupu metallarına 38 element daxildir:

Cu, Ag, Au	(IB)
Zn, Cd, Hg	(IIB)
Sc, Y, La, Ac	(IIIB)
Ti, Zr, Hf, Ku	(IVB)
V, Nb, Ta, Ns	(VB)
Cr, Mo, W, Rf	(VIB)
Mn, Tc, Re, Bh	(VIIB)
Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Hn, Mt, №110	(VIIIB)

f qrupuna 28 metal daxildir bunlardan 14-ü lantanoidlərə, 14-ü isə aktinoidlərdir.

Texnikada isə metallar əsasən praktik əhəmiyyətinə görə təsnif edilmişdir. Bu təsnifatı məntiqi cəhətdən o qədər də mükəmməl hesab etmək olmaz. Sıxlıqlarına görə metallar yüngül və ağır metallara bölünürlər. Sıxlıqları 5-dən az olan metallar yüngül metallardır: Li, Na, K, Be, Mg, Al, Ti. Ən yüngül metal litiumdur. Onun sıxlığı $0,534 \text{ q/sm}^3$ -dir. Sıxlıqları 5-dən böyük olan metallar ağır metallardır: Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Sn, Pb və s. Ən ağır metal osmiumdur. Onun sıxlığı $22,5 \text{ q/sm}^3$ -dir. Metallar bərkliklərinə görə bir-birindən fərqlənirlər. Natrium, kalium, litium və indiumu bıçaqla kəsmək olur. Ən bərk metal xromdur. Onunla şüşəni cızmaq olur.

Ərimələrinə görə metallar asan və çətin əriyən olmaqla iki yerə bölünürlər. Metallardan yalnız civə adi şəraitdə maye haldadır. Onun ərimə temperaturu $-38,84 \text{ }^\circ\text{C}$ -dir. Seziyum ($28,5 \text{ }^\circ\text{C}$), qallium ($29,1 \text{ }^\circ\text{C}$), kalium ($62,3 \text{ }^\circ\text{C}$), natrium ($97,8 \text{ }^\circ\text{C}$), qalay ($231,85 \text{ }^\circ\text{C}$), qurğuşun ($327,4 \text{ }^\circ\text{C}$) asan əriyən metaldır.

Dəmir ($1539 \text{ }^\circ\text{C}$), platin ($1773,5 \text{ }^\circ\text{C}$), xrom ($1903 \text{ }^\circ\text{C}$) çətin əriyən metallardır. Ən çətin əriyən metal volframdır. Onun ərimə temperaturu $3410 \text{ }^\circ\text{C}$ -dir. Çox yüksək temperaturda belə volfram demək olar ki, buxarlanmır. Ona görə də elektrik közərmə lampalarının teli volframdan hazırlanır. Dəmir və onun xəlitələri qara metallara aiddir. Bəzi müəlliflər manqan və xromu da qara metallara aid edirlər. Rənglərindən asılı olmayaraq qalan metallar əlvan metallardır. Bu bölgünü də mükəmməl hesab etmək olmaz. Əlvan metallar aşağıdakı qruplara bölünür.

Qızıl, gümüş və platin metalları (palladium, platin, rutenium, rodium, osmium, iridium) nəcib (qiymətli) metallara aiddir. Bunlar kimyəvi reaksiyalara çətin daxil olduqlarına görə nəcib metallar hesab edilir. Nəcib metallar qiymətli metallardır. Lakin, bu mütləq deyil. Belə ki, lantanoidlərə aid olan lütesium metalı qızıldan və platindən bahalıdır.

Litium, rubidium, seziyum, berillium, molibden, volfram, sirkonium, hafnium, vanadium, niobium, tantal, titan qallium və germanium nadir metallar hesab edilir. Nadir metallar böyük filiz yataqları əmələ gətirmirlər və onları təbii xammaldan ayırmaq çətinidir, bunlar şərtidir. Belə ki, nadir metal hesab edilən titan yer qabığında yayılmasına görə 9-cu yeri tutduğu halda qədimdən məlum olan mis 26-cı yerdə durur. Yaxud berilliumun yer qabığındakı miqdarı qalayın miqdarından çoxdur. Skandium, ittrium, lantan və lantanoidlər nadir torpaq elementləri adlanırlar. Qallium, indium, tallium, germanium və renium səpələnmiş metallardır. Bunlar təbiətdə əsasən qarışıq halında digər elementlərlə birlikdə tapılır, nadir hallarda sərbəst minerallar əmələ gətirirlər. Radium, torium, uran, aktinium və aktinoidlər radioaktiv metallardır.

§ 3. Metalların fiziki xassələri

Sərbəst halda metalların əmələ gətirdikləri bəsit maddələr aşağıdakı xassələri ilə xarakterizə olunurlar:

1. Xüsusi metal parıltısı yəni işığı əks etdirmə qabiliyyəti.
2. Asanlıqla plastik deformasiyaya uğraması yəni xarici qüvvənin təsiri ilə bütövlüyü pozulmamaqla formasının dəyişməsi.
3. Temperatur artdıqca azalan yüksək elektrik keçiriciliyi.
4. Yüksək istilikkeçirmək qabiliyyəti.

Metalın kristalında müsbət yüklü metal ionları kristal qəfəsin düyünlərində nizamlı şəkildə yerləşmişlər. Sərbəst elektronlar həmin ionlar arasında rabitə yaradır, metalların parlaqlığını və digər fiziki xassələrini təmin edir. Metallar yalnız bütöv halda və üzərindəki oksid təbəqəsi təmizləndikdə parlaq olur. Xrom parlaq metaldır, onun üzəri çox nazik möhkəm qoruyucu oksid təbəqəsi ilə örtülüb. Həmin oksid təbəqəsi də parlaqdır. Maqnezium və alüminiumdan başqa qalan metallar toz halında qara, yaxud tünd-boz rəngdə olurlar. Maqnezium və alüminium tozu ağ parlaq rəngdə olur. Qızılın çox nazik təbəqəsi yaşıl rəngdə olur. Metalların əksəriyyəti döyülüb yastılana bilirlər. Bundan əlavə onlar plastikdirlər yəni dartılıb uzatmaqla məftil şəklinə salmaq olur. Hər iki halda metalın kristal quruluşu dəyişmir. Onun atom layları bir-birinə nisbətən yerini dəyişir, sanki

sürüşür. Ən plastik metallar qızıl, gümüş və misdir. 1 q qızıldan uzunluğu 3 km olan məftil hazırlamaq olur. Ondən qalınlığı 0,0001 mm olan folqa hazırlamaq olur. Metallardan stibium, vismut və α -manqan kövrəkdir. Vismutu çox nazik kapilyardan keçirməklə məftil almaq olur. Stibium o, dərəcədə kövrəkdir ki, onu adi həvəngdəstədə toz halına salmaq olur. α -Manqan 750 °C-də digər allotropik şəkildəyişmələrə β -, γ - və δ -manqana çevrilir. Bunlar α -manqandan fərqli olaraq plastikiirlər. Lomonosov yazmışdır ki, «metal döyülüb yastılana bilən parlaq cismdir». s və p elementlərindən əmələ gələn metallar əsasən yumşaq metallardır. d elementlərinin (metalların) çoxu bərkdiirlər. Bunun səbəbi onlarda d-valent elektronlarının olmasıdır. Həmin metallarda xarici s elektronları metal rabitəsini əmələ gətirirlər. d elektronları isə qonşu atomlar arasında kovalent rabitə əmələ gətirirlər. Bu isə metalın kristal qəfəsinin möhkəmliyini təmin edir. Civə atomunda d orbitalı elektronlarla tamamilə dolmuşdur. Ona görə də onlar kimyəvi rabitə əmələ gəlməsində iştirak etmirlər. Xassələrinə görə civə s yaxud p elementləri metallarına daha çox oxşayır.

Elektrik və istilikkeçirmə qabiliyyəti metalların ən vacib xassələrindəndir. Metaldən elektrik cərəyanı keçdikdə onun atomlarının yerdəyişməsi baş vermir. Elektrik cərəyanı elektronların yerdəyişməsi ilə əlaqədardır. Gümüşün və misin elektrikkeçirmə qabiliyyəti yüksəkdir, onların istilikkeçirmə qabiliyyəti də yüksəkdir. Deməli, metalların istilikkeçirmə qabiliyyəti də onlardakı sərbəst elektronlarla əlaqədardır. Qurğuşun və civə elektriki pis keçirir. Qızdırdıqda metalların elektrikkeçirmə qabiliyyəti azalır, soyutduqda əksinə artır. Mütləq sifıra yaxın temperaturda metalların müqaviməti, demək olar ki, yox olur. İfrat keçiricilik baş verir. Bunun səbəbi qızdırdıqda metallarda ionların titrəyişli hərəkətinin artması nəticəsində elektronların nizamlı hərəkətinin çətinləşməsidir. Metalın isti səthindən istiliyi onun soyuq sahəsinə aparən da sərbəst elektronlardır. Elektronlar titrəyişli hərəkət edən ionlarla qarşılaşırlar, bu zaman onların arasında enerji mübadiləsi baş verir, istilik bütün metal boyunca bərabər paylanır. Qarışıqlar metalların xassələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Tərkibində 0,03 % arsen olan misin elektrikkeçirmə qabiliyyəti 14 % azalır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi metalların əksəriyyəti plastikiirlər. Kristal qəfəsinin düyünlərində müxtəlif diametrli ionlar olan xəlitələr üçün bu hal xarakterik deyil.

Fotoelektrik effekti yəni metalların elektromaqnit dalğalarının təsirindən elektronlarının qoparılması xassəsi onların valent elektronlarını zəif saxlamasıdır. Elektron atomda zəif saxlandıqca, onların qoparılması üçün az enerji sərf olunur. Ona görə də fotoelektrik effekti IA qrupu metallarında daha yüksəkdir. Maye haldən bərk hala keçdikdə metalların həcmi kiçilir. Lakin qallium, stibium və vismutda belə deyil. Onlar bərkidildikdə həcmi artır. Bu həmin metalların kristal quruluşu ilə əlaqədardır.

Qızdırdıqda metallar istidən genişlənir. Başqa sözlə desək sıxlıqları azalır. Bu hal plutoniumda çox qabarıq formada özünü göstərir. Otaq temperaturunda onun sıxlığı 19,89 q/sm³-dir. 25 °C-dən 320 °C-yə qədər qızdırdıqda sıxlığı 20 % azalır, sonra daha yüksək temperaturda isə artır. Bu metalın daha bir maraqlı xassəsi var. Onu 320 °C-dən 480 °C-yə qədər qızdırdıqda genişlənmir əksinə sıxılır. Bu hadisənin səbəbi hələ aydınlaşdırılmamışdır.

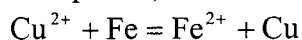
Maqnit xassələrinə görə metallar diamaqnit və paramaqnit xassəli olmaqla iki yerə bölünürlər. Diamaqnit xassəli metallar maqnit sahəsi tərəfindən dəf edilir. Mis, gümüş, qızıl, sink, kadmium, civə və sirkonium diamaqnit xassəli metallardır. Paramaqnit xassəli metallar maqnit sahəsi tərəfindən cəzb olunurlar. Skandium, ittrium, lantan, titan, vanadium, niobium, tantal, xrom, molibden, volfram, manqan, renium, rutenium, radium, palladium, osmium, iridium və platin paramaqnit xassəli metallardır. Dəmir, kobalt və nikelin maqnitlənmə xassəsi daha yüksəkdir. Onlar ferromaqnitlər adlanırlar. Ferromaqnitlərdən radiotexnikada və elektrotexnikada geniş miqyasda istifadə edilir. Ferromaqnitlər asan maqnitlənilirlər və maqnit xassələrini sonra da saxlayırlar. Dəmir keçid metallarındandır. Onun atomunda 3d yarım səviyyəsində qoşalaşmamış elektronlar var. Ferromaqnetizmin səbəbi həmin qoşalaşmamış elektronların spinlərinin energetik cəhətdən bir-birinə nisbətən əlverişli vəziyyətdə yerləşməsidir. Belə olduqda maqnit oxları da paralel yerləşirlər. Məsələn, şimal qütbünün «maqnit oxları»-nın hamısı «yuxarı» vəziyyətdə yerləşirsə, cənub qütbünün oxları aşağı vəziyyətdə yerləşir. Nəticədə onların maqnit qüvvələri toplanırlar. Kiçik dəmir parçasında çoxlu sayda (1 sm³-də 10²²) maqnit spinləri

olur. Dəmirin maqnit xassəsi 769 °C-yə qədər saxlanır. Həmin temperatur *Küri nöqtəsi* adlanır. Küri nöqtəsindən yuxarı temperaturda spinlər paralel nizamlığını saxlaya bilmirlər. Atomların titrəyişli istilik hərəkətləri spinlərin xaotik hərəkətinə səbəb olur. Qadolinium metalının xlorid və sulfat duzlarının xassələri maraqlıdır. Həmin duzları maqnit sahəsinə qoyduqda, sonra götürdükdə yəni maqnitləşdirdikdə və maqnitləşdirdikdə soyuyurlar. Bu tsikli bir neçə dəfə təkrar etdikdə qadolinium-sulfat $Gd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ mütləq sıfır temperatura qədər (-273,16 °C) soyuyur.

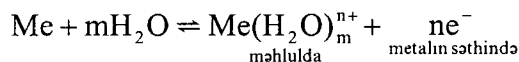
§ 4. Metalların gərginlik sırası

Orta əsrlərdə mädənçilər «kuporos suyuna» (mis kuporosunun məhlulu) düşən dəmir əşyaların səthinin qırmızı mis təbəqəsi ilə örtüldüyünü müşahidə etmişlər. Dəmiri Mars misini isə Venera adlandıran əlkimyaçılar bu hadisəni belə təsvir etmişlər «Silahlanmış parlaq Mars göz yaşları içərisində əriyən Veneranın ağuşuna atılır və bu zaman qızarır».

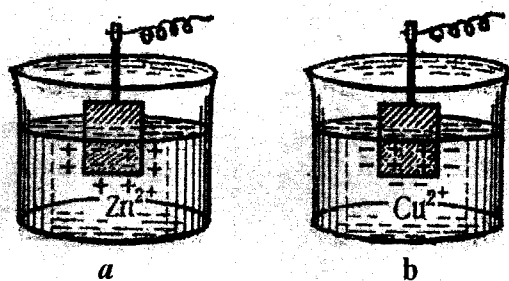
Müasir nöqtəyi-nəzərdən bu oksidləşmə-reduksiya prosesidir. Cu^{2+} kationu olan məhlula salınan dəmirin səthində mis toplanır, Fe^{2+} kationu məhlula keçir:



Təcrübi yolla bütün metalları bir sırada yerləşdirmək olar. Bu sırada əvvəlki metal sonrakının ionuna elektron verir. Həmin sıranı şərh etməzdən əvvəl metal lövhəni suya və onun duzu olan məhlula saldıqda baş verən prosesləri nəzərdən keçirək. Metal lövhəni suya saldıqda polyar su molekullarının təsirindən metalın səthindən onun ionları qoparılır suya keçir və hidratlaşır. Bu zaman maye müsbət yüklənir. Ona görə ki, suya keçən metalın elektronları lövhədə qalır. Mayedəki metal kationları mənfi yüklü metal lövhənin ətrafında toplanır. Nəticədə ikiqat elektirik təbəqəsi əmələ gəlir, metal ilə mayenin səth ayrıcında potensiallar fərqi yaranır. Metal ionlarının mayeyə keçməsi dönən prosesdir. Onu sxematik olaraq belə göstərmək olar:



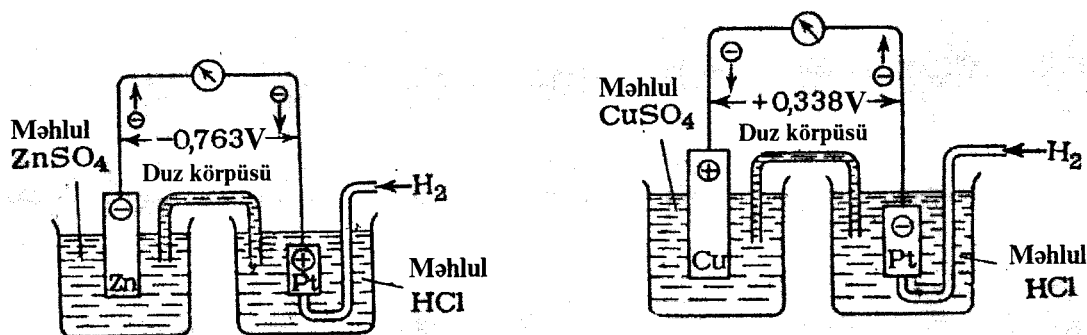
Metal lövhəni onun duzunun məhluluna saldıqda yeni tarazlıq yaranana qədər tarazlıq sola yönəlir. Metal lövhədən artıq elektronları kənar etdikdə tarazlıq yenidən sağa yönəlir. Az fəal metalı onun duzunun məhluluna saldıqda metal ionları lövhədən məhlula keçmir, əksinə məhluldakı metal kationları hidrat örtüyünü itirərək metal lövhənin üzərinə toplanır və onu müsbət yükləndirir. Məhlul isə anionların hesabına mənfi yüklənir.



Şəkil XVII-1. Elektrod potensialının əmələ gəlmə sxemi.
a - aktiv metal; b - az aktiv metal.

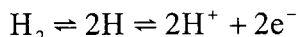
Metalların iştirakı ilə gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında elektron neytral metal atomundan hidratlaşmış iona verilir. Bu zaman metal atomu iona, ion isə neytral atoma çevrilir. Öz duzlarının məhluluna salınmış sink və mis lövhələrini metal keçirici vasitəsilə birləşdirdikdə elektronlar sinkdən misə keçir, *qalvanik element* alınır. Metalların elektrod potensialı bir-birindən fərqləndikcə qalvanik elementin *elektrik hərəkət qüvvəsi* böyük olur. Elektrod-məhlul sisteminin potensiallar fərqi bilavasitə ölçmək üçün üsul yoxdur. Ona görə də hər hansı metalın elektrod potensialını təyin etmək üçün, elektrod potensialı məlum olan ikinci elektroddan istifadə edilir. Bu məqsədlə hidrogen elektrodundan istifadə edilir. Onun elektrod potensialının qiyməti sıfıra bərabərdir və *normal hidrogen elektrodu* adlanır. Bu elektrod üzəri platin qarası adlanan elektrolitik yolla çökdürülən platinlə örtülən platin

lövhdən ibarətdir. Onu 1 N sulfat turşusu məhluluna salırlar və 101,325 kPa (1 atm.) təzyiqdə (25 °C) hidrogen axını ilə yuyurlar.

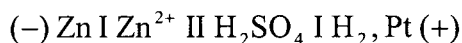


Şəkil XVII-2. Sink (a) və mis (b) elektrodlarının standart potensialını təyin etmək üçün standart hidrogen elektrodlu qalvanik dövrənin sxemi.

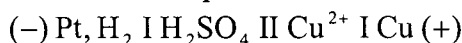
Həmin elektrodun səthində hidrogen molekulu, atomu və ionları arasında tarazlıq yaranır:



Lövhdən məhlula keçən H^+ ionlarının sayı məhluldan lövhəyə keçən hidrogen atomlarının sayına bərabər olur. Çökdürülmüş platin hidrogenlə doyurulur, yəni absorbsiya olunur. Belə təsəvvür etmək olar ki, elektrod bərk hidrogendən ibarətdir. Duzunun suda məhluluna salınan sink elektrodunu hidrogen elektrodu ilə birləşdirdikdə elektronlar sinkdən hidrogenə doğru hərəkət edir. Sinkin standart elektrod potensialı $-0,763 \text{ V}$ -a bərabərdir. Onun qalvanik elementinin sxemi belədir:



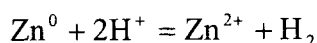
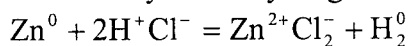
Eyni qayda ilə mis elektrodunu hidrogen elektrodu ilə birləşdirdikdə elektronlar hidrogendən misə tərəf hərəkət edir. Onun qalvanik elementinin sxemi belədir:



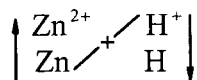
Bu iki misaldan aydın olur ki, hidrogenə elektron verən metalın standart potensialının qiyməti mənfi, hidrogendən elektron qəbul edən metalın standart potensialı isə müsbət olur. Standart elektrod potensialı E^0 ilə işarə edilir. Standart hidrogen elektrodunu praktikada reallaşdırmaq çətindir. Ona görə ki, bu məqsəd üçün təmiz hidrogen tələb olunur. Bundan əlavə onun verilmə sürəti sabit olmalıdır. Bunları nəzərə alaraq müqayisə üçün çox vaxt başqa elektrodlar da istifadə edilir. Həmin elektrodlardan kalomel elektrodunu $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ göstərmək olar. Metalların standart elektrod potensialı E^0 standart şəraitdə ölçülür. Həmin şəraitdə metalın duzunun qatılığı $1 \text{ mol}/\ell$ olur. Metalların standart elektrod potensialının cəbri qiymətinin artması sırası ilə yerləşdirdikdə, standart elektrod potensialı sırası alınır. Həmin sıranı çox vaxt *gərginlik sırası* adlandırırlar.

Oksidləşmiş forma	$\underline{\text{K}^+} \underline{\text{Ca}^{2+}} \underline{\text{Na}^+} \underline{\text{Mg}^{2+}} \underline{\text{Al}^{3+}} \underline{\text{Mn}^{2+}} \underline{\text{Zn}^{2+}} \underline{\text{Cr}^{2+}} \underline{\text{Fe}^{2+}} \underline{\text{Cr}^{3+}} \underline{\text{Ni}^{2+}}$
Reduksiya olunmuş forma	$\underline{\text{K}} \underline{\text{Ca}} \underline{\text{Na}} \underline{\text{Mg}} \underline{\text{Al}} \underline{\text{Mn}} \underline{\text{Zn}} \underline{\text{Cr}} \underline{\text{Fe}} \underline{\text{Cr}} \underline{\text{Ni}}$
Oksidləşmiş forma	$\underline{\text{Sn}^{2+}} \underline{\text{Pb}^{2+}} \underline{\text{H}^+} \underline{\text{Cu}^{2+}} \underline{\text{Fe}^{3+}} \underline{\text{Ag}^+} \underline{\text{Hg}^{2+}} \underline{\text{Pt}^{2+}} \underline{\text{Au}^+}$
Reduksiya olunmuş forma	$\underline{\text{Sn}} \underline{\text{Pb}} \underline{\text{H}} \underline{\text{Cu}} \underline{\text{Fe}} \underline{\text{Ag}} \underline{\text{Hg}} \underline{\text{Pt}} \underline{\text{Au}}$

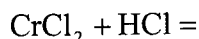
Bu sıradan istifadə etməklə metallar və onların kationlarının iştirakı ilə gedən reaksiya məhsullarını təyin etmək olar. Sink metalı neytral halda hidrogen ionundan əvvəl yerləşir. Deməli, bunlar arasında oksidləşmə-reduksiya reaksiyası gedə bilər:



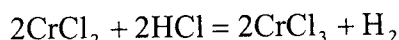
Axıncı tənliyin şəklini dəyişmək olar:



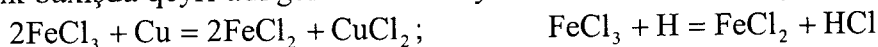
Bu sxemin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, neytral sink atomunun hidrogen ionu ilə qarşılıqlı təsirindən sink kationu əmələ gəlir, bu zaman sinkin oksidləşmə dərəcəsi artır. Onu yuxarıya doğru oxla işarə edirik. Hidrogen ionu reduksiya olunur, oksidləşmə dərəcəsi azalır. İstiqaməti aşağıya doğru olan ox onu göstərir. Metalların gərginlik sırasında alüminiumla manqan arasındakı ox və müsbət işarələri buradan aydın olur. Bunlara əsasən aşağıdakı nəticəni alırıq: gərginlik sırasındakı aşağıdakı sıradan solda yerləşən atom yaxud ion yuxarıdakı sıradan sağda yerləşən ionla reaksiyaya girir. Gərginlik sırasında xrom və dəmirin mövqeləri onların oksidləşmə dərəcələrinə müvafiqdir.



Bu reaksiyanın məhsullarını gərginlik sırasına əsasən təyin edək. Aşağıdakı sıradakı Cr^{2+} ionunu tapaq və fikrən onun üzərinə H^+ ionu gələk, bu zaman xrom Cr^{2+} -dən Cr^{3+} -ə keçir, hidrogen H^+ -dən H^0 enir. Deməli, reaksiya məhsulları CrCl_3 və H_2 olur:



Eyni qayda ilə ilk baxışda qeyri-adi görünən reaksiyaların məhsullarını təyin edirik:

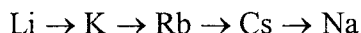


Metalların gərginlik sırasını ilk dəfə 1892-ci ildə Nernst tərtib etmişdir. Metalların birinin digərini duzunun məhlulundan çıxarmasını N.Beketov ətraflı surətdə öyrənmişdir. Aktiv metallar bu sıranın əvvəlində yerləşirlər. Elektrod potensialının qiyməti 0,41 V-dan az olan metallar sudan hidrogen çıxarırlar. Maqneziumdan əvvəl yerləşən metallar sudan hidrogeni sürətlə çıxarırlar. Maqnezium hidrogeni yalnız qaynar sudan çıxarır. Maqneziumla kadmium arasında yerləşən metallar adi şəraitdə sudan hidrogeni çıxarmırlar. Bunun səbəbi həmin metalların səthində qoruyucu oksid təbəqəsinin olmasıdır. Qalayın səthində oksid təbəqəsi yoxdur. Buna baxmayaraq o təmiz su ilə reaksiyaya girmir. Bunun səbəbi 1 N turşu məhluluna nisbətən saf suda hidroksonium ionlarının qatılığının 10 milyon dəfə az olmasıdır. Maqneziumla hidrogen arasında yerləşən metallar turşulardan hidrogeni çıxarır. Maqneziumdan əvvəl yerləşən metallar da turşulardan hidrogeni çıxarır. Lakin burada paralel reaksiyalar gedir. Hidrogen eyni zamanda sudan çıxır və müxtəlif reduksiya məhsullarının qarışığı alınır. Bəzi hallarda reaksiya məhsulu reaksiyanın getməsinin qarşısını alır. Məsələn, qatılığı 80 %-dən aşağı olan sulfat turşusundan qurğuşun hidrogeni çıxarmır. Bunun səbəbi reaksiyada alınan PbSO_4 -ün metalın səthində qoruyucu təbəqə əmələ gətirməsidir. Alüminium CuCl_2 -dən mis çıxarır. Lakin CuSO_4 -dən çıxara bilmir. Bunun səbəbi xlorid ionunun Cl^- alüminiumun səthindəki oksid təbəqəsini dağıda bilməsidir. Oksid və xlorid ionlarının radiusu uyğun olaraq 0,140 nm və 0,181 nm-ə bərabərdir. Göründüyü kimi bunlar az fərqlidir. Ona görə də əvəz etmə gedə bilər. Sulfat ionunda SO_4^{2-} bu xassə yoxdur. Metalların gərginlik sırası ilə elementlərin dövri sistem cədvəli arasında ilk baxışda əlaqə yoxdur. Bəzi hallarda isə bu sıra həmin cədvəllə ziddiyyət təşkil edir. Dövrələr və yarımqruplar üzrə nüvənin yükü artdıqca qeyri-metallar oksidləşdiricilik qabiliyyətinin, metallar isə reduksiyaedicilik qabiliyyətinin dəyişməsi ilə xarakterizə olunur. Qeyri-metallarda bu xassənin dəyişməsinin səbəbi elektromənfilik, metallarda isə ionlaşma potensialıdır. Bu xassələrin hər ikisi bütövlükdə bəsit maddəyə aid deyil, tək bir atoma aiddir. Gərginlik sırası isə ayrılıqda götürülən reduksiyaedicilik xassəsini xarakterizə etmir. Bu sıra bəsit maddələrə, metallara aiddir. Metalın elektrod potensialının qiymətinə onun kristal quruluşu və mühit əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Metalın bəsit maddə formasından hidratlaşmış iona keçməsinə xarakterizə edən, elektrod potensialının qiyməti üç əsas prosesdən ibarətdir:

1. Metalın kristal qəfəsinin dağılma enerjisi $-E_s$ (bu sublimasiya enerjisinə bərabərdir).
2. İonlaşma enerjisi $-I$ (neytral atomdan elektronu qoparmaq üçün sərf olunan enerji).
3. Əmələ gələn metal ionunun hidratlaşma enerjisi $-E_{II}$.

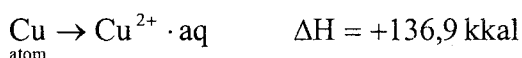
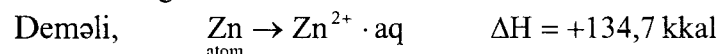
Bunların cəbri cəmi $E_s + I + E_{II}$ metalın məhlula keçməsinə və metalın gərginlik sırasındakı

mövqeyini xarakterizə edir. Bunlardan yalnız biri, ionlaşma enerjisi bilavasitə metal atomunun dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyi ilə əlaqədardır. Ona görə də metalın dövrü sistem cədvəlindəki mövqeyi ilə gərginlik sırası arasında tam uyğunluq gözləmək olmaz. Litium gərginlik sırasında kalium və natriumdan əvvəl yerləşir. Bunların dövrü sistem cədvəlindəki mövqelərinə əsasən əksinə olmalı idi. Kristaldan atom halına keçməsi (yəni kristal qəfəsinin dağılması), ionlaşması kaliumda litiuma nisbətən asan baş verir. Yəni az enerji sərf olunur. Lakin radiusu kiçik olduğuna görə (Li^+ 0,06 nm, K^+ 0,133 nm) litium ionu hidratlaşdıqda kalium ionuna nisbətən çox enerji ayrılır. Onun qiyməti litiumda 112 kkal/mol, kaliumda az 82 kkal/mol-dur. Ona görə də kaliuma nisbətən litium əvvəl yerləşir. Gərginlik sırasında kalsiumla natriumun mövqeyi də eyni ilə yuxarıdakı kimi izah olunur. Ca^{2+} ionun hidratlaşma enerjisi 380 kkal/mol olduğu halda bu kəmiyyət Na^+ ionu üçün 98 kkal/mol-a bərabərdir. Bəzi hallarda bir metalın digər metalın duzunun məhlulu ilə reaksiyasının mahiyyətinin yalnız elektronun həmin metalın atomundan digər metalın ionuna keçməsindən ibarət olduğunu göstərir. Buna əsasən belə səhv nəticə çıxarırlar ki, metal elektronu nə qədər asan versə bir o qədər fəal olar. Su ilə reaksiyalarının sürətinə görə qələvi metalların aktivliyinin azalması sırası belədir:



Praktik olaraq litium kaliuma nisbətən su ilə zəif qarşılıqlı təsirdə olur. Bunun səbəbi reaksiyada əmələ gələn litium-hidroksidin az həll olması və metalın ərimə temperaturunun ($179,0^\circ\text{C}$) kaliumun ərimə temperaturundan ($63,6^\circ\text{C}$) çox olmasıdır. Reaksiyadan alınan istilikdən kalium asanlıqla əriyir, səthi artır, ona görə də reaksiyanın sürətlə getməsi təsəvvürünü yaradır. Dövrü sistem cədvəlində mislə sink yanaşı yerləşirlər. Onların atomlarının elektron quruluşunda böyük fərq yoxdur. Həmin metalların ionlaşma enerjiləri və ionların hidratlaşmasının qiyməti bir-birinə yaxındır.

Atomların ionlaşma enerjisi (I_1+I_{II}), kkal/mol	Sink	Mis
İonların hidratlaşması, kkal/mol	+630,7	+645,9
Energetik balans	-469,0	-509,0
	+134,7	+136,9

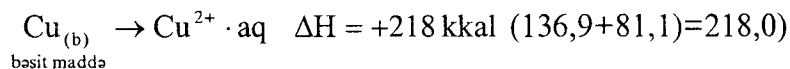
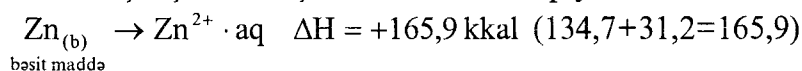


Bunlar onu göstərir ki, sink və həmçinin mis atomlarının hidratlaşmış iona çevrilməsi endotermik prosesdir. Bunlar arasındakı fərq ($136,9-134,7=2,2$) 2,2-yə bərabərdir. Əsas fərq metalın (bəsit maddənin) kristal qəfəsinin enerjisindədir. Metal parçasının tək atomlara çevrilməsi endotermik prosesdir:

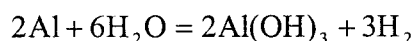
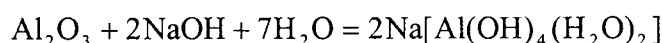
$$\Delta H_{(\text{atomlaşma})\text{Zn}_{(b)}} = +31,2 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_{(\text{atomlaşma})\text{Cu}_{(b)}} = +81,1 \text{ kkal/mol}$$

Bəsit maddələrin hidratlaşmış ionlara çevrilməsinin entalpiyalarının cəmi:



Bunlardan görünür ki, misin bəsit maddə formasında hidratlaşmış ionlara çevrilməsi prosesi sinkə nisbətən çətinidir. Bunlar arasındakı fərq ($218-165,9=52,1$) 52,1-ə bərabərdir. Ona görə də bu metallar elektrokimyəvi gərginlik sırasında fərqli yerlərdə dururlar. Sink hidrogendən əvvəl mis isə sonra yerləşir. Alüminiumun qələvi məhlulu ilə reaksiyasının səbəbi metalın səthindəki oksid təbəqəsinin qələvi tərəfindən dağılması və sərbəst metalın su ilə reaksiyası ilə izah edilir:



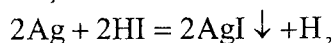
Sonuncu reaksiyanın mahiyyəti alüminiumun hidroksonium ionunu oksidləşdirməsidir. Qələvi məhlulunda hidroksonium ionunun qatılığı azdır. Məsələn, 0,1 M KOH məhlulunda

hidroksid ionlarının qatılığı 10^{-1} mol/ℓ olduğu halda hidroksonium ionunun qatılığı $C_{H_3O^+} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}$ mol/ℓ-ə bərabərdir. Qatılığı belə az olduğu halda alüminiumun hidroksonium ionlarını reduksiya etməsinin səbəbi nədir?

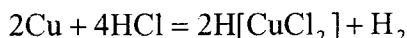
Hidroksid ionu amfoter hidroksidlə birləşərək $[Al(OH)_4]^-$ kompleksini əmələ gətirir. Suda həll olan bu kompleks metalın səthindən onun ionlarının çıxmasını asanlaşdırır, metalın elektronları H_3O^+ ionuna verilir, qaz halında hidrogen ayrılır. Elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşən mis, civə və gümüş oksidləşdirici xassəsi olmayan turşularla reaksiyaya girmədikləri halda nitrat turşusu ilə şiddətlə reaksiyaya girirlər və bu zaman hidrogen ayrılır. Bunun səbəbi oksidləşdiricilərin potensialı sırasında nitrat ionunun hidrogen ionundan əvvəl yerləşməsidir.

$F_2 \dots, Cl_2 \dots, Br_2 \dots, NO_3^- \dots, Ag^+ \dots, I_2 \dots, Cu^{2+} \dots, H^+ \dots, Ni^{2+} \dots, Fe^{2+} \dots, Zn^{2+} \dots, Al^{3+} \dots, Na^+ \dots, Li^+ \dots$

Metalların gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşən metalların turşulardan hidrogeni çıxarmaması mütləq deyil. Yodid turşusunun suda məhlulundan gümüş hidrogeni çıxarır:



Bu reaksiyanın səbəbi gümüş-yodidin suda həll olmamasıdır. Ona görə də tarazlıq sağa yönəlir. Bu da maraqlıdır ki, qızıldan fərqli olaraq gümüş çar araqında ($3HCl + HNO_3$) həll olmur. Bunun səbəbi gümüşün səthində həll olmayan qoruyucu gümüş-xlorid $AgCl$ təbəqəsinin əmələ gəlməsidir. Mis duru xlorid turşusundan hidrogeni çıxarmır. Lakin, çox qatı xlorid turşusundan çıxarır:



Bunun səbəbi tarazlığın kompleks ionun $[CuCl_2]^-$ əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlməsidir. Bu reaksiya misin metalların gərginlik sırasındakı mövqeyi ilə ziddiyyət təşkil etmir. Ona görə ki, məhlulda turşunun qatılığı 1 mol/ℓ-dən çoxdur. Misin sianid məhlulundan hidrogeni çıxarmasının da səbəbi kompleks ion əmələ gəlməsidir:



Həll olan maddələrin bəziləri metalların gərginlik sırasını dəyişdirir. Məsələn, KCN məhlulunda o, adi sıradan fərqlənir

Adi sıra – Zn, Fe, Sn, Cu, Ag, Au

0,6 %-li KCN məhlulunda Zn, Cu, Sn, Ag, Au, Fe

30 %-li KCN məhlulunda Zn, Cu, Au, Ag, Sn, Fe.

Susuz məhlullarda elektrod potensialı sulu məhluldakı qiymətindən xeyli fərqlənir. Bunları yekunlaşdıraraq, belə nəticəyə gəlmək olar ki, metalların gərginlik sırası, digər metallarla təmasda olan 1 N sulu duz məhlulu üçün tətbiq edilir. Gərginlik sırası termodinamik sıradır, onu aktivlik sırası adlandırmaq düzgün deyil. Onu formal olaraq tətbiq etmək səhv nəticələrə səbəb olur.

§ 5. Metalların korroziyası

Kimyəvi çevrilmələr enerjinin ayrılması, yaxud udulması ilə gedir. Birinci halda reaksiya məhsullarının enerjisi ilkin maddələrə nisbətən az olur. İkinci halda isə əksinə olur. Enerji ehtiyatının dəyişməsinə miqdarı olaraq necə qiymətləndirmək olar? Bu məqsədlə G ilə işarə edilən sərbəst enerji (Gibbs enerjisi) anlayışından istifadə edilir. Sabit temperaturda və təzyiqdə gedən reaksiya üçün həmin kəmiyyətin ΔG azalması, reaksiyanın hesabına görülə bilən maksimum işə bərabərdir. Sərbəst enerjinin dəyişməsi ΔG aşağıdakı formula əsasən hesablanır:

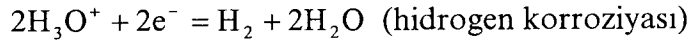
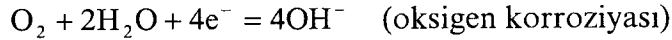
$$\Delta G = \sum \Delta G^0 (\text{məhsullar}) - \sum \Delta G^0 (\text{ilkin maddələr})$$

Burada ΔG^0 reaksiya məhsullarının, yaxud ilkin maddələrin, standart şəraitdə 25 °C-də və

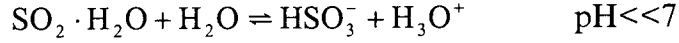
1 atm. təzyiqdə elementlərdən əmələ gələrkən sərbəst enerjinin dəyişməsidir. Σ işarəsi isə ilkin maddələrin yaxud reaksiya məhsullarının həmin kəmiyyətlərinin cəmidir. İstənilən kimyəvi elementin standart sərbəst enerjisi sıfıra bərabər hesab edilir. Bunlardan aydındır ki, ΔG^0 mənfi olan reaksiyalar enerji ayrılması ilə gedir, reaksiya məhsullarının enerji ehtiyatı ilkin maddələrə nisbətən azdır. Bunu dağdan daş parçasının öz-özünə yuvarlanmasına bənzətmək olar. Bəzi metalların oksigenlə reaksiyasında ΔG^0 -ni nəzərdən keçirək. Sərbəst enerjinin dəyişməsi kkal/mol ilə mötərizədə göstərilir: CuO (-31), NiO (-51), ZnO (-76), SiO₂ (-124), MgO (-136), Fe₂O₃ (-177), Cr₂O₃ (-253), Al₂O₃ (-378). Göründüyü kimi sərbəst enerjinin dəyişməsi mənfi kəmiyyətdir və sərbəst metala nisbətən oksidi davamlıdır. Sərbəst enerjinin dəyişməsinə əsasən demək olar ki, misə nisbətən alüminium oksigenlə birləşməyə daha meyllidir. Çox az qism metalları çıxmaqla, əksəriyyəti sərbəst halda davamsızdır və onlar oksigen olan atmosferdə müvafiq oksidə çevrilirlər. Lakin biz bilir ki, əsasını polad təşkil edən körpülər və digər qurğular, alüminium əşyalar və mis məftillər oksidə çevrilmədən uzun müddət mövcud olurlar. Oksigen atmosferində olan sərbəst metalı dağın zirvəsindəki daş parçası ilə müqayisə edək. Daş dağın dibinə can atdığı kimi metal da oksidləşməyə meyllidir. Lakin yüksəklikdə olan daşların hamısı dağın dibinə yuvarlanmır. Bunun bir neçə səbəbi var, daş parçası ətrafındakı digər daşlarla möhkəm surətdə əhatə olunur və s. onun aşağı düşməsi üçün energetik baryerə üstün gəlməlidir. Belə halda daş parçası yüksəklikdə milyon illərlə qalır. Metal da müəyyən şəraitdə oksidləşmədən uzun illər qalır. Dünyada istehsal olunan metalın ildə təqribən 1–1,5%-i korroziya nəticəsində yararsız hala düşür, itirilir. Korroziya sözü latınca «corrodere» sözündən götürülmüşdür, mənası yeyilib dağılmaq deməkdir. Bu termin əksər hallarda metallara aid edilir. Lakin daşın, plastik kütlələrin və ağacın aşınmasını da korroziyaya aid edirlər. Mərmərdən və əhəngdaşından hazırlanan abidələr və tikintilər turşu yağışlarının təsirindən katastrofik sürətlə aşınırlar. Geniş mənada korroziya ətraf mühitin kimyəvi təsirindən materialların öz-özünə dağılması prosesidir. Materialların fiziki sürətlə dağılması korroziyaya aid deyil. Onlar sürtülmə, yeyilmə, köhnəlmə yaxud erroziya adlanır. Korroziya prosesində metalın oksidə çevrilməsi məcburi deyil. Korroziya məhsulları içərisində hidroksonidlər, xloridlər və digər turşuların duzları olur.

Dəmirin korroziyası paslanma adlanır. Digər metallar korroziyaya uğrayırlar, lakin paslanmırlar. Bütün hallarda metallar oksidləşmiş hala keçir. Praktiki olaraq bütün metallar, o, cümlədən qızıl da korroziyaya uğrayır. Lakin biz dəmirin korroziyası ilə daha çox rastlaşırıq. Korroziya kimyəvi və elektrokimyəvi olmaqla iki yerə bölünür. Dəmirin paslanması, bürüncün üzərində qəhvəyi-yaşıl pas (patina) əmələ gəlməsi kimyəvi korroziyaya aiddir. Bu proseslər açıq havada gedirsə atmosfer korroziyası adlanır. Sənaye istehsalında metallar yüksək temperatura qədər qızır və həmin şəraitdə kimyəvi korroziya sürətlənir. Közərmiş metal parçasını emal etdikdə (prokatında) səthində dəmir yanığı əmələ gəlir. Bu da kimyəvi korroziyaya aiddir. Müəyyən edilmişdir ki, kükürd dəmirin korroziyasını sürətləndirir. Dəmindən hazırlanan qədim əşyalar korroziyaya qarşı davamlı olur. Bunun səbəbi onlarda kükürdün miqdarının az olmasıdır. Keçmişdə domna istehsalında koks əvəzinə ağac kömüründən istifadə edilmişdir ki, orada da praktiki olaraq kükürd yoxdur. Poladda kükürd sulfid şəklində olur. Korroziya prosesində dəmir-sulfid parçalanır, hidrogen-sulfid ayrılır. O, da korroziyanın katalizatorudur. Müxtəlif kimyəvi məhsullar istehsalında metal cihazlar hidrogen, metan və digər karbohidrogenlər, karbon oksidləri, hidrogen-sulfid, xlor, turşular, qələvilər, duzlar və digər kimyəvi maddələrlə kontaktda olur, kimyəvi korroziyaya uğrayırlar. Kimyəvi korroziyanı elektrokimyəvi korroziyadan fərqləndirmək çətindir və çox vaxt mümkün olmur. Bunun səbəbi elektrokimyəvi korroziyanın metalda təsadüfi qarışıqlar və legirləmə elementləri ilə əlaqədar olmasıdır. Metal və xəlitələrin səthində gedən elektrokimyəvi reaksiyalar nəticəsində dağılması elektrokimyəvi korroziya adlanır. Metallar elektrolit məhlulu ilə təmasda olduqda korroziya sürətlənir. Metalların elektrokimyəvi korroziyasında eyni zamanda iki proses gedir:

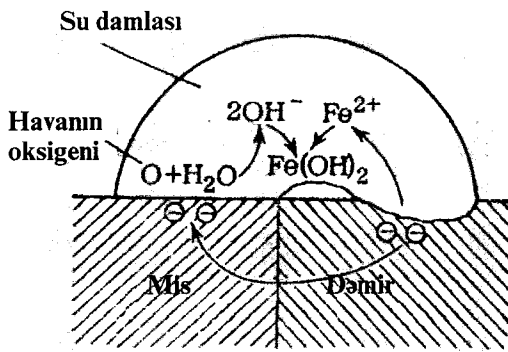
1. Metalın oksidləşməsi – anod prosesi $Me^0 - ne^- = Me^{n+}$
2. Oksidləşdiricinin reduksiyası – katod prosesi. Katod prosesində oksigen yaxud hidrogen ionu (hidroksonium) reduksiya olunur:



Oksigen korroziyası neytral və əsasi məhlullarda, hidrogen korroziyası isə turş məhlullarda, $\text{pH} \leq 4$ olduqda gedir. Elektrolit çox vaxt metalın səthində, su buxarlarının kondensləşməsi nəticəsində əmələ gələn, su təbəqəsi olur. Saf su elektrik cərəyanını çox pis keçirir. Atmosfer suyu isə elektrik cərəyanını yaxşı keçirir. Bunun səbəbi onda karbon qazının həll olması nəticəsində əmələ gələn H_2CO_3 -ün qismən dissosiasiyasından H^+ və HCO_3^- ionlarının əmələ gəlməsidir. Sənayedə əmələ gələn tullantı qazlarının SO_2 və s.-in korroziyada böyük rolu var.

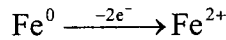


İki müxtəlif metal kontaktda olduqda korroziya sürətlə gedir. Elektrod potensialları müxtəlif olan iki metal elektrolitdə kontaktda olduqda yaranan elektrokimyəvi korroziya kontakt korroziyası adlanır. Metalların elektrod potensialının qiymətindəki fərq böyük olduqca korroziya daha sürətlə gedir. Buna misal olaraq dəmirlə mis kontaktda olduqda gedən prosesləri nəzərdən keçirək. Oksigen həll olmuş atmosfer suyu həmin metalları əhatə edir.

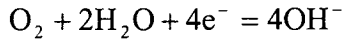


Şəkil XVII-3. Su iştirakında dəmir və misin kontakt korroziyasının mexanizmini aydınlaşdıran sxem.

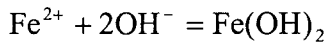
Dəmir oksidləşir Fe^{2+} ionu suya keçir:



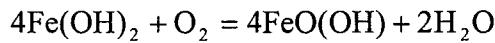
Elektronlar dəmirdən misə keçir. Misdən isə oksigenə verilir, oksigen reduksiya olunur, hidroksid ionu əmələ gəlir:



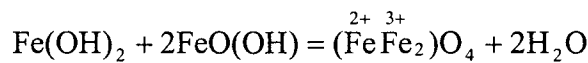
Fe^{2+} ionu ilə OH^- ionları birləşir, suda həll olmayan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ alınır:



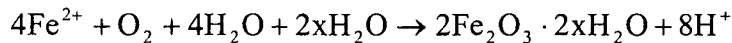
$\text{Fe}(\text{OH})_2$ qismən oksidləşir, dəmir-metahidroksidə çevrilir:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ ilə metahidroksid $\text{FeO}(\text{OH})$ qonur rəngli məsaməli Fe_3O_4 əmələ gətirir:

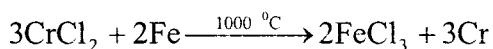


Dəmir paslanarkən Fe_3O_4 əmələ gəlməsi mütləq deyil. Çox vaxt $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ tərkibli hidratlaşmış oksid alınır:



Metalların korroziyadan qorunması onlardan istifadə edilməsi ilə eyni vaxtda başlamışdır. Metalları atmosferin təsirindən qorumaq üçün yağlardan və sonralar qalaydan istifadə etmişlər. Qədim yunan tarixçisi Herodotun (bizim eradan əvvəl V əsrdə) əsərlərində dəmirin korroziyadan qorunması üçün qalaydan istifadə edilməsinə aid məlumat var. Metalların korroziyası təbiət qanunlarına uyğun olaraq baş verir. Ona görə də onu tamamilə aradan qaldırmaq mümkün deyil. Onu yalnız ləngitmək olar. Hazırda xrom, nikel, kobalt və s. metallar əlavə etməklə paslanmayan polad alınır. Belə poladların səthində pas əmələ gəlmir, lakin səthində sürəti son dərəcə az da olsa korroziya gedir. Legirləmə əlavələrindən istifadə etdikdə metalların korroziyaya qarşı davamlılığı sıçrayışla

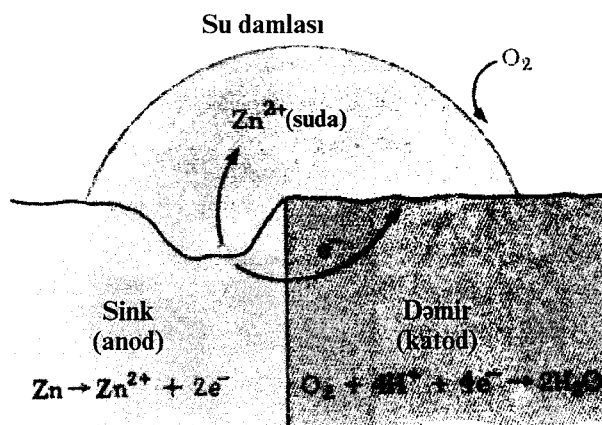
dəyişir. Tamman qaydasına əsasən $\frac{1}{8}$ atom payı miqdarda legirləmə elementi əlavə etdikdə, yəni səkkiz atom dəmirə bir atom əlavə düşdükdə dəmirin korroziyaya qarşı davamlılığı kəskin sürətlə artır. Belə nisbətdə bərk məhlulun kristal qəfəsində davamlı quruluş yaranır və korroziya çətinləşir. Metalların korroziyadan mühafizə edilməsinin ən geniş yayılmış üsulu səthinin lak, boyaq, emal və digər metallarla örtülməsidir. Lak və boyaq qaz və su buxarlarını keçirmir və suyu dəfətmə xassəsinə malikdir, oksigenin və digər zərərli atmosfer maddələrinin metalın səthinə daxil olmasının qarşısını alır. Metalın səthinin lak-boyaq maddələri ilə örtülməsi korroziyanı tamamilə aradan qaldırmır, onu ləngidir. Lak-boyaq maddələri ilə metalın səthinə örtməzdən əvvəl pas və oksid təbəqəsi diqqətlə təmizlənməlidir. Örtük təbəqəsinin bir neçə nazik lay şəklində çəkilməsi daha sərfəlidir. Yeraltı qurğu və konstruksiyaların səthinin lak və boyaq ilə örtülməsi əlverişli hesab edilmir. Onların qoruyucu müddəti uzun olmur. Bu məqsədlə daş kömür qətranından (bitumdan) istifadə etmək daha əlverişlidir. Bəzi hallarda boyanın pigmentləri korroziyanın inhibitoru rolunu oynayır. Həmin pigmentlərə misal olaraq stronsium, qurğuşun və sinkin xromatlarını göstərmək olar. Çox vaxt metalın səthinə boyaq çəkməzdən əvvəl astarlama təbəqəsi ilə örtülür. Astarlama təbəqəsinin tərkibinə daxil olan pigmentlər inhibitor xassəli olmalıdır. Bu məqsədlə qurğuşun surikindən Pb_3O_4 daha çox istifadə edilir. Astarlamaya əlavə olaraq metalın səthinə fosfatlaşdırırlar. Bu məqsədlə metalın təmiz səthi dəmir(III), manqan(II) yaxud sinkin ortofosfatları və sərbəst fosfat turşusu qarışığı olan məhlulla örtülür. Bu məqsədlə manqan və dəmirin dihidrofosfatları $Mn(H_2PO_4)_2$, $Fe(H_2PO_4)_2$ və sərbəst fosfat turşusu qarışığından ibarət olan «majef» preparatı daha geniş tətbiq edilir. Metalın səthinə çəkilən fosfat təbəqəsi özü möhkəm korroziya qoruyucusu deyil. O, boyanın metalın səthinə möhkəm yapışmasını təmin edir. Metalları korroziyadan qorumaq üçün şüşəyabənzər və farfor emaldan istifadə edilir. Metalın səthi təmizlənir, astarlanır, sonra əsasını SiO_2 təşkil edən B_2O_3 , Na_2O , PbO şüşəyabənzər emal metalın səthinə çəkilir və yüksək temperaturda qızdırılır. Metalın səthi şüşəyabənzər emalla örtülür. Bu yolla alınan emal suyu və havanı keçirmir və yüksək temperaturda belə davamlıdır. Onun çatışmayan cəhəti mexaniki təsirə qarşı davamsız olmasıdır. Metalların korroziyadan qorunmasının ən geniş yayılan üsulu səthinin digər metal təbəqəsi ilə örtülməsidir. Örtük rolunu oynayan metal korroziyaya uğrayır, üzəri oksid təbəqəsi ilə örtülür. Korroziyadan qorunacaq metalın səthinə digər metal təbəqəsi müxtəlif üsulla çəkilir. Bunlardan metalı qısa müddətdə ərinmiş metal olan vannaya salmaq (qaynar örtük), elektrolit məhlulundan elektrolitik çökdürmə (qalvanik örtük), yüksək temperaturda metalın səthinə örtük metalla tozlandırmaq, qaz fazada gedən reaksiyaları göstərmək olar:



Ayrılan xrom dəmirin səthində xəlitə əmələ gətirir. Korroziyaya davamlı və protektor olmaqla metal örtüklər iki qrupa bölünür. Nikel, gümüş, mis, qurğuşun və xrom birinci qrupa aiddir. Dəmirə nisbətən onlar daha elektromüsbətdirlər. İkinci qrupa sink, kadmium, alüminium aiddir. Dəmirə nisbətən onlar elektromənfidirlər.

1896–1933-cü illərdə Akropolun (qədim yunan şəhərlərində qala) təmirində mərmər arxivtravları (sütunların üzərindəki atqı) və portikləri (binaya yapışmış sütunlu eyvan) bərkitmək və birləşdirmək üçün polad tirləri və boltlardan (hissələri bir-birinə möhkəm bənd etmək üçün uc qaykılı metal çubuq) istifadə etmişlər. 1970-ci ildə mərmər hissələr çatlayıb və parçalanmışdır. Bunun səbəbi polad boltların səthinin paslanması nəticəsində şişməsi olmuşdur. Vəziyyətdən çıxmaq üçün polad əvəzinə titan bərkidicilərdən istifadə etmişlər. Baxmayaraq ki, qədim yunan arxitekturları bu məqsəd üçün 24 əsr bundan əvvəl üzəri qurğuşunla örtülmüş dəmirdən istifadə etmişlər. Gündəlik həyatda üzəri sinklənmiş və qalaylanmış dəmir əşyalarla tez-tez rastlaşırıq. Səthi sinklənmiş dəmir, qalayla örtülən isə qalaylanmış dəmir adlanır. Bunlardan birincidən evlərin dam örtüyü üçün, ikincidən konserv bankaları hazırlanmasında geniş istifadə edilir. Dəmirin səthində 0,03 mm qalınlığında sink örtüyü olduqda dam örtüyü kimi 8 il dəyişmədən qalır. Sənaye rayonlarında isə istismar müddəti iki dəfə azalır, 4 il dəyişmədən qalır. Bunun səbəbi həmin yerlərin havasında sulfat turşusu buxarlarının olmasıdır. Sink və qalay örtük dəmiri səthi

bütöv olduqda qoruyur. Yəni səthdə çat, sıyrıntı olmadıqda dəmirin korroziyası baş vermir. Əksinə çat əmələ gəldikdə rütubət oranı doldurur, məhlul əmələ gəlir, qalvanik cüt işləyir. Elektronlar sinkdən dəmirə axır, dəmir katod olur. Qalay örtükdə qalay dəmir üçün sanki ideal boyaqdır. Onun səthinin bütövlüyü pozulduqda, yəni çat yaxud sıyrıntı əmələ gəldikdə qalayın qoruyucu funksiyası aradan qalxır. Dəmir anod, qalay isə katod olur. Elektronlar dəmirdən qalaya keçir. Bunun səbəbi dəmirin elektrod potensialının qiymətinin ($E^0 = -0,44 \text{ V}$), qalayın elektrod potensialının qiymətindən ($E^0 = -0,14 \text{ V}$) kiçik olmasıdır. Göründüyü kimi dəmirin sinklənməsində germetikliyin, qalaylanmasına nisbətən əhəmiyyəti o, qədər böyük deyil. Qalayın korroziya məhsulları insan üçün zərərli deyil. Ona görə də üzəri qalaylanmış mis və s. qablardan məişətdə istifadə edilir. Yeraltı su, neft, qaz və s. boruları korroziyadan qorumaq üçün onları yerin altında digər fəal metallarla birləşdirirlər. Bu məqsəd üçün çox vaxt maqneziumdan istifadə edilir.



Şəkil XVII-4. Sinklə kontaktda olan dəmirin mühafizəsi.

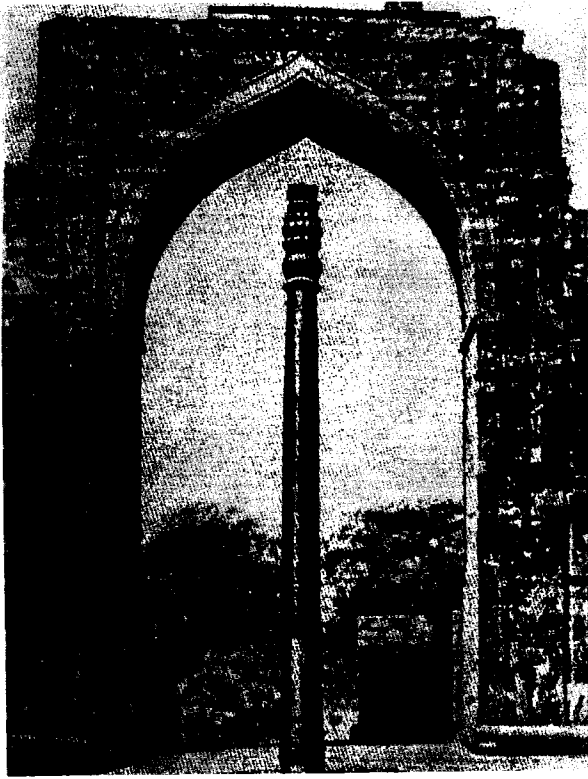
Rütubətli torpaq elektrolit rolunu oynayır aktiv metal anod olur (elektron verir), dəmir boru isə elektron qəbul edir katod olur. Ona görə də katod mühafizəsi adlanır.

Gəmilərin polad korpusunu da korroziyadan bu yolla qoruyurlar. Onun korpusuna sink lövhə birləşdirirlər. Metalları korroziyadan qorumaq üçün digər metaldan istifadə etdikdə onların elektrokimyəvi gərginlik sırasındakı mövqeyini nəzərə almamaq xoşagəlməz hadisəyə səbəb olur. XX əsrin 20-ci illərində bir varlı amerikalı öz yaxtasını (motorlu yüngül gəmi) daha görkəmli etmək üçün onun alt hissəsini, dibini bəhə monel – metaldan (70 % nikel, 30 % misdən ibarət xəlitə), kil (gəmi gövdəsinin əsasını təşkil edən və gövdə uzununa qoyulan tir), forşteven (gəminin burun hissəsi) və çərçivəsini poladdan düzəltmişdir. Gəminin sualtı hissəsində qalvanik element yaranmışdır. Monel – metal katod, dəmir isə anod olmuşdur. Detallar çox qısa vaxtda sıradan çıxmışdır. Gəmidə son tamamlama işləri başa çatmadan yararsız hala düşmüşdür. Müxtəlif metallardan əsasən qızıldan və poladdan hazırlanan diş taqları (dişə taxılan metal qapaq) bir-birinə yaxın olduqda zəif ağrı verir. Bunun səbəbi qalvanik element yaranmasıdır. Burada ağız suyu elektrolit rolunu oynayır. Elektron axını baş verdikdə ağrı yaranır.

Korroziyanın qarşısının alınmasının ən əhəmiyyətli üsullarından biri metalların passivləşdirilməsidir. Məlum olduğu kimi adi şəraitdə qatı sulfat və nitrat turşuları dəmirə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bunun səbəbi turşunun metalı passivləşdirməsidir. Hələ 1836-cı ildə ingilis fiziki-kimyəçisi M.Faradey göstərmişdir ki, metalın passivləşməsinin səbəbi səthində möhkəm oksid təbəqəsinin əmələ gəlməsidir. Dəmirin səthində qeyri-stexiometrik tərkibli oksidlər Fe_8O_{11} , Fe_3O_4 əmələ gəlir. Bəzi hallarda xlorid, sulfat və fosfat təbəqəsi də metalı korroziyadan qoruyur. Metalların passivləşməsinin səbəbini digər nəzəriyyə səthdə oksigen, yaxud digər oksidləşdiricinin adsorbsiya təbəqəsi əmələ gətirməsi ilə izah edilir. Adsorbsiya nəticəsində metalın səthindəki atomların valent elektronları doyurlar. Bunun nəticəsində onların kimyəvi aktivlikləri azalır. Lakin bu nəzəriyyə geniş yayılmamışdır. Xromat ionu da poladın səthini passivləşdirir. Ülgücü (lezvanı) kalium-xromat məhlulunda saxladıqda uzun müddət kəsərini saxlayır, istifadə müddəti uzanır. Metalların korroziyadan qorunmasında inhibitorlardan daha geniş istifadə edilir. İnhibitor – çox az miqdarı kimyəvi prosesin qarşısını alan, yaxud onun sürətini minimuma endirən maddədir. Latınca «ingibitor» qarşısını almaq, dayandırmaq deməkdir. Müasir təsəvvürlərə əsasən inhibitorlar

metalın səthində adsorbsiya olunur, anod və katod proseslərinin qarşısını alır. İlk ingibitorlar təsadüfi yolla tapılmışdır və gizli saxlanmışdır. Qədim dövrlərdə Dəməşq ustaları poladın səthindəki pası təmizləmək üçün, pivə mayası, un və nişasta əlavəsi olan sulfat turşusu məhlulundan istifadə etmişlər. Həmin əlavələr ilk ingibitorlar olmuşlar. Onlar metalın turşu ilə reaksiyasının qarşısını almışlar və səthdəki pas turşu ilə qarşılıqlı təsirdə olmuşdur. Hazırda çoxlu sayda ingibitorlar sintez edilmişdir və onlardan praktikada geniş miqyasda istifadə edilir. Metalların atmosfer korroziyasının qarşısını almaq üçün ən sadə ingibitorlardan biri natrium-nitritdir. Ondan qatı məhlul yaxud qliserin, oksietilsellüloza və karboksietilsellüloza ilə qatılaştırılmış şəkildə istifadə edilir.

Hindistanda Dehlinin 20 kilometrliyində hündürlüyü 7,2 metr diametri əsasında 42 sm, ucunda 30 sm olan 6 ton ağırlığında dəmir sütun ucalır. Həmin sütun bizim eramın V əsərində çar II Çandraqutun şərəfinə qurulmuşdur. O vaxtdan bəri həmin dəmir sütun haqqında müxtəlif yazılar meydana çıxmış və hətta mif yaranmışdır. Belə təsəvvür yaradılmışdır ki, o korroziyaya uğramır və kimyəvi ideal təmiz dəmirdən düzəldilmişdir. Eyni zamanda belə fikir formalaşmışdır ki, alimlər həmin sütunun hazırlanması texnologiyasını və dəmirin paslanmamasını izah edə bilmirlər. Lakin gec-tez elm bütün mifləri kənara atır, onların düzgün izahını verir. Çox dəqiq analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sütunun faizlə tərkibi belədir: 0,15 % C; 0,25 % P; 0,005 % S; 0,02 % N; 0,05 % Si; 0,05 % Mn; 0,03 % Cu; 0,05 % Ni və qalan hissəsi dəmirdən ibarətdir. Müasir təsəvvürlərə görə həmin sütun dəmir deyil azkarbonlu poladdır.



Şəkil XVII-5. Hindistanda ucaldılan əfsanəvi dəmir sütun.

Metal emalı üzrə müasir mütəxəssis həmin sütun hazırlanan metala mikroskopla baxsa onu qeyri-metal elementləri çox olduğuna görə yalnız yüksək keyfiyyətlər tələb olunmayan detallar hazırlamaq üçün yararlı olduğunu deyər. Deməli, sütunun kimyəvi təmiz dəmirdən hazırlanması fikiri tamamilə yanlışdır. Qədim metallurqlar onun saflığı haqqında düşünməmişlər, onlar bacardıqları şəkildə onu hasil etmişlər. Sütunun korroziyaya qarşı davamlılığının səbəbi nədir?

Sütunun xarici görünüşündə korroziya əlamətləri nəzərə çarpmır. Yerdən 1,5 metr yuxarıda ziyarətçilərin əlləri ilə sürtülüb hamarlanıb. Xalqın inamına görə sütuna əli ilə toxunan insanın arzusu yerinə yetir. Yuxarıya doğru oksid təbəqəsi ilə örtüldüyündən sütun qara, göyümsov, nəhayət qonur rəngdədir. Deməli, metal oksidləşmişdir, lakin pas yoxdur. Sütun olan rayonda adi karbonlu polad həmin sürətlə oksidləşir və həmin qalınlıqda oksid təbəqəsi ilə örtülür. Sütunun yeraltı hissəsi də analiz edilmişdir. Onun pas təbəqəsi ilə örtüldüyü aşkar olmuşdur. Sütundan qoparılan kiçik parça dəniz sahilində saxlanmışdır və

pas təbəqəsinin əmələ gəlməsini çox gözləmək lazım gəlməmişdir. Bunlara baxmayaraq sütun korroziyaya qarşı kifayət qədər davamlıdır. Lakin bunun səbəbi tarixçilərin izah etdikləri kimi deyil. Sütunun yerləşdiyi rayonun iqlimidir. Həmin rayonun atmosferi qurudur. Sütunun gövdəsi böyükdür və istilik tutumu yüksəkdir. Qızmış sütuna düşən yağış suyu çox tez buxarlanır. Məlum olduğu kimi dəmiri oksigen və su buxarları birlikdə korroziyaya uğradır. Bunlardan biri olmadıqda, demək olar ki, korroziya baş vermir. Nəhayət sütunun hazırlanması texnologiyası haqqında onu demək olar ki, filizi bilavasitə ağac kömürü ilə reduksiya etməklə almışlar. Yəni filiz → çuqun → polad sxemi ilə deyil, filiz → polad sxemi üzrə almışlar. Polada kükürd, fosfor və digər qeyri-metallar filizdən keçmişdir. Ağac kömüründə həmin elementlər praktik olaraq yoxdur.

Cəvahirəl Nehru özünün «Hindistanın kəşfi» kitabında yazmışdır: «Dehlinin yaxınlığında müasir alimləri çətinlik qarşısında qoyan möhtəşəm dəmir sütun ucalır. Onlar onun hazırlanması üsulunu və oksidləşməməsinin səbəbini izah edə bilmirlər». Göründüyü kimi müasir elm burada sirlə bir şey olmadığını sübut etmişdir və böyük siyasətçini biz qınamamalıyıq.

Məsələlər

Məsələ 225. Maqnezium və sink xəlitəsini artıqlaması ilə götürülən oksigendə yandırdıqda alınan qarışığın kütləsi, ilkin xəlitənin həmin kütləsini artıqlaması ilə götürülən xlorida yandırdıqda alınan reaksiya məhsullarının kütləsindən iki dəfə azdır. Xəlitədə maqneziumun kütlə payını hesablayın.

Məsələ 226. MeClO_x duzunda metalın faizlə miqdarı 28,2 %-dir. Duzun formulunu təyin edin.

Məsələ 227. 20 %-li civə 1-nitrat məhlulunun 264 qramına sink tozu əlavə edilmişdir. Müəyyən vaxtdan sonra məhlulda civə 1-nitratın qatılığı 6 % olmuşdur. Ayrılan civənin kütləsini hesablayın.

Məsələ 228. Qızıldan və alüminiumdan hazırlanmış iki kub var. Bunlardan hansında atomların sayı çoxdur?

Məsələ 229. 1 sm^3 metal parçasında atomların sayı ən az və ən çox nə qədər ola bilər?

Məsələ 230. İkivalentli metal sulfidinin 4,4 qramını yandırdıqda, həmin metalın 4 q oksidi alınmışdır. Sulfidi təyin edin və reaksiya tənliyini yazın.

Məsələ 231. Metal tozunu qaynar xlorid turşusunda həll etmişlər. Sonra alınan məhluldan oksigen buraxmışlar. Nəticədə məhlulun kütləsi 0,143 m_0 qədər artmışdır. Burada m_0 turşuda həll edilən metalın kütləsidir. Xlorid turşusunda hansı metal həll edilmişdir?

Məsələ 232. Təzə hazırlanmış 13,95 q xrom 2-xlorid və xrom 2-bromid qarışığı olan məhlula artıqlaması ilə gümüş-nitrat məhlulu əlavə edilmişdir. Bu zaman 32,99 q çöküntü alınmışdır. İlkin qarışığın tərkibini təyin edin.

Məsələ 233. İki maddənin qarışığı qırmızı tozdur. Onları qızdırdıqda A maddəsi və bəsit B maddəsi alınmışdır. İlkin qırmızı tozları A-nı hidrogen axınında, B-ni oksigendə qızdırmaqla almaq olar. İlkin maddələrin tərkibini, A və B maddələrini adlandırın.

Məsələ 234. Xarici görünüşünü yaxşılaşdırmaq üçün misdən hazırlanan düymələri və digər bəzək əşyalarını dəmir 3-xlorid məhluluna salırlar. Bu prosesin mahiyyəti nədən ibarətdir? «İşlənmiş məhlulu» yenidən yararlı hala necə salmaq olar?

Məsələ 235. a) Hidrargillitdə 65,3 % Al_2O_3 və 34,7 % H_2O . b) Diasporda 85,0 % Al_2O_3 və 15 % H_2O var. Həmin filizlərin formulunu təyin edin.

Məsələ 236. Təmiz metal alınması üsullarından biri metalın karbonilini sintez etmək və sonuncunun parçalanmasına əsaslanmışdır. Bu üsulu dəmir misalında reaksiya tənlikləri ilə ifadə edin.

Məsələ 237. Mis 2-nitrat məhluluna kiçik kalsium metalı qırıntıları əlavə etdikdə gedən reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 238. İkivalentli metalın 1 qramı 50 ml 5 M xlorid turşusuna salınmışdır. Turşunun qatılığı 1 M olduqda metal həll olub qurtarmışdır. Metalı təyin edin.

Məsələ 239. Kalmarlar, ilbizlər və hörümçəklərin qanı, daha doğrusu hemolimfası döy rəngdədir. Bunun səbəbi nədir?

XVIII FƏSİL

III QRUPUN ƏSAS YARIMQRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. Ümumi xarakteristikaları

III A qrupu elementlərinə geniş yayılan bor və alüminium həmçinin nadir elementlərə aid olan qallium, indium və tallium daxildir. Onlar p elementləridir. Atom nömrəsi artdıqca elektron xarici p yarımşəviyyəyə əlavə olunur. Dövri sistem cədvəlində 30 p elementi var. Onlar III A, IV A, V A, VI A, VII A və VIII A qrupu elementləridir. Xarici energetik səviyyədə elektron quruluşları belədir: ns^2np^1 , ns^2np^2 , ns^2np^3 , ns^2np^4 , ns^2np^5 , ns^2np^6 . Alüminiumdan başqa p elementlərinin reduksiyaedicilik fəallığı zəifdir. III A qrupu elementlərində həyəcanlanmamış halda yalnız p elektronu qoşalaşmamış vəziyyətdədir. Lakin bu elementlərin çoxu üçün +1 oksidləşmə dərəcəsi davamsızdır, birləşmələrdə oksidləşmə dərəcəsi +3 olur. Xarici s yarımşəviyyədən elektronlardan birini p yarımşəviyyəsinə keçirmək üçün (s^1p^2) çox enerji sərf olunmur. Həmin enerji bor üçün 0,17 kC/mol, alüminium üçün 1,34 kC/mol-dur. Yalnız tallium üçün +1 oksidləşmə dərəcəsi xarakterikdir.

III A qrupu elementlərindən yalnız bor qeyri-metaldır. Onun xassələri həmin yarımqrupun elementlərindən kəskin fərqlənir. Borun kimyası silisiumun kimyasına daha çox oxşayır. III A qrupu elementlərinin metallıq xassələri ardıcıl (monoton) dəyişmir. Bordan alüminiuma keçdikdə metallıq xassələri kəskin artır. Qalliumda həmin xassə bir qədər zəifləyir, sonra talliuma keçdikdə güclənir. Bunun səbəbi bor və alüminiumdan başqa qallium, indium və talliumda xaricdən əvvəlki energetik səviyyədə 18 elektronun olmasıdır. Ona görə də onların xassələrinin xətti dəyişməsi pozulur.

Cədvəl VIII-1. III A qrupu elementlərinin xassələri

Xassələri	B	Al	Ga	In	Tl
Xarici energetik səviyyəsinin quruluşu	$2s^22p^1$	$3s^23p^1$	$4s^24p^1$	$5s^25p^1$	$6s^26p^1$
Atom radiusu, Å	0,97	1,43	1,39	1,66	1,71
E^{3+} ionunun radiusu, Å	0,20	0,57	0,62	0,92	1,05
Sıxlığı, q/sm ³	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85
Ərimə temperaturu, °C	2075	660	29,8	156,4	304,0
Qaynama temperaturu, °C	3700	2520	2205	2050	1475
Oksidləşmə dərəcəsi	+3	+3	(+1), +3	(+1), +3	+1, +3
Hidroksidlərinin xassələri	$B(OH)_3$	$Al(OH)_3$	$Ga(OH)_3$	$In(OH)_3$	–
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> → </div> <p>Əsaslıq xassəsi artır</p>					
Tallium 3-hidroksid alınmamışdır. Tl^{3+} suda məhlulundan $Tl_2O_3 \cdot nH_2O$ şəklində çökür. Onun da əsaslıq xassəsi üstündür.					

§ 2. Bor

Dövri sistem cədvəlinin III qrup elementidir. Atom nömrəsi 5, nisbi atom kütləsi 10,81-ə bərabərdir. İki izotopdan ibarətdir: ^{10}B (19%) və ^{11}B (81%).

Kəşfi tarixi. Borun birləşmələri qədimdən məlumdur. Əlkimyaçıların əlyazmalarında boraks haqqında məlumat var. Elementin adı da buradan götürülmüşdür. Boru ilk dəfə 1808-ci ildə fransız kimyaçıları Gey-Lüssak və Tenar bor-oksidi kaliumla reduksiya etməklə almışlar. Təmiz kristallıq bor XX əsrdə alınmışdır.

Təbiətdə yayılması. Bor təbiətdə geniş yayılmışdır. Yer qabığının kütləsinin $1,2 \cdot 10^{-3}$ %-ni təşkil edir. Yalnız oksigenli birləşmələr şəklində tapılır. Onlardan borat turşusunu (sassolin mineralı) H_3BO_3 , boraks (tinkal) $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, kernit $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$, aşarit

MgHBO₃ və s. göstərmək olar. Mərkəzi İtaliyada (Toskana) bəzi qaynar su mənbələrində və göllərdə çoxlu miqdarda borat turşusu var. Orada yerin dərinliyindən 190 °C-yə qədər qızmış su buxarında borat turşusu var.

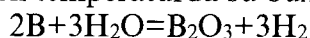
Fiziki xassələri. Bor bozumlu-qara, yaxud qonur rəngli (qarıışıqlara görə) olur. Təmiz bor rəngsizdir. Sıxlığı 2,3 q/sm³-dir, 2075 °C-də əriyir, 3860 °C-də qaynayır. Adi şəraitdə elektriki pis keçirir, qızdırdıqda elektrik keçiriciliyi artır. Bu xassə yarımkeçiricilərə aiddir.

Kimyəvi xassələri. Bor atomunun elektron quruluşu belədir:

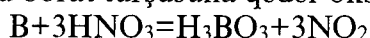


Birləşmələrdə üçvalentli olur, oksidləşmə dərəcəsi +3-ə bərabərdir. 2s yarım səviyyəsində olan elektronlardan biri 2p yarım səviyyəsinə keçir.

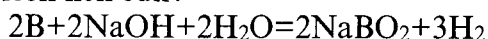
Bor adi şəraitdə flüordan başqa bütün elementlərə qarşı təsirsizdir (inertdir), onlarla reaksiyaya girmir. Qızdırdıqda fəallığı artır, bütün halogenlərlə, karbon, azot və fosforla birləşir. 700 °C-də havada yanır, borat anhidridi B₂O₃ əmələ gətirir. Bor hidrogenlə bilavasitə birləşmir, onun hidrogenli birləşmələri dolayı yolla alınır. Qızdırdıqda metallarla birləşir, boridlər əmələ gətirir. Yüksək temperaturda su buxarlarını parçalayır:



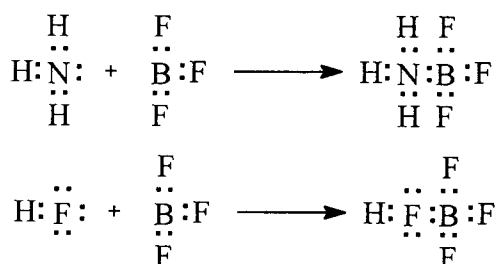
Qatı nitrat və sulfat turşusu boru borat turşusuna qədər oksidləşdirir:



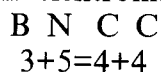
Digər turşular bora təsir etmir. Qatı qələvi məhlulu toz halında götürülən (monolit kristallarını deyil) boru tədricən həll edir:



Borun halogenlərlə birləşməsində xarici energetik səviyyəsində altı elektron var, davamlı oktet təbəqəsi yaranması üçün iki elektron çatışmır. Ona görə də kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş elektron cütü olan NH₃ və HF molekulları ilə birləşir:



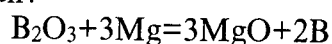
HF₄ kifayət qədər qüvvətli turşudur, davamlı KBF₄, NH₄[BF₄] və s. duzları var. Bor-nitrid BN maraqlıdır. Ağ rəngli kristallik tozdur, qrafitə çox oxşayır. BN flüor və hidrogen-flüoriddən başqa bütün kimyəvi reagentlərə qarşı davamlıdır. Qrafitdən sürtünməni azaldan vasitə kimi istifadə edilir. Bor-nitridin bu xassəsi qrafitdən üstündür. Alimlər qrafitdən (1200 °C, 50 min atm.) almaz almışlar. Onlar bor-nitriddə həmin quruluş çevrilməsini həyata keçirmişlər. 1350 °C-də 60 min atm. təzyiqdə bor-nitridin almaza oxşar kristallik formasını almışlar. Borazonun sıxlığı almazın sıxlığına yaxındır. Lakin almaza nisbətən kövrəkliyi azdır. Borazon 2000 °C-də «işləy» bilir. Almaz isə 900 °C-də havada yanır. Bor-nitridin BN qrafitə və almaza oxşamasının səbəbi bor və azot atomlarının valent elektronlarının iki karbon atomunun valent elektronlarının sayına bərabər olmasıdır:

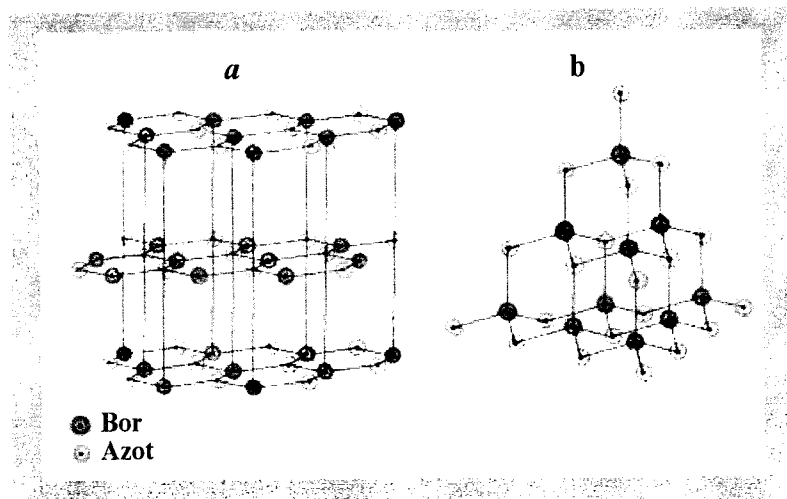


Həmin atomların aralarındakı məsafə də təqribən eynidir (şəkil XVIII-1).

Borun daha bir birləşməsi – karbidi B₄C (əslində B₁₂C₃) almaza oxşayır. Bor-karbid B₄C qara rəngli parlaq kristaldır, 2350 °C-də əriyir. Bərkliyi almazın bərkliyinə yaxındır. Ondan bərk xəlitələrin emalında istifadə edilir. Eyni zamanda B₄C həmin xəlitələrin tərkibinə daxil olur.

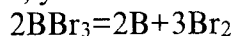
Sənayedə borun alınması, təbii mineralını – boratları turşularla parçalamaqla borat turşusuna çevirmək, sonra onu parçalamaqla borat anhidridi alınması və sonuncunun metallarla reaksiyasına əsaslanmışdır:





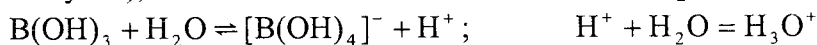
Şəkil XVIII-1. Bor-nitrid kristallarının quruluşu:
 a-heksaqaonal bor-nitrid;
 b-borazonun quruluşu.

Metallarla qarşılıqlı təsirdə olduğuna görə alınan bor çirklənmiş halda olur. Təmiz bor buxar halda olan BBr_3 -ü közərmis tantal, yaxud volfram sap üzərində parçalamaqla alınır:

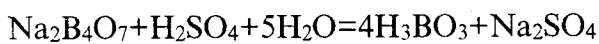


Borat (ortoborat) turşusu H_3BO_3 . Ağ rəngli kristallardan ibarətdir. Suda az həll olur (100 q suda 5 q). Qızdırdıqda 100°C -də bir molekul su itirir, metaborat turşusuna HBO_2 çevrilir. Qızdırmanı davam etdirdikdə suyunu itirir B_2O_3 -ə çevrilir.

Arrenius nəzəriyyəsinə əsasən borat turşusu turşu dissosiasiyasına uğramır. Ondan H^+ ionu ayrılmaz (sudan H^+ ayrılır), suda həll etdikdə tetrahidroksiborat kompleks ionu əmələ gəlir:

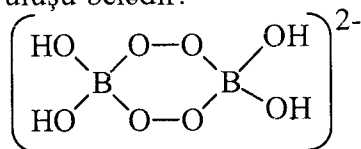


Borat turşusu antiseptik xassəlidir, ondan tibbdə dezinfeksiyaedici vasitə (bor mazı, bor suyu) kimi istifadə edilir. Borat turşusu tetraborat turşusunun duzlarına sulfat turşusu ilə təsir etməklə alınır:

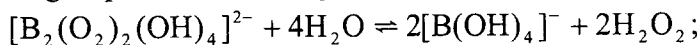


Natrium-tetraborat (boraks) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Ağ kristallik tozdu. Qaynayan suda yaxşı həll olur. Borun digər birləşmələrinin alınmasında xüsusi şüşə növlərinin istehsalında, mina təbəqəsinin alınmasında və mikrogübrə kimi tətbiq edilir.

Natrium-peroksiborat $\text{NaBO}(\text{O}_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yaxud $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Burada birinci formul bu duz peroksibirləşmədir, ikinci formul həmin duzda hidrogen-peroksid olduğunu göstərir. Həmin duzun anionunun quruluşu belədir:

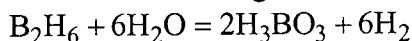


Suda məhlulda hidrogen-peroksid əmələ gətirməklə qismən parçalanır:

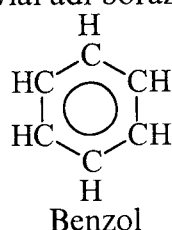


Yuyucu və ağardıcı vasitə kimi istifadə edilir. Ağardıcı təsiri qaynar suda hidrogen-peroksidin parçalanmasından atomar oksigen ayrılması ilə əlaqədardır.

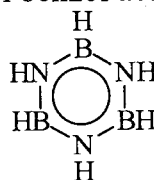
Boranlar – B_nH_{n+4} və B_nH_{n+6} ($n=2-20$). B_2H_6 -diboran, B_5H_9 -pentaboran, B_6H_{10} -heksaboran, $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ -dekaboran. Qaz, maye və bərk halda olan pis iyli maddələrdir. Rütubətli havada tüstülənirlər. Səbəbi hidrolizə uğramalarıdır:



Borazin $\text{B}_3\text{H}_6\text{N}_3$. Trivial adı borazoldur, qeyri-üzvi benzol adlandırılır:



Benzol



Borazin

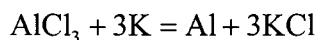
Borazin rəngsiz mayedir. Suda həll olur və tədricən H_2 , NH_3 və H_3BO_3 əmələ gətirməklə parçalanır.

§ 3. Alüminium

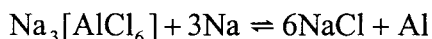
Alüminium dövrü sistem cədvəlinin III A qrup elementidir. Atom nömrəsi 13-dür. Nisbi atom kütləsi 26,98154-ə bərabərdir. Davamlı ^{27}Al izotopundan ibarətdir.

Kəşfi tarixi. Alüminium birləşmələri qədimdən məlumdur. Bizim eradan əvvəl V əsrdə qədim Misirdə kalium-alüminium zəyini $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ almışlar və ondan aşılavıcı maddə kimi istifadə etmişlər. Qədim romalılar zəyi «alumen» adlandırmışlar, alüminium adı da buradan götürülmüşdür.

Lakin sərbəst alüminiumu ilk dəfə 1825-ci ildə isveç alimi Q.Ersted almışdır. O, alüminium-xloridə kalium amalqaması ilə (civə ilə xəlitəsi) təsir etməklə alüminium amalqamasını almışdır. Alınan amalqamadan qızdırmaqla civəni kənar etdikdə alüminium boz toz halında alınmışdır:



1854-cü ildə fransız kimyaçısı A.E.Devel daha səmərəli üsulla, natrium və alüminiumun ikiqat xloridinə natriumla təsir etməklə alüminium almışdır:



1866-cı ildə ABŞ-da Ç.M.Xoll və Fransada P.E.Eru eyni zamanda bir-birindən asılı olmadan alüminium-oksidlə kriolitə ərintisinin elektrolizindən alüminium almışlar. Hazırda alüminium sənayedə bu üsulla alınır.

Təbiətdə yayılması. Yer qabığının kütləsinin 8,05 %-ni alüminium təşkil edir. Yer qabığında yayılmasına görə oksigen və silisiumdan sonra üçüncü yeri tutur. Yerin dərinliklərində daha çox alüminium olduğunu ehtimal edirlər. Kimyəvi fəallığı yüksək olduğuna görə yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Tərkibində alüminium olan yüzlərlə mineral məlumdur. Bunlardan alümosilikatlar daha geniş yayılmışdır.

Alümosilikatlara ortosilikat SiO_4 tetraedrinin qismən AlO_4 tetraedri ilə əvəz olunmuş silikatlar kimi baxmaq olar. Si^{4+} ionunun Al^{3+} ionu ilə əvəz olunması nəticəsində artıq mənfi yük hər hansı kationla kompensasiya olunur. Maraqlıdır ki, alüminium və silisium hər ikisi alümosilikatlarda sp^3 hibridləşməsi vəziyyətindədir.

Alümosilikatlardan çöl şpatları daha geniş yayılmışdır. Onların əsas nümayəndələri ortoklaz $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ və ya $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, anortit $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ və ya $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ minerallarını göstərmək olar. Alunit $\text{KAl}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$ və nefelinin $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ praktik əhəmiyyəti daha çoxdur. Azərbaycanda Daşkəsən rayonunda alunit yataqları var. Dağ süxurlarının aşınması nəticəsində gilin əsasını təşkil edən kaolinit $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ əmələ gəlmişdir. Çox vaxt gildə dəmir birləşmələri olur. Ona görə də gil qonur rəngdə olur. Lakin ağ gil yataqlarına da rast gəlinir.

Alüminiumun təbiətdə tapılan birləşmələrindən korundu Al_2O_3 , boksiti $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ və krioliti $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ göstərmək olar. Qiymətli yaqut və safir daşları rəngli xrom-oksidi (yaqutda), titan və dəmir oksidləri (safirdə) qarışığı olan korunddur.

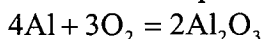
Fiziki xassələri. Alüminium gümüşü-ağ rəngli yüngül metaldir. Sıxlığı $2,699 \text{ q/sm}^3$ -dir. $660,24 \text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir, $2500 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə yaxın temperaturda qaynayır. Plastikliyi çox yüksəkdir. Ondən qalınlığı $0,005 \text{ mm}$ olan folqa hazırlamaq olar.

Elektrik cərəyanını yaxşı keçirir, misin elektrik keçiriciliyinin 65%-ni təşkil edir. Səthi çox nazik ($0,00001 \text{ mm}$) möhkəm oksid təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Oksid təbəqəsi alüminiumun parlaqlığını qismən azaldır. Buna baxmayaraq üzərinə düşən işıq şüalarının 90 %-ə qədərini əks etdirir.

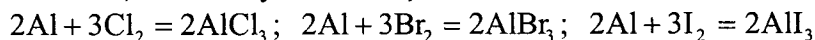
Kimyəvi xassələri. Alüminium atomunun xarici energetik səviyyəsində üç elektron var $_{13}\text{Al } 2; 8; 3 \text{ } 3s^2 3p^1$. Alüminium üçün +3 oksidləşmə dərəcəsi xarakterikdir. Üçvalentli olur. Oksidləşmə dərəcəsi +2 və +1 olan alüminium birləşmələri var.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi alüminiumun səthi möhkəm qoruyucu oksid təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Ona görə də oksigenlə xırdalanmış halda yüksək temperaturda birləşir. Bu

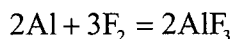
zaman çoxlu miqdarda istilik ayrılır ($\Delta H_{298}^{\circ} = -1650 \text{ kC/mol}$). Alüminium tozunu oksigen axınında yandırdıqda temperatur 3500°C -yə qədər yüksəlir. Həmin reaksiya əsasında «alüminium bıçaq» düzəldilmişdir. Onun vasitəsilə qalınlığı üç metr olan betonu kəsmək olur:



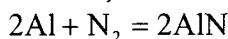
25°C -də alüminium xlor, brom və yodla birləşir:



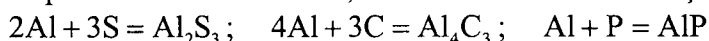
600°C -də flüorla birləşir:



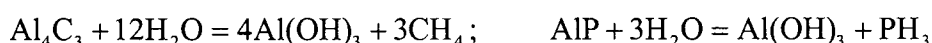
800°C -də toz halında alüminium azotla birləşir:



Güclü sürətdə qızdırdıqda alüminium kükürd, karbon və fosforla birləşir:



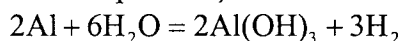
Su AlN , Al_2S_3 , Al_4C_3 və AlP -yi parçalayır.



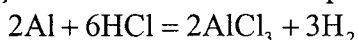
Alüminium-fosfidin su ilə reaksiyasından taxıl saxlanılan anbarlarda dezinfeksiya məqsədilə istifadə edilir. Rütubətli havada AlP tədricən parçalanır və ayrılan PH_3 mikroorqanizmləri məhv edir.

Gündəlik praktikada məlumdur ki, alüminium su ilə reaksiyaya girmir. Bunun səbəbi onun səthindəki qoruyucu oksid təbəqəsidir. Oksid təbəqəsi təmizlənmiş alüminium su ilə reaksiyaya girir.

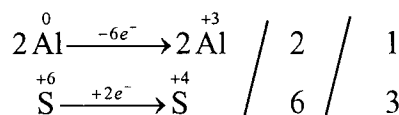
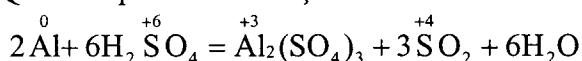
Alüminium lövhəni 10% -li NaOH məhluluna saldıqda Al_2O_3 təbəqəsi həll olur. Hidrogen çıxmağa başladıqda lövhəni çıxarıb səthini yuyub və 1% -li HgCl_2 məhlulu ilə isladılmış pambıqla sildikdə, alüminium civəni çıxarır. Ayrılan civə alüminiumla amalqama əmələ gətirir. Səthi amalqalanmış alüminiumun üzərində su ilə reaksiyadan alüminium-hidroksid qatı tədricən qalınlaşır. Amalqalanmış alüminiumu suya saldıqda hidrogen ayrılır:



Müxtəlif qatılıqlı xlorid turşusu alüminiumu asanlıqla həll edir:

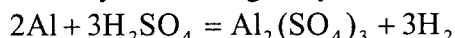


Çox qatı sulfat (90% -dən yüksək) və nitrat turşusu (68% -dən yüksək) soyuqda alüminiuma təsir etmir. Qızdırdıqda həmin turşular alüminiumla reaksiyaya girirlər:



Qızdırdıqda qatı nitrat turşusu ilə reaksiyada nitrat duzu və azot oksidləri qarışığı alınır. Ona görə də həmin reaksiyaları bir tənliklə ifadə etmək doğru deyil.

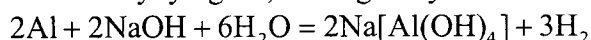
Duru sulfat turşusu ilə reaksiyada hidrogen ayrılır:



Duru nitrat turşusunun alüminiumla reaksiyasından əsasən NO alınır:



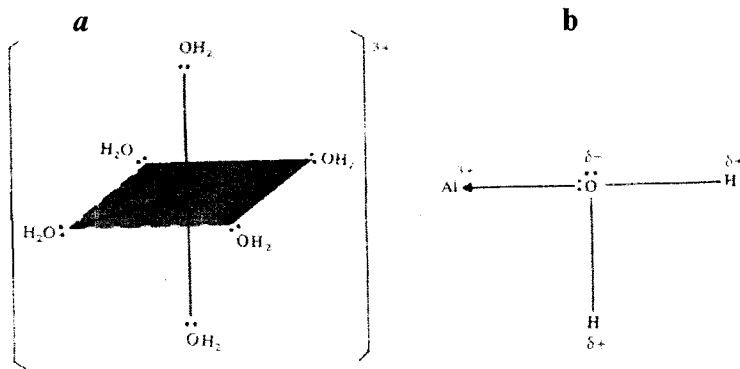
Alüminium qələvilərlə reaksiyaya girir, hidrogen ayrılır və alüminat əmələ gəlir:



Reaksiya əvvəlcə zəif gedir, sonra səthdəki oksid təbəqəsi həll olduqca sürətlə gedir.

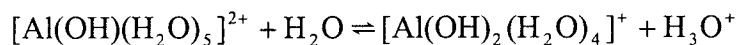
Suda məhlulda Al^{3+} ionu koordinasiya olunmuş su molekulları ilə stabilləşir və heksaakvoalüminium ionu $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ şəklində mövcud olur. Al^{3+} ionunun əmələ gəlməsi üçün lazım olan yüksək ionlaşma enerjisi, $\text{Al}-\text{OH}_2$ rabitələri əmələ gələrkən ayrılan enerji

ilə kompensasiya edilir. Su molekulları Al^{3+} ionunun sərbəst orbitalları və oksigen atomunun kimyəvi rəbitəyə sərflənməmiş elektron cütü hesabına koordinasiya olunurlar.

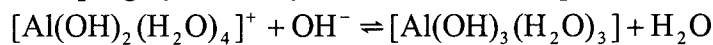


Şəkil XVIII-2. [Al(H₂O)₆]³⁺ ionunun (a) və polyar O-H rəbitəsinin (b) quruluşu.

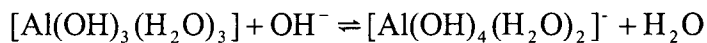
Ona görə də O-H rəbitəsi sərbəst H₂O molekulunda O-H rəbitəsinə nisbətən daha çox polyarlaşır, hidrogenin müsbət yükü daha çoxdur. Qismən müsbət yüklü hidrogen atomunu əsas cəzb edir. Hansı ki, sonuncu, yəni əsas koordinasiya olunmuş su molekulunda protonu qəbul edə bilər. Həllədiçi olan su molekulu özü əsas ola bilər, yəni protonu birləşdirərək H₃O⁺ ionu əmələ gətirir:



Nəticədə məhlulda hidroksonium ionları əmələ gəlir, məhlul turşu xassəli olur. Əslində bunlar alüminium duzlarının hidrolizidir. Qüvvətli əsaslar (OH⁻, CO₃²⁻, S²⁻) olduqda H₃O⁺ ionu kənar edilir, tarazlıq sağa yönəlir. Qüvvətli əsas üçüncü protonu da kənar edə bilər.



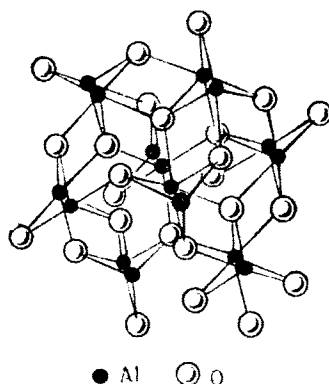
Hidratlaşmış alüminium-hidroksid [Al(OH)₃(H₂O)₃] əmələ gəlir. Hidroksid ionu artıq olduqda, yəni qələvi əlavə etdikdə protonlar çöküntüdən qoparılır:



Məhlulda diakvotetrahidroksialüminat ionu [Al(OH)₄(H₂O)₂]⁻ alınmasına baxmayaraq [Al(OH)₄]⁻ şəklində yazılır və tetrahidroksialüminat yaxud sadəcə olaraq alüminat ionu adlanır. Turşu məhlulu əlavə etdikdə alüminium-hidroksid çökür. Turşu artıq olduqda çöküntü həll olur.

§ 4. Alüminium-oksidi

Alüminium-oksidi çox bərk maddədir. Çətin əriyəndir. 2072 °C-də əriyir. Üç kristallik modifikasiyası var: α-Al₂O₃ (rombik) daha davamlıdır. Onun kristalında alüminiumun koordinasiya ədədi 6, oksigenin koordinasiya ədədi isə 4-dür.



Şəkil XVIII-3. Korund α-Al₂O₃ quruluş tipli - A₂B₃ tərkibli birləşmənin koordinasiya qəfəsi.

α - Al_2O_3 təbiətdə korund mineralı şəklində tapılır.

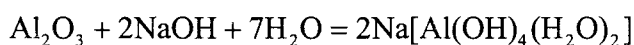
Al – O – Al rabitəsinin çox möhkəm olması alüminium-oksidin ərimə temperaturunun və bərkliyinin yüksək olmasına səbəb olmuşdur. Bərkliyinə görə yalnız almazdan, karborunddan və elbordan (bor-nitriddən BN) geri qalır. Ona görə də ondan abraziv (cilalayıcı) və odadavamlı materiallar hazırlayırlar. Süni surətdə alınan korund monokristalından dəqiq mexanizmlərin dayaq daşları hazırlanır. Süni yaqutdan (Cr^{3+} qarışığı olan Al_2O_3) lazerlərdə kvant generatorları hazırlanır.

Kristallik Al_2O_3 kimyəvi cəhətdən çox davamlıdır, su və turşular ona təsir etmir. Yalnız uzun müddət qızdırdıqda qələvilərlə reaksiyaya girir.

Alüminium-oksidin kristallik formalarından başqa amorf forması da var. Onu alüminium-hidroksidi $\text{Al}(\text{OH})_3$ susuzlaşdırmaqla alırlar:

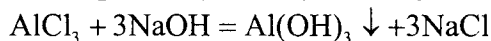


Amorf Al_2O_3 turşu və qələvilərlə reaksiyaya girir, amfoter oksiddir.

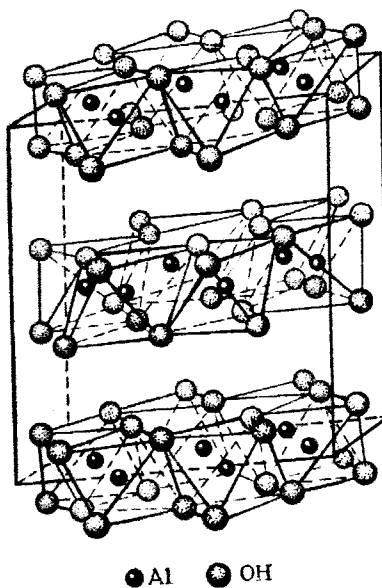


§ 5. Alüminium-hidroksid

Alüminium duzlarının məhluluna qələvilərlə təsir etdikdə mübadilə reaksiyası nəticəsində alüminium-hidroksid ağ həlməşikvari çöküntü şəklində alınır:

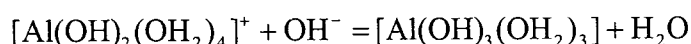
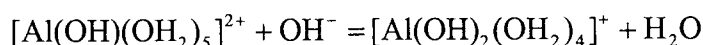
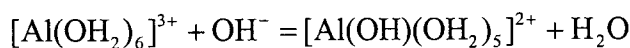


Təbii alüminium-hidroksid hidrargillit mineralı adlanır. Kristallik qəfəsi layvaridir.

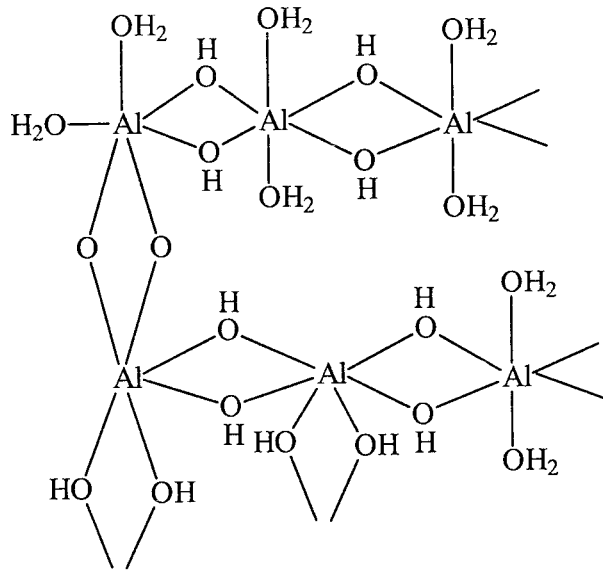


Şəkil XVIII-4. Hidrargillitin $\text{Al}(\text{OH})_3$ quruluşu.

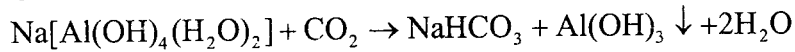
Alüminium-hidroksidin yuxarıdakı alınma reaksiyası, reaksiyanın mexanizmini əks etdirmir. Bildiyimiz kimi məhlulda Al^{3+} ionu $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ akvokompleksi formasındadır. Qələvi ilə təsir etdikdə su molekulları tədricən OH^- ionları ilə əvəz olunur:



Eyni zamanda çoxnüvəli kompleks əmələ gətirməklə polimerləşmə baş verir. Nəticədə dəyişkən tərkibli $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ çöküntüsü alınır:



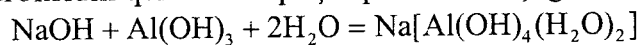
Qaldıqca çöküntü suyunu itirir, kristallik $\text{Al}(\text{OH})_3$ alınır, aktivliyini itirir və köhnəlir. Kristallik $\text{Al}(\text{OH})_3$ alüminatın qələvi məhlulundan CO_2 buraxmaqla alınır:



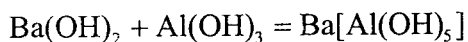
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -nin dehidratlaşmasının mexanizmi mürəkkəbdir. Dehidratlaşma şəraitindən asılı olaraq alınan Al_2O_3 -ün aktivliyi müxtəlif olur. Dehidratlaşmış hidrokسيدlərdən biri silikagel kimi istifadə edilən adsorbent – alümogeldir.

Alüminium-hidroksid tipik amfoter hidrokسيدdir. Təzə çökdürülmüş $\text{Al}(\text{OH})_3$ turşularda və qələvilərdə həll olur. Birinci halda alüminium kationun, ikinci halda anionun tərkibində olur. Duzlarının turş məhlulundan $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ tərkibli kristalhidratlar ayrılır.

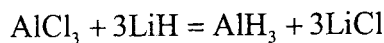
Alüminium-hidroksidin qələvilərlə qarşılıqlı təsirinə aşağıdakıları göstərmək olar:



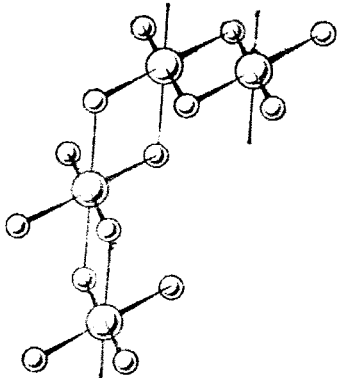
Qələvinin miqdarı çox olduqda $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ əmələ gəlir:



Alüminium-hidrid (AlH_3)_n. Alüminium hidrogenlə bilavasitə reaksiyaya girmir. Onun hidridi efir məhlulunda AlCl_3 -ə litium-hidridlə təsir etməklə dolaylı yolla alınır:

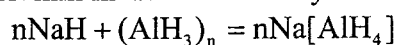


Alüminium-hidrid AlH_3 ağ tozdur. O, polimer birləşmədir, ona görə də formulu $(\text{AlH}_3)_n$ kimi yazılır. Onda alüminium atomları hidrogen atomları vasitəsilə birləşirlər.



Şəkil XVIII-5. Alüminium-hidridin $(\text{AlH}_3)_n$ quruluşundan fraqment.

Efir məhlulunda alüminium-hidridinin hidridlərlə reaksiyasından hidroalüminatlar əmələ gəlir:



Hidroalüminatlar suyun təsirindən parçalanır. Onlardan üzvi sintezlərdə reduksiyaedici kimi istifadə edilir.

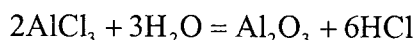
§ 6. Alüminiumun digər birləşmələri, alüminium-sulfat

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ -ağ rəngli kristaldır. Suda yaxşı həll olur. Hidrolizə uğradığından məhlulu turşu reaksiyalıdır. Ondan suyun müvəqqəti codluğunun aradan qaldırılmasında və kaoqulyasiyaedici vasitə kimi istifadə edilir.

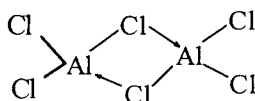
Kalium-alüminium zəyi $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Zəy bunların trivial adlarıdır, kalium-alüminium-sulfat adlandırılmalıdır. Əslində $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ -dan ibarətdir, ikiqat sulfatın kristalhidratıdır. Havada kristallaşma suyunu tədricən itirir, toz halına çevrilir. Ona görə də qapalı qabda saxlanılmalıdır. Ondan toxuculuqda geniş miqyasda istifadə edilir. Fotoqrafiyada aşılavıcı fiksajın tərkibinə daxil olur. Antiseptik maddə kimi tibbdə tətbiq edilir.

Alüminium-asetat $\text{Al}(\text{CH}_3\text{COO})_3$. Odadavamlı və su keçirməyən parçaların hazırlanmasında istifadə edilir.

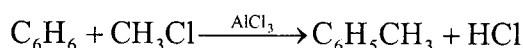
Alüminium-xlorid AlCl_3 . Ağ kristallik maddədir. Havada tüstülənir, su buxarlarını udur, hidrolizə uğrayır:



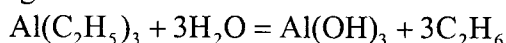
Ayrılan hidrogen-xlorid molekulları havadan H_2O molekulları ilə birləşir, xlorid turşusunun çox kiçik damllarını əmələ gətirir. O da bizə tüstü kimi görünür. Alüminium-xloridi suda həll etdikdə fişiltılı səs alınır. Bunun səbəbi həllolma zamanı ayrılan istilikdən suda həll olmuş qazların və hidroliz nəticəsində əmələ gələn HCl -un ayrılmasıdır. AlCl_3 molekulları ərimiş halda, benzolda məhlulunda və buxarlarında dimerləşmiş vəziyyətdədir:



Susuz alüminium-xloriddən benzol və metil-xloriddən toluol alınmasında (Fridel-Krafts reaksiyasında) katalizator kimi istifadə edilir:



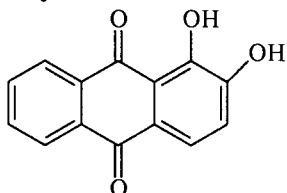
Trietilalüminium $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$. Mayedir, 194 °C-də qaynayır. Havada öz-özünə alovlanır. Su ilə partlayışla reaksiyaya girir:



$\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 \cdot \text{TiCl}_4$ kompleksi Siqler-Natta katalizatoru adlanır. Ondan aşağı təzyiq polietileni alınmasında və müntəzəm quruluşlu kauçuk almaq üçün izoprenin polimerləşməsində katalizator kimi istifadə edilir.

Alüminiumun təyini. 1. Alüminium duzu $\text{Al}(\text{OH})_3$ çöküntüsünə çevrilir. Sonra $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ün

alizarinlə



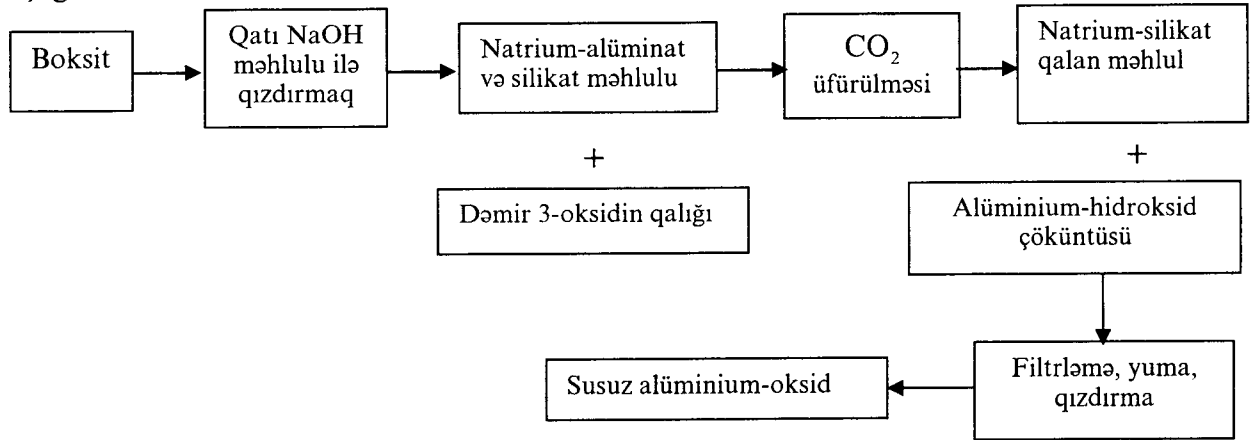
qarşılıqlı təsirindən qırmızı rəng alınır.

2. Alüminium duzu $\text{Al}(\text{OH})_3$ çöküntüsünə çevrilir. Alınan çöküntü kobalt 2-nitratla $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ isladılır və göy rəng alınana qədər közərdilir. Bu zaman ikiqat oksid $(\text{CoAl}_2)\text{O}_4$ əmələ gəlir.

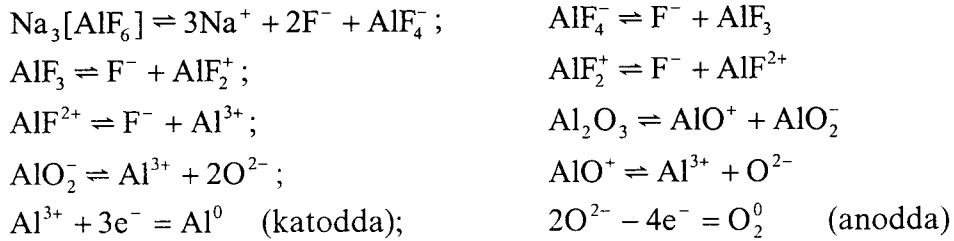
§ 7. Alüminiumun istehsalı

Sənaye miqyasında alüminiumu istehsal etmək üçün xammal, boksitdir. Onda qarışıq şəkildə SiO_2 və Fe_2O_3 olur. Alüminium-oksidi amfoter, silisium və dəmir oksidləri isə

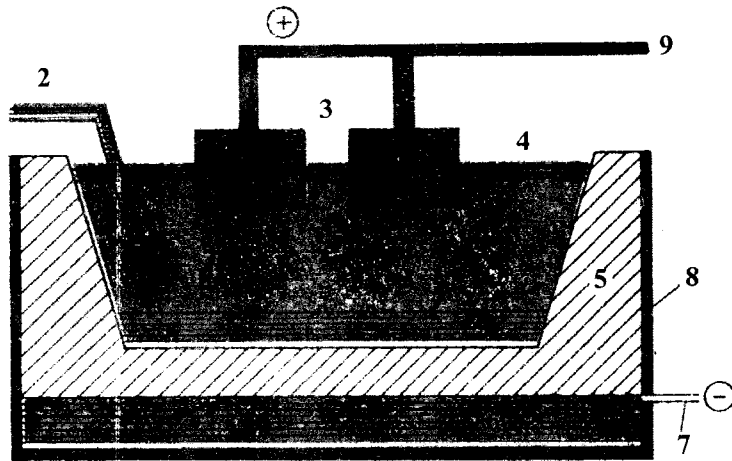
uyğun olaraq turşu və əsasi oksidlərdir. Onların həmin xassələrindən istifadə edərək aşağıdakı sxem üzrə boksitdən təmiz alüminium-oksidi alınır:



Alüminium-oksidi ərintisini elektrolizə uğratmaqla alüminium alınır. Alüminium-oksidi ərimə temperaturu (2050 °C) çox yüksəkdir. Ona görə də onun kriolitlə (natrium-heksahidroksiflüoralüminat) qarışığını elektrolizə uğradırlar. Həmin qarışıq təqribən 962 °C-də əriyir. Elektroliz nəticəsində alüminium və oksigen alınır:



Maye alüminium elektroliz vannasının dibində toplanır, anodda ayrılan oksigen onun materialı ilə CO və CO₂ əmələ gətirir. Anodda cərəyanın sıxlığı 0,7-0,9 A/sm², katodda isə 0,4-0,5 A/sm² olur. Elektrolizerin tipindən asılı olaraq gücü 100-250 kA olur. 1 ton alüminium istehsalına 14-16 min kVt-saat elektrik enerjisi sərf olunur. Sutkalıq məhsuldarlıq 550 kq-dan 1200 kq-a qədər olur. Elektrolizərdən alüminium sutkada 1-2 dəfə boşaldılır.



Şəkil XVIII-6. Alüminium almaq üçün Holl-Eru dövrəsi (5m×3m×1m; 30000 A, 5V): 1-Al₂O₃ və CaF₂, AlF₃ əlavə edilmiş (kriolitə ərimə aşağı salmaq üçün) əridilmiş Na₃AlF₆ elektroliti; 2-ərinmiş alüminiumun götürülməsi; 3-anod kömür bloku; 4-ərinmiş alüminiumu oksidləşmədən qorumaq üçün Al₂O₃(bark) örtük; 5-kömür katod; 6-izolyasiya; 7-katod və 9-anod naqilləri; 8-polad vanna.

Alüminiumun tətbiqi. Hazırda alüminium çox geniş miqyasda tətbiq edilir. Bunun əsas səbəbi sıxlığının az olması və karroziyaya qarşı davamlı olmasıdır. Toksik olmadığına görə yeyinti məhsullarını qablaşdırmaq üçün ideal materialdır. İstiliyi yaxşı keçirdiyinə görə termoizolyator kimi istifadə edilir. Ondan müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilən mətbəx əşyaları hazırlanır. Teploizolyasiya xassəsi alüminiumun radiasion istiliyi, yəni infraqırmızı şüaları əks etdirməsinə səbəb olur. 1962-ci ildə ABŞ-da «Exo-1» peyki buraxılmışdır. O diametri 30 metrə bərabər olan plastik örtükdən ibarət şar idi. Səthi nazik alüminium qatı ilə örtülmüşdür. Qabaritin böyük olmasına baxmayaraq çəkisi 62 kq idi.

Vaxtından əvvəl doğulmuş uşaqları alüminium folqaya bükürlər. Bunun səbəbi

alüminiumun bədənini istilik şüalanmasını əks etdirməklə istiliyi saxlamasıdır.

Elektriki yaxşı keçirdiyinə görə bir sıra sahələrdə mis müvəffəqiyyətlə əvəz edir. Konstruksiya materialı kimi dəmirdən üstünlüyü, yüngül olması və korroziyaya qarşı davamlılığıdır. Lakin sərbəst alüminium çox yumşaqdır. Ona görə də onun xəlitələri (Al/Mg yaxud Al/Mg/Cu) təyyarə və gəmiqayırma geniş istifadə edilir. Sərnişin təyyarələrinin çəkisinin $\frac{2}{3}$ -dən $\frac{3}{4}$ -ə qədərini, raketlərin uçucu konstruksiyasının $\frac{1}{20}$ -dən $\frac{1}{2}$ -ə qədərini alüminium təşkil edir. Alüminium tozu və pastası lak-boyaq materiallarının hazırlanmasında istifadə edilir. Alüminium tozunu almaq üçün maye alüminium güclü N_2 və O_2 (2 – 8 %) axını ilə tozlandırılır. Bu zaman alüminium tozunun səthi Al_2O_3 təbəqəsi ilə örtülür. Qaz qarışığında oksigenin miqdarı 2 %-dən az olduqda toz havada öz-özünə alovlanır. O_2 8 %-dən çox olduqda tozlanmaqla yanır.

Alüminium tozu bərk raket yanacağına və partlayıcı maddələrin tərkibinə daxildir.

Hissəciklərinin ölçüsü 20 mkm-ə qədər olan alüminium tozu pirofordur. Avtomobillərin və elektrovozların fənəllərinin reflektoru cilalanmış alüminiumdan düzəldilir.

Poladdan sonra istehsal həcminə görə metalların arasında ikinci yeri tutur. İstehsal olunan alüminiumun təqribən 24 %-i tikintiyə və maşınqayırma, 17 %-i konserv bankaları və qablaşdırma materialları hazırlanmasına, 10 %-i elektrotexnikaya sərf olunur.

Məsələlər

Məsələ 240. 25 q 8 %-li alüminium-xlorid məhluluna 25 q 8 %-li natrium-hidroksid məhlulu əlavə edilmişdir. Alınan çöküntü filtrlənib və közərdilmişdir. Onun tərkibini və kütləsini təyin edin.

Məsələ 241. Qatılığı iki dəfə artması üçün 500 q 6 %-li kalium-sulfat məhluluna neçə qram kalium-alüminium zəyi əlavə edilməlidir?

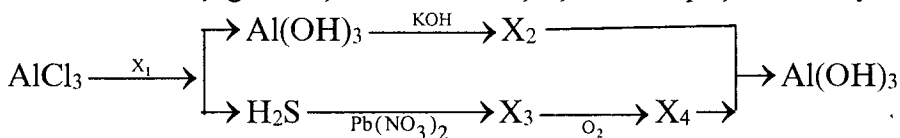
Məsələ 242. Üçatomlu molekulardan ibarət olan A və B qazları var. Bunların hər ikisini kalium-tetrahidroksialüminat məhluluna əlavə etdikdə alüminium-hidroksid çöküntüsü alınır. A və B qazlarını təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 243. Alüminium-hidroksiddən suyun təmizlənməsində istifadə edilir. Onun kolloid hissəcikləri tili 10 nanometr kubik hissəciklərdən ibarətdir. Çöküntünün səthi 1 hektar olan alüminium-hidroksidin kütləsini təyin edin. Alüminium-hidroksidin sıxlığı 3 q/sm³-dir.

Məsələ 244. Alüminium qazanda kartof və kompot bişirdikdə daxili divarı tutqunlaşır, parlaqlığını itirir. Onun parlaqlığını necə bərpa etmək olar?

Məsələ 245. On sınaq şüşəsində aşağıdakı maddələrin rəngsiz məhlulları verilmişdir: NH_4NO_3 , NH_4NO_2 , KNO_3 , KNO_2 , $Ca(NO_3)_2$, $Ba(NO_3)_2$, $Pb(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$. Minimum reaktivlərdən istifadə etməklə onları necə təyin etmək olar?

Məsələ 246. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 247. Alüminium xəstəliyi nədir?

Məsələ 248. Alüminium-karbid və asetilenid qarışığının 2,7 qramının su ilə reaksiyasından 1,344 l (n. ş-də) qaz qarışığı ayrılmışdır. İlkin qarışığın tərkibini hesablayın.

Məsələ 249. Gil, giltorpaq və mergel nədir?

Məsələ 250. Sink və alüminium elektrodlar qalvanometrın kontaktı ilə birləşdirilib və xörək duzu məhluluna salınıb. Qalvanometrda cərəyan - - - - - tərəf hərəkət edir. Məhlula naşatır spirti əlavə etdikdə qalvanometrın əqrəbinin istiqaməti daha da artır. Naşatır spirti əvəzinə natrium-hidroksid məhlulu əlavə etdikdə cərəyan əks istiqamətə axır. Məsələnin şərtindəki boş yeri tamamlayın və təsvir edilən faktları izah edin. Təcrübələrin nəticələri metalların standart elektrod potensialı ilə ziddiyyət təşkil edirmi?

XIX FƏSİL

II QRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. Ümumi xarakteristikaları

İkinci qrupun əsas yarımqrupuna (II A qrupu) s elementlərindən olan berillium, maqnezium, kalsium, stronsium, barium və radium daxildir. Berilliumdan başqa həmin elementlər poliizotropdur. Nüvə partlayışında son dərəcə təhlükəli olan $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotopu əmələ gəlir. Həmin izotop şüa xəstəliyini, qan leykoz və sümükdə sarkoma xəstəliyini (qorxulu şişlərin bir növü) əmələ gətirir.

II A qrupu elementlərinin atomlarının xarici energetik səviyyəsində əks spinli iki (s^2) elektron var. Lazımi qədər enerji sərf etdikdə s elektronlardan biri p vəziyyətinə keçir, elektronların hər ikisi qoşalaşmamış olur. Ona görə də II A qrupu elementlərinin oksidləşmə dərəcəsi +2 olur. EX_2 molekulu əmələ gəldikdə s və p elektronları hibridləşirlər, molekul xətti quruluşlu olur X-E-X . Belə quruluşlu molekulun dipol momenti sifıra bərabər olur.

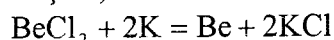
Kalsium yarımqrupu elementləri Ca, Sr, Ba, Ra *qələvi-torpaq elementləri* adlanır. Onların oksidlərini əkimyaçılar «torpaq» hesab etmişlər və suya qələvi xassə verirlər.

II B qrupu elementlərinə sink, kadmium və civə aiddir. Onlarda 4; 5 və 6-cı dövrlərin d elementləri dekadaları bitir. Atomlarının elektron konfigurasiyası $d^{10}s^2$ -dir. II B qrupu elementləri ilə II A qrupu elementlərinin oxşarlıqlarının səbəbi xarici energetik səviyyələrində iki s elektronu olmasıdır. Lakin, bu oxşarlıq tam deyil, II A qrupu elementlərində xaricdən əvvəlki energetik səviyyədə 8 elektron (s^2p^6) olduğu halda IIB qrupu elementlərində 18 elektron var. I B qrupu elementlərindən fərqli olaraq II B qrupu elementlərinin xaricdən əvvəlki energetik səviyyə sabitdir, elektron vermir. Onlarda kimyəvi rəbitədə yalnız xarici s elektronları iştirak edir.

Sink və kadmiumun oksidləşmə dərəcəsi +2 olur. Civə birləşmələrində +2 oksidləşmə dərəcəsi başqa, formal olaraq +1 oksidləşmə dərəcəsi (Hg_2^{2+}) göstərir. Civənin bir sıra xassələri sink və kadmiumdan fərqlidir. Bunun səbəbi onlardan fərqli olaraq civədə lantanoid sıxlaşmasının olmasıdır.

§ 2. Berillium

Berillium element kimi 1798-ci ildə L.Voklen (fransa) tərəfindən kəşf edilmişdir. Onu metal halında 1828-ci ildə Völer almışdır, berillium-xloridə kaliumla təsir etmişdir:

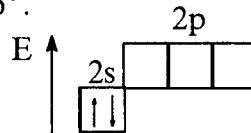


Təbiətdə yayılması: Çox nadir elementdir, yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Vacib mineral berildir— $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$. Beril mineralında 0,3 % Cr_2O_3 olduqda zümrüd adlanır. Həmin mineral yaşıl rənglidir. Onda dəmir qarışığı olduqda yaşıl-mavi rəngli olur və akvamarin adlanır. Bunlar bəzək daşlarıdır. Berilliumun digər minerallarından fenakit Be_2SiO_4 , xrizoberil $(\text{BeAl}_2)\text{O}_4$ və s. göstərmək olar.

Fiziki və kimyəvi xassələri: Atom nömrəsi 4-ə bərabərdir. Nisbi atom kütləsi 9,01218-dir. Təbii berillium yalnız ^9Be izotopundan ibarətdir. Berillium dövrü sistem cədvəlində yalnız bir stabil izotopu olan, sıra nömrəsi cüt olan yeganə elementdir.

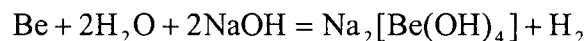
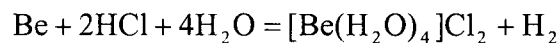
Açıq-boz rəngli metaldır. Çox bərkdir. Qarışığı olduqda kövrək olur. 1284 °C-də əriyir, 2450 °C-də qaynayır. Yüngül metaldır. Sıxlığı $1,848 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Müqayisə üçün qeyd edək ki, alüminiumun sıxlığı $2,70 \text{ q/sm}^3$ -dir. En kəsiyi 1mm^2 olan məftil 60 kq-a yaxın yükü saxlayır. Həmin ölçüdə alüminium məftil isə 11,4 kq yük saxlayır. Berillium yüksək temperaturda da möhkəmliyini saxlayır.

Atomunun elektron quruluşu belədir: $Be 2; 2 \quad 1s^2 2s^2 2p^0$.

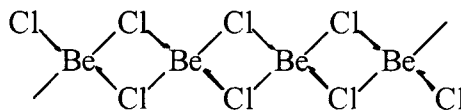


Bu yalnız bir atom berilliumun quruluşunu göstərir. Digər atomlarla birləşdikdə 2s yarım səviyyəsindən elektronlardan biri 2p yarım səviyyəsinə keçir və ikivalentli olur. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +2-yə bərabərdir.

Otaq temperaturunda üzəri oksid təbəqəsi ilə örtülür. Həmin oksid təbəqəsi metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur. Soyuq su ilə reaksiyaya girmir. Bunun səbəbi metalın su ilə reaksiyasından əmələ gələn, az həll olan berillium-hidroksidin metalın su ilə reaksiyasının qarşısını almasıdır. Qaynar su ilə reaksiyaya girir. Qızdırdıqda berillium halogenlər, kükürd, azot, karbon və digər qeyri-metallarla birləşərək $BeCl_2$, BeS , Be_3N_2 , Be_2C tərkibli birləşmələr əmələ gətirir. Bilavasitə hidrogenlə birləşmir. Turşular və qatı qələvi məhlulu ilə reaksiyaya girir:

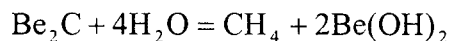


Susuz halda berillium-xlorid polimerləşmiş haldadır:



Ox onu göstərir ki, xlorun kimyəvi rəbitəyə sərf olunmamış elektron cütü (bunlar üç cütdür) berillium atomu ilə kimyəvi rəbitə əmələ gətirir.

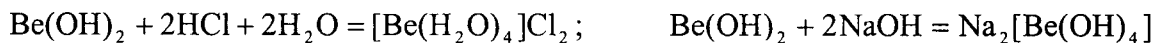
Berillium-karbid metanın törəməsidir. Ona su ilə təsir etdikdə metan alınır:



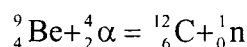
Berillium-oksidi 2530 °C-də əriyir. Suda həll olmur. Közərdilmiş berillium-oksidi tozu turşular və qələvilərdə həll olur:



Berillium-hidroksid də amfoter xassəlidir:



Tətbiqi: Berilliumdan nüvə texnikasında, təyyarə və raketqayırmada istifadə edilir. 1932-ci ildə ingilis fiziki C.Çedvik müəyyən etmişdir ki, berilliumu α -hissəciklərlə bombardman etdikdə yeni elementar hissəcik alınır:



Bu yolla neytron kəşf edilmişdir. Berilliumun mislə xəlitəsindən hazırlanan detallar aviasiyada geniş tətbiq olunur. Müasir təyyarələrdə mindən artıq detal həmin xəlitələrdən hazırlanır. Belə xəlitələrdən hazırlanan yay demək olar ki, elastikliyi itirmir. Onlar 20 milyondan çox deformasiyaya davam gətirir. İkinci dünya müharibəsində Hitlerin hərbi sənayesi berillium xammalı mənbəyindən məhrum olmuşdur. Onlar neytral ölkə olan İsveçrədən istifadə etməklə berillium əldə etmək istəmişlər. Həmin metalın mənbələri və istehsalı ABŞ-in əlində olmuşdur. Amerika firmaları İsveçrə saat ustalarından saat yayları üçün əlli il bundan sonra da daxil olmaqla bütün dünyanın ehtiyacını ödəyəcək dərəcədə sifariş almışdır. Əlbəttə fırladağın üstü açılmışdır və sifariş yerinə yetirilməmişdir.

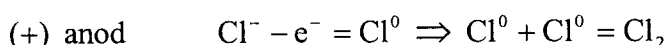
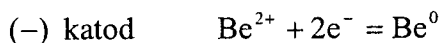
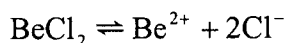
Adi karbonlu poladdan hazırlanan avtomobil resorları 800-850 min təkana dözdüyü halda berilliumlu poladdan hazırlanan resorlar 14 milyon təkana dözür.

Havada davamlı olan metallardan rentgen şüalarını ən çox buraxan berilliumdur. O, alüminiuma nisbətən həmin şüaları 17 dəfə çox buraxır. Ona görə də berilliumdan rentgen boruları üçün «pəncərə» hazırlayırlar.

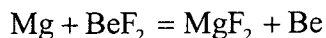
Günəş batareyalarının panelləri və kosmik gəmilərin üzük hissələri hazırlanmasında berilliumdan istifadə edilir.

Alınması. Berilliumlu konsentrat (zənginləşdirilmiş filiz) əvvəlcə əhənglə bişirilir, sonra sulfat turşusu ilə emal edilir. Alınan $BeSO_4$ -dən $Be(OH)_2$ alınır. Berillium-hidroksid oksidə

çevrilir. Oksid kömür iştirakı ilə xlorlaşdırılır. Alınan BeCl_2 -nin ərimə temperaturunu aşağı salmaq üçün NaCl ilə qarışdırılır və elektrolizə uğradılır:



Bundan əlavə maqneziumotermik üsulla berillium-flüoriddən berillium alınır:



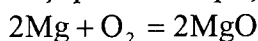
§ 3. Maqnezium

Maqneziumu ilk dəfə 1808-ci ildə H.Devi almışdır.

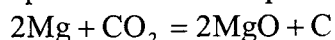
Təbiətdə yayılması. Yer qabığında yayılmasına görə səkkizinci yeri tutur. Birləşmiş halda bir çox mineralların tərkibinə daxil olur. Dəniz suyunda Mg^{2+} ionu var. 1 m^3 dəniz suyunda təqribən 4 kq Mg^{2+} var. Dünya okeanında maqneziumun ümumi kütləsi $6 \cdot 10^{16}$ tondan çoxdur. İçməli suda Mg^{2+} ionunun olması codluğa səbəb olur. Bitkilərin yaşıl piqmenti maqneziumun kompleks birləşməsidir. Maqneziumsuz xlorofil ola bilməz. Deməli, maqneziumsuz bizim planetdə həyat ola bilməzdi. Geniş yayılan minerallarından aşağıdakıları göstərmək olar: maqnezit MgCO_3 , dolomit $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, karnallit $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, kainit $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, kizerit $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, epsomit $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, olivin Mg_2SiO_4 .

Fiziki xassələri. Maqnezium gümüşü-ağ rəngli metaldır. Çox yüngüldür, sıxlığı $1,739 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Möhkəmliyi alüminiuma nisbətən iki dəfə yüksəkdir. Bu yüksək keyfiyyəti onun xəlitələrinin təyyarə sənayesində ön yerlərdən birində olmasını təmin etmişdir. Plastikliyi də yüksəkdir. Ondən nazik təbəqələr hazırlamaq olur. Lakin pis qaynaq edilir və lehimlənir. $651 \text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir, $1107 \text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır.

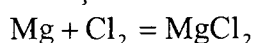
Kimyəvi xassələri. Maqnezium atomunun elektron quruluşu belədir: $_{12}\text{Mg}[\text{Ne}]3s^2$ burada $[\text{Ne}]$ neon atomunun elektron quruluşunu $1s^22s^22p^6$ göstərir. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi $+2$ olur. Havada səthi tutqun ağ rəngli oksid təbəqəsi ilə örtülür. Həmin oksid təbəqəsi metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur. Maqneziumun nazik lentini kibritlə yandırmaq olur. Lakin həmin metalın nisbətən iri parçasını kibritlə yandırmaq olmur. Bunun səbəbi metalı yandırdıqda ayrılan istiliyin asanlıqla metalın yandırılmayan sahəsinə yayılması və temperatur aşağı düşdüyündən reaksiyanın dayanmasıdır. Maqnezium lenti çox parlaq ağ alovla yanır. Bu zaman çoxlu istilik ayrılır. 20 q maqneziumu yandırdıqda ayrılan istiliklə 1 l buzlu suyu qaynatmaq olar. Əvvəllər maqneziumdan fotoqrafiyada obyektə işıqlandırmaq üçün istifadə edirdilər:



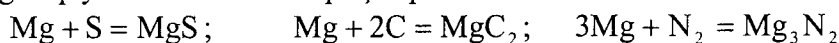
Yanan maqnezium lentini karbon qazı ilə dolu olan qaba saldıqda yanmaqda davam edir:



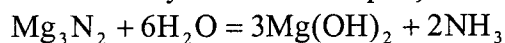
Maqnezium halogenlərlə fəal surətdə birləşir:



Qızdırdıqda digər qeyri-metallarla da qarşılıqlı təsirdə olur:

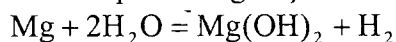


Maqnezium-nitrid yaşılımtıl tozudur. Suyun təsirindən parçalanır:

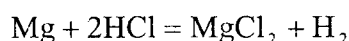


Ona görə də havada yandırılmış maqnezium tozu ammoniyak iyi verir. Maqnezium soyuq su ilə demək olar ki, reaksiyaya girmir. Bunun səbəbi metalın səthində əmələ gələn

Mg(OH)₂-in soyuq suda pis həll olması və metalın su ilə reaksiyasının qarşısını almasıdır. Lakin maqnezium qaynar sudan asanlıqla hidrogen çıxarır:

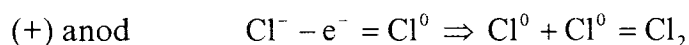


Turşularda da həll olur:

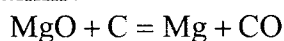


Qələvilər maqneziuma təsir etmir.

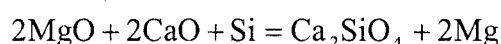
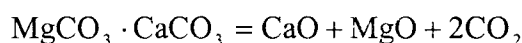
Alınması. Maqnezium-xloridin digər xloridlərlə qarışığının ərintisini elektrolizə uğratmaqla maqnezium metalı alınır. Proses 740 °C-də aparılır. Katod poladdan, anod isə grafitdən hazırlanır:



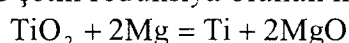
Son vaxtlar maqnezium termiki üsulla alınır:



Dolomitin yandırılmasından alınan CaO və MgO qarışığını da reduksiya etmək olur. Bu zaman reduksiyaedici kimi silisiumdan istifadə edilir:



Tətbiqi. Maqnezium vasitəsilə çətin reduksiya olunan metalları almaq olur:

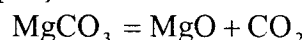


Sirkonium və vanadiumu da bu yolla almaq olur. Bu üsul maqneziumotermiya adlanır. Maqnezium tozu oksigeni asan verən maddələrin (KClO₃, KNO₃) qarışığı ilə birlikdə işıqlandırıcı raketlərdə tətbiq edilir. Maqneziumun aktivliyi onun tətbiqinin daha bir vacib sahəsi ilə əlaqədardır. Maqnezium təbəqəsini keçirici vasitəsilə metal konstruksiya ilə birləşdirdikdə güclü qalvanik element alınır. Maqnezium sərf olunub qurtarana qədər metal qurğu korroziyadan qorunur. Dənizdə neft mədənlərində estakadalar bu yolla korroziyadan qorunur. Neft Daşlarında qurğularda bu üsuldən istifadə edilir. Maqnezium xəlitələrini termiki emal etdikdən sonra möhkəmlikləri artır. Onlar yüngüldürlər (sıxlıqları 1,84 q/sm³-ə yaxın olur). Maqnitlənmirlər, sürtünmədən və zərbədən qılgıncım vermirlər qaz keçirmirlər. Belə müsbət keyfiyyətlərinə görə həmin xəlitələrdən təyyarəqayırma və nəqliyyat maşınqayırmasında geniş istifadə edilir. Maqnezium xəlitələrinin çatışmayan cəhəti onların korroziyaya qarşı az davamlı olmalarıdır.

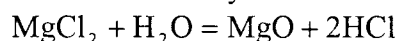
Ona görə də həmin xəlitələrdən hazırlanan detalları möhkəm qoruyucu örtüklər vasitəsilə yaxud süni oksid təbəqəsi yaratmaqla qoruyurlar. Maqneziumdan alkilmaqneziumhalogenidlər alınır. Həmin maddələr Qrinyar reaktivi adı ilə üzvi sintezlərdə geniş istifadə edilir. Adi radiolampaların közərmə teli 800 °C-yə qədər qızdırdıqdan sonra normal işləyir. Ona görə də radio yaxud televizoru mənbəyə birləşdirdikdən sonra səs və şəklin alınması üçün bir qədər gözləmək lazım gəlir. Bu çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün katod lampalarının üzərini maqnezium-oksidlə örtürlər.

§ 4. Maqneziumun birləşmələri

Maqnezium-oksid MgO. Texniki adı yanmış maqneziumdur. Ağ rəngli tozdur, 2800 °C-də əriyir. Maqnezium karbonatın parçalanmasından alınır:



Maqnezium-xloridin qaynar su buxarı ilə reaksiyasından da maqnezium-oksid almaq olur:

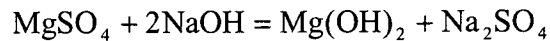


Əsasi oksiddir. Güclü sürətdə qızdırdıqdan sonra kimyəvi fəallığını itirir. Ondan rezin istehsalında doldurucu kimi, neft məhsullarının təmizlənməsində və odadavamlı materiallar

istehsalında tətbiq edilir. Tibbdə mədə şirəsinin turşuluğu artıq olduqda neytrallaşdırıcı vasitə kimi tətbiq edilir.

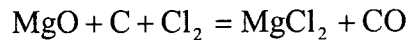
Maqnezium-oksidi maqnezial sementin əsas komponentlərindəndir. Onu maqnezium-oksidi qatı maqnezium-xlorid məhlulu ilə qarışdırılmasından alırlar. Alınan küləbənzər kütlə su udaraq bir neçə saatdan sonra bərkirir, mərmər kimi monolit möhkəm materiala çevrilir. Maqnezial sementin kimyəvi tərkibi maqnezium-hidroksixloriddən $Mg(OH)Cl$ ibarətdir. Maqnezial sementdən doldurucu və yüngül tikinti materialı kimi istifadə edilir.

Maqnezium-hidroksid $Mg(OH)_2$. Ağ tozdur. Suda çox zəif həll olur. Maqneziumun suda həll olan duzuna qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə pambıqvari çöküntü halında $Mg(OH)_2$ alınır:

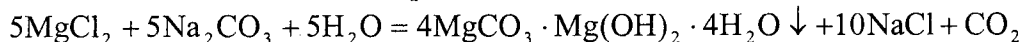


Ammonium duzları iştirak etdikdə alının maqnezium-hidroksid həll olur.

Maqnezium-xlorid $MgCl_2$. Suda məhlulundan $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ şəklində ayrılır. Kristalhidratı çox hiqroskopikdir. Susuz maqnezium-xlorid maqnezium-oksidi ilə kömür qarışığını qızdırmaqla alınır:



Maqnezium-karbonat $MgCO_3$. Təbiətdə maqnezit mineralı şəklində tapılır. Ağ rəngli yumşaq tozdur. Ətriyyat materiallarının hazırlanmasında, kauçuk və kağız istehsalında doldurucu kimi tətbiq edilir. Tibbdə tibb sementinin hazırlanmasında istifadə edilir. Bəzi dərslər vəsaitlərində səhvən göstərilir ki, maqneziumun həll olan duzunun məhluluna karbonat məhlulu ilə təsir etdikdə maqnezium-karbonat alınır:



Normal karbonat $MgCO_3$ almaq üçün məhlula artıq miqdarda CO_2 vermək lazımdır. Maqnezium-karbonatın daha bir tətbiq sahəsi maye oksigeni saxlamaq üçün silindr yaxud şar formasında qab hazırlanmasıdır (istilik itkisi az olması üçün). Hazırlanan həmin qabın daxili və xarici divarı arasında vakuum yaratdıqdan sonra maqnezium-karbonat tozu ilə doldurulur. Belə istilik izolyasiyası ucuz və etibarlıdır.

Maqnezium-perxlorat $Mg(ClO_4)_2$. Texniki adı anhidronundur. Laboratoriyalarda qazları qurutmaq üçün istifadə edilir. Suyu çox hərisliklə udur, $Mg(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$ tərkibli kristalhidrat əmələ gətirir. Həmin kristalhidrat $240^\circ C$ -də suyunu itirir və yenidən istifadə etmək üçün yararlı hala düşür.

Statistika göstərir ki, cənublularda şimalda yaşayanlara nisbətən qan damarının spazması dəfələrlə az olur. Tibb bunu qidalanma ilə izah edir. Maqnezium duzları damarların spazmasının qarşısını alır. Təzə tərəvəz, meyvələr, ərik, şaftalı, rəngli kələm, hətta kartof və pomidor orqanizmin həmin duzlara olan tələbatını ödəyir.

XX əsrin xəstəliklərindən biri olan ümumi yorğunluq və zəiflik maqneziumla əlaqədardır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, yorğun adamların qanında maqnezium sağlam adamlardan azdır.

§ 5. Kalsium

Atom nömrəsi 20-dir. Nisbi atom kütləsi 40,08-ə bərabərdir. Gümüşü-ağ rəngli metaldir. Kütlə ədədləri 40, 42, 43, 44, 46 və 48 olan stabil izotoplardan təşkil olunmuşdur. Bunlardan ən çox yayılan ^{40}Ca (96,97 %) izotopudur.

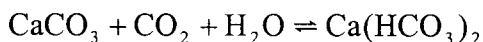
Kalsiumun təbii birləşmələri əhəngdaşı və mərmər qədimdən məlumdur.

Əhəngdən (əhəngdaşının yandırılması məhsulundan) çox qədimdən tikinti materialı kimi istifadə edilir. Uzun müddət əhəngi bəsit maddə «torpaq» hesab etmişlər. 1808-ci ildə ingilis kimyaçısı H.Devi rütubətli sönmüş əhəngi $Ca(OH)_2$ elektrolizə uğratmaqla yeni metal almışdır. H.Devi onu kalsium adlandırmışdır. Kalsium latınca əhəng deməkdir.

Təbiətdə yayılması. Kalsium yer qabığının kütləsinin 2,96 %-ni təşkil edir. Yer qabığında yayılmasına görə oksigen, silisium, alüminium və dəmirdən sonra 5-ci yeri tutur. Kimyəvi

cəhətdən çox fəal olduğundan təbiətdə yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Geniş yayılan birləşmələri aşağıdakılardır: kalsit – CaCO_3 , əhəngdaşı, təbaşir və mərmərin əsasını təşkil edir. İslənd şpatı və araqonit mineralı kalsitin şəkildəyişmələridir. Anhidrit CaSO_4 , gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, flüorit (flüor şpatı) CaF_2 , anortit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, fosforit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, apatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$.

Torpaqda, canlı orqanizmlərdə və təbii süxurlarda kalsium var. 1 l dəniz suyunda təqribən 0,4 q Ca^{2+} ionu var. Xlorid, bromid, bikarbonat və sulfat anionları ilə Ca^{2+} ionu həll olan duzlar formasında dəniz və okeanların suyunda həll olmuşdur. Mərcan poliplərin fəaliyyəti nəticəsində kalsium-hidrokarbonat suda həll olmayan karbonata çevrilir. Həmin karbonatla poliplər orqanizmlərinin skelet hissəsini qururlar. Mərcan polipləri (sualtı qayaları) okeanda yüzlərlə hətta minlərlə kilometr məsafəni əhatə edir. Suda karbon qazı onları tədricən bikarbonata çevirərək həll edir. Lakin mərcan poliplərinin yeni nəsilləri sudan kalsium-hidrokarbonatı mənimsəyərək özlərinin çox nəhəng və möcüzəli örtüklərini yaradırlar. Skeletində kalsium-karbonat olan mikroorqanizmlər məhv olduqdan sonra əhəngdaşı və təbaşir yataqları əmələ gətirirlər. Dağ süxurları və əhəngdaşı laylarından keçən su kalsium-hidrokarbonatla zənginləşir:

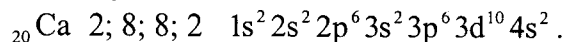


Təbii suların hərəkəti nəticəsində buxarlanma baş verir, karbon qazını itirir, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -nin bir qismi CaCO_3 -ə çevrilir. Mağaralarda stalaktit və stalaqmitlərin əmələ gəlməsi həmin proseslə əlaqədardır. Suyun tədricən buxarlanması nəticəsində mağaraların tavanlarında stalaktidlər əmələ gəlir, onların əksinə aşağıda stalaqmitlər qalxır.

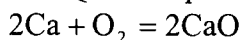
Fizioloji təsiri. Kalsium bitkilər və heyvanlar üçün vacib elementlərdəndir. İnsan orqanizminin kütləsinin 2 %-ni kalsium təşkil edir. Sümüyün mineral maddələrinin 80 %-ni $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 13 %-ni isə CaCO_3 təşkil edir. Bundan başqa kalsium fosfat və limon turşularının duzları formasında qanın zərdabının tərkibində olur. Qanda Ca^{2+} iki funksiya yerinə yetirir. Birinci ürəyin fəaliyyətini gücləndirir, ikincisi qanda həmin ion olmadıqda havada qan laxtalanmır, kiçik bir kəsikdən yaxud cızıqdan qan itkisindən insan ölə bilər.

Fiziki xassələri. Yüngül metaldır. Sıxlığı $1,54 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Kifayət qədər bərkdir. $851 \text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir, $1482 \text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır. Alovu kərpici-qırmızı rəngə boyayır.

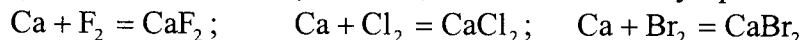
Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir:



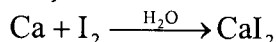
Birləşmələrdə oksidləşmə dərəcəsi +2 olur. İkivalentlidir. Oksidləşmə dərəcəsi +1 olan birləşmələri var: CaF , CaCl , CaBr . Bunlar subhalogenidlər adlanırlar. Yüksək temperaturda kalsiumun CaF_2 , CaCl_2 və CaBr_2 ilə qarşılıqlı təsirindən alınır. Yalnız yüksək temperaturda mövcud olurlar. Kalsium kimyəvi cəhətdən çox fəal metaldır. Havada oksigenlə asanlıqla qarşılıqlı təsirdə olur. Qızdırdıqda alovlanır:



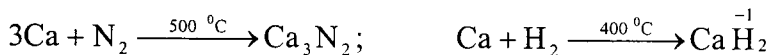
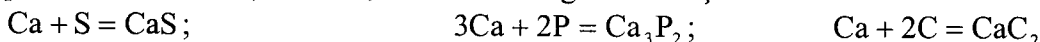
Bilavasitə bütün qeyri-metallarla birləşir. Flüor, xlor və bromla soyuqda belə birləşir:



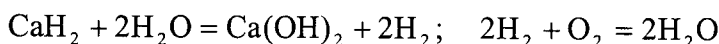
Yodla su buxarları iştirak etdikdə birləşir:



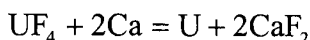
Qızdırdıqda kükürd, fosfor, karbon, azot və hidrogenlə birləşir:



Kalsium-hidrid su ilə reaksiyaya girir, bu zaman ayrılan istilikdən hidrogen öz-özünə alışıb yanır:

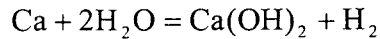


Kalsium qüvvətli reduksiyaedicidir, metalların bir çoxunu sulfidlərindən, oksidlərindən və halogenidlərindən reduksiya edir:

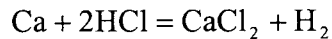


Soyuq su ilə əvvəlcə şiddətlə reaksiyaya girir, sonra reaksiyanın sürəti azalır. Bunun səbəbi

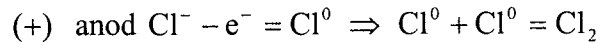
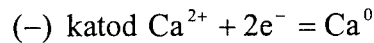
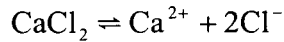
suda az həll olan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -nin metalın səthini örtməsidir:



Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşir. Duru turşulardan hidrogeni çıxarır:



Alınması. Kalsium-xloridlə kalium-xlorid qarışığının ərintisini ($800\text{ }^\circ\text{C}$) elektrolizə uğratmaqla kalsiumu almaq olur:



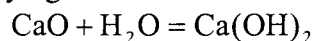
Kalsiumu metallotermik üsulla da almaq olur. $1200\text{ }^\circ\text{C}$ -də vakuumda (10^{-3} mm.c.s.) kalsium-oksidi alüminium tozu ilə reduksiya edirlər:



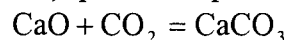
Tətbiqi. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi kalsium metalı fəal reduksiyaedicidir. Ona görə də ondan çətin əriyən nadir metalların uran, torium, vanadium, xrom, sirkonium, berillium, tantal və s. alınmasında istifadə edilir. Oksigen və azotla nisbətən asanlıqla birləşdiyinə görə təsirsiz qazların təmizlənməsində, elektrovakuum borularında vakuum yaratmaq üçün tətbiq edilir. Oksigen, kükürd, fosfor və karbonla birləşdiyinə görə mis, nikel və xüsusi poladlar istehsalında şıxtaya (əridiləcək qarışığa) əlavə edilir. Kalsium antifriksion (sürtünməyə qarşı işlədilən) xəlitələr istehsalında geniş tətbiq edilir. Həmin xəlitələrdən biri kalsium babbiti adlanır. Onun tərkibi belədir: 0,75-1,1 % Ca, 0,65-0,95 % Na, 0,05 % Li qalanı qurğuşundan ibarətdir. Həmin xəlitə sürtünməyə məruz qalan detallara (podşipniklərə) tökülür.

§ 6. Kalsiumun birləşmələri

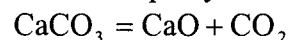
Kalsium-oksidi CaO . Texniki adı sönməmiş əhəngdir. Ağ rəngli tozdur, təqribən $2500\text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir. Közərtildikdə ağ işıq şüalandırır. Təmizlənməmiş texniki kalsium-oksidi boz rəngli olur. Su ilə şiddətlə reaksiyaya girir:



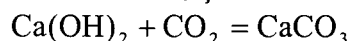
Bu reaksiya ekzotermikdir. Ayrılan istilikdən suyun bir hissəsi buxarlanır. Əsas tətbiq sahəsi tikinti işləridir. Bundan başqa kalsium-karbid istehsalında və kənd təsərrüfatında tətbiq edilir. Havadan CO_2 -ni özünə birləşdirir və keyfiyyətini itirir. Ona görə də istər sönmüş, istərsə də sönməmiş əhəngin açıq havada qalmasına yol vermək olmaz:



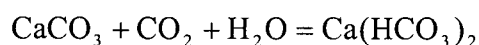
Kalsium-karbonatın parçalanmasından alınır. Texnikada bu proses əhəng daşının yandırılması adlanır. Proses $1100\text{ }^\circ\text{C}$ -də təbii qazı yandırmaqla həyata keçirilir:



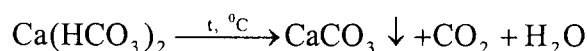
Kalsium-hidroksid $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Texniki adı sönmüş əhəngdir. Suda suspenziyası əhəng südü adlanır. Ağ tozdur. Suda az həll olur. 100 q suda 0,16 q $\text{Ca}(\text{OH})_2$ həll olur. Havada tutqunlaşır, CO_2 ilə qarşılıqlı təsirindən CaCO_3 çöküntüsü alınır:



Tədricən həmin çöküntü həll olur, məhlul şəffəfləşir. Karbonat suda həll olan hidrokarbonata çevrilir:



CaCO_3 -ün termiki davamlılığı $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -yə nisbətən yüksəkdir. Ona görə də $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ qızdırdıqda parçalanır:



Kalsium-hidroksid tikintidə, ağardıcı əhəng istehsalında, Na_2CO_3 -dən NaOH istehsalında,

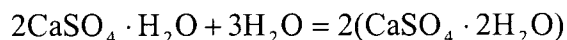
suyun codluğunun aradan qaldırılmasında, dərinin aşılmasında, çirkab sularının neytrallaşdırılmasında, bitkilərin xəstəliklərdən mühafizəsində (kükürdlə qarışığından) və s. tətbiq edilir. Tikintidə işlədilən əhəng məhlulunun optimal tərkibi belədir: 10 % CaO, 15 % H₂O və 75 % qum. Həmin tərkibi almaq üçün kütlə ilə 1 hissə xəmirəbənzər sönmüş əhəng 3 hissə qumla qarışdırılır. Həmin məhlulun bərkiməsini bəzi dərs vəsaitlərində səhv olaraq Ca(OH)₂-nin karbon qazı ilə qarşılıqlı təsirindən kalsium-karbonat əmələ gəlməsi ilə izah edirlər. Əslində ifrat doymuş məhluldan Ca(OH)₂ tədricən ayrılır, kristallaşır və kristalların sıxlaşmasına səbəb olur. Həmçinin kalsiumun silikatları əmələ gəlir. Karbon qazının divarın daxilinə nüfuz etməsi və kalsium-karbonat əmələ gəlməsi çox gec gedən prosesdir. Onun başa çatması üçün yüz illərlə vaxt tələb olunur.

Kalsium-karbonat CaCO₃. Çox yayılmış təbii maddədir. Bir sıra minerallar və çökmə dağ süxurları əmələ gətirir. Kalsit təmiz CaCO₃ olan mineraldır. İslənd şpatı kalsitin təmiz və şəffaf şəkildəyişməsidir. Əhəngdaşı kalsium-karbonatın çökmə dağ süxurudur, onda gil qarışığı olur. Mərmər əhəngdaşının şəkildəyişməsidir, kristallik dağ süxurudur. Təbaşir əhəngdaşının şəkildəyişməsidir, çox kiçik dənəvər kristallardan təşkil olunmuşdur. Tuf bitki qalıqlarının iştirakı ilə karbonatlı süxurların çökməsi nəticəsində əmələ gəlmiş süxurudur. Mergel əhəngdaşının şəkildəyişməsidir, çökmə dağ süxurudur. Tərkibində 50-70 % gil olur. Bunların hər biri geniş miqyasda tətbiq edilir. Əhəngdaşının əsas tətbiq sahələri aşağıdakılardır:

1. Tikinti materialı kimi evtikmədə
2. Közərtməklə sönməmiş əhəng CaO istehsalında
3. Gillə qarışığını bişirməklə sement (kalsiumun alümosilikatları) alınmasında
4. Flyüs kimi çuqun və polad istehsalında
5. Kükürd 4-oksidlə reaksiyasından Ca(HSO₃)₂ alınmasında
6. Nitrat turşusu ilə reaksiyasından kalsium şorası istehsalında
7. Torpaqların turşuluğunun aradan qaldırılmasında və strukturunun yaxşılaşdırılmasında və s. sahələrdə tətbiq edilir.
8. İslənd şpatı Nikol prizmasında polyarizə olunmuş işıq alınmasında istifadə edilir. Mərmərdən heykəltəraşlıqda geniş istifadə edilir. Bundan başqa laboratoriyada karbon qazı mənbəyidir. Üyüdülmüş təbaşirdən divarların ağardılmasında və pəncərə zamazkasının (85 % CaCO₃+15 % əlif yağı) hazırlanmasında istifadə edilir. Çökdürülmüş təbaşir diş pastasının tərkibinə daxil olur. Ondan doldurucu kimi kağız istehsalında da istifadə edilir.

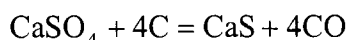
Kalsium-sulfat CaSO₄. Aşağıdakı mineralları əmələ gətirir: gips CaSO₄·2H₂O, anhidrit CaSO₄, alebastr gipsin şəkildəyişməsidir, intensiv-ağ rəngli çox kiçik kristallardan təşkil olunmuşdur, marienglas gipsin şəffaf şəkildəyişməsidir, selenit gipsin zərifli şəkildəyişməsidir.

Gips ağ rəngli kristallik tozudur. Suda az həll olur. 100 q suda 0,2 q gips həll olur. Qızdırdıqda həllolması azalır. Közərtməkdə gips əvvəlcə suyunu qismən itirir, 2CaSO₄·H₂O əmələ gəlir, sonra suyunu tamamilə itirir, susuz CaSO₄-ə çevrilir. 1000 °C-də kalsium-sulfat CaO və SO₃-ə parçalanır. Yandırılmış gips 2CaSO₄·H₂O gipsi 150 °C-də qızdırdıqda alınır. Su ilə asanlıqla birləşir:



Bu reaksiya ekzotermikdir. Gipsi uzun müddət qızdırdıqda susuzlaşır anhidritə CaSO₄ çevrilir, su birləşdirmək xassəsini itirir və ölü gips adlanır. Daha yüksək temperaturda (1000 °C) közərtməkdə qismən kalsium-oksida parçalanır. Alınmış kütlə su ilə qarışdırıldıqda yenidən bərkiyir və kalsium-oksidin kalsium-sulfatda bərk məhlulundan ibarətdir. Yandırılmış gipsdən tikintidə və heykəltəraşlıqda geniş istifadə edilir, müxtəlif formalar tökülür.

Kalsium-sulfid CaS. Texnikada kalsium-sulfatın kömürlə közərdilməsindən alınır:



Kalsium-sulfid əsasən dərinin aşılmasından əvvəl üzərindəki tükün təmizlənməsində tətbiq edilir.

Kalsium-polisulfid Ca(S_n). Tərkibi Ca(S₂)-dən Ca(S₅)-ə qədər dəyişir. Əhəng südünü kükürdlə uzun müddət qaynatmaqla alınır. Pestisid kimi külləmə xəstəliyində və gənələrə qarşı mübarizədə tətbiq edilir.

§ 7. Stronsium, barium və onların birləşmələri

Stronsiumun atom nömrəsi 38-ə bərabərdir. Nisbi atom kütləsi 87,62-dir. Gümüşü ağ rəngli metaldir. Xarici görünüşcə gümüşə oxşayır. Təbii stronsium dörd stabil izotopdan ibarətdir: ^{84}Sr (0,56 %), ^{86}Sr (9,86 %), ^{87}Sr (7,02 %), ^{88}Sr (82,56 %). Stronsium adı Şotlandiyanın qədim adından (Strontion) götürülmüşdür.

Yer qabığının kütləsinin $3,4 \cdot 10^{-2}$ %-ni stronsium təşkil edir. İzomorf qarışıq şəklində müxtəlif kalsium süxurlarında olur. Stronsiumun minerallarından selestin SrSO_4 və stronsianitin SrCO_3 stronsium və onun birləşmələrini almaq üçün sənaye əhəmiyyəti var.

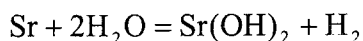
Yüngül metaldir, sıxlığı $2,63 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Kifayət qədər yumşaqdır, bıçaqla kəsilir. Plastik metaldir. Stronsiumun uçucu duzları alovu al-qırmızı rəngə boyayır. Ona görə də onlar müxtəlif pirotexniki qarışıqların tərkibinə daxil olur.

Bayram atəşfəşanlıqında raketlərin siqnal qurğularında, odsaçan güllələrin tərkibində stronsiumun nitrati $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, oksalatı $\text{Sr}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ və karbonatı SrCO_3 olur. Akademik A.E.Fersman stronsiumu «qırmızı od» metalı adlandırmışdır. Stronsiumun birləşmələrinin alovu al-qırmızı rəngə boyamasının səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar. Stronsium atomunun beş əsas energetik səviyyəsi var. Həmin səviyyələrdə 38 elektron var. Nüvəyə yaxın energetik səviyyələrdən üçü tamamlanmışdır. İkisində isə elektronlar tərəfindən tutulmamış boş yarım səviyyələr (4d, 4f) var. Alovda elektronlar termiki olaraq həyəcanlanırlar, yüksək enerjiyə malik olurlar və aşağı energetik səviyyədən yüksək energetik səviyyəyə keçirlər. Belə həyəcanlanmış elektronlar, onlar üçün əlverişli olan aşağı energetik səviyyəyə keçirlər. Bu zaman artıq enerji işıq kvantları şəklində ayrılır. Stronsiumun atomları (yaxud ionları) elə kvantlar şüalandırırlar ki, onların tezlikləri qırmızı yaxud çəhrayı işığın dalğalarının uzunluğuna uyğun gəlir. Ona görə də alov al-qırmızı rəngdə olur.

Stronsium qələvi-torpaq metallarına aiddir. Atomunun xarici energetik səviyyəsində iki elektron ($5s^2$) var.

Xassələri kalsium və bariuma çox oxşayır. Duzları kalsiumun müvafiq duzlarına nisbətən yaxşı həll olur. Kimyəvi cəhətdən çox fəaldır. Havada çox tez oksidləşir, səthi sarı rəngli oksid SrO və peroksid SrO_2 təbəqəsi ilə örtülür. Qızdırdıqda qeyri-metalların hamısı ilə birləşir. SrH_2 , Sr_3N_2 , Sr_3P_2 , SrCl_2 , SrBr_2 , SrS və s. tərkibli binar birləşmələr əmələ gətirir.

Sudan hidrogen çıxarır:



Stronsium Mg, Al, Pb, Sn və s. metallarla korroziyaya davamlı çox bərk xəlitələr əmələ gətirir. Həmin xəlitələrdən elektrotexnikada istifadə edilir.

Sənayedə stronsium birləşmələrinin işlənməsi mürəkkəb deyil. Stronsium-sulfat soda ilə əridilir, alınan SrCO_3 turşularda asanlıqla həll olur və stronsiumun müvafiq duzları alınır.

Metallik stronsium stronsium-oksidi vakuumda $1100-1150 \text{ }^\circ\text{C}$ -də alüminium tozu ilə qızdırmaqla alınır. Stronsium duzlarından geniş istifadə edilir. SrCO_3 -dən rəssamlıqda sarı pigment hazırlanır. Stronsium-sulfid işıqsaçan qarışıqın tərkibinə daxil olur. Həmin işıqsaçan qarışıqdan hazırlanan boyaqla avtomobil və dəmir yollarında siqnal nişanları rənglənir.

Keramika və metal məmulatların üzəri tərkibinə stronsium-oksidi daxil olan emalla örtülür. Bu iqtisadi cəhətdən əlverişlidir. Ona görə ki, bu məqsədlə işlədilən qurğuşun 2-oksidi və bor birləşmələrinə nisbətən stronsium-oksidi ucuzdur və zəhərli deyil.

Radioaktiv ^{90}Sr izotopunun xassələrini öyrənməklə dünyanın minlərlə kimyaçısı, biologu, biokimyaçısı və biofiziki məşğul olur. Həmin izotopa bu qədər maraq nə ilə əlaqədardır?

^{90}Sr izotopuna maraq atom silahı erası ilə bir başlamışdır. 1942-ci ildə ABŞ-da ilk nüvə reaktoru və atom bombası hazırlanıb. 1945-ci ilin 16 iyulunda Alamoqorodda ilk atom bombası sınaqdan keçirilmişdir. Bundan bir ay sonra Yaponiyanın Xirosima (6 avqust) və Naqasaki (9 avqust) şəhərlərinə iki bomba atılmışdır. Hər iki şəhər tamamilə dağıdılmış, on minlərlə insan ölmüşdür, sonrakı illərdə insan tələfatının sayı artmışdır. Baş verən və davam

edən faciədə ^{90}Sr izotopu böyük rol oynamışdır. Atom bombasının partlaması uran yaxud plutonium atomlarının parçalanmasının zəncirvari reaksiyasıdır. Parçalanma nəticəsində 200-ə qədər radioaktiv izotop əmələ gəlir. Həmin izotoplardan ^{45}Ca (yarımparçalanma dövrü 164 gündür), ^{140}Ba (yarımparçalanma dövrü 12,8 gündür), ^{89}Sr (yarımparçalanma dövrü 51 gündür), ^{90}Sr (yarımparçalanma dövrü 27,7 gündür) əmələ gəlir. Yarımparçalanma dövrü radioaktiv izotopun mövcud miqdarının yarısının parçalanması üçün sərf olunan vaxtdır. Orqanizmə daxil olan stronsium xaric olunmur, skeletdə qalır. Adi stronsium atomları (radioaktiv olmayan) o qədər də təhlükəli deyil. Onlarla bərabər orqanizmdə ^{90}Sr izotopu toplanır. Həmin izotop orqanizmdə öz dağıdıcı təsirini göstərir, özündən β -hissəciklərini (elektronları) şüalandırır. Sümük toxumalarını xüsusilə qanyaradıcı orqan olan beyin sümüyünü dağıdır. Hüceyrənin normal funksiyası və toxumalarda maddələr mübadiləsi pozulur. Nəticədə çox ağır xəstəliklər, qanda və sümükdə xərçəng xəstəliyi əmələ gəlir. Bunlardan əlavə şüalanma DNT molekuluna və irsiyyətə çox mənfi təsir göstərir. Yeni doğulan nəsil bundan ömür boyu əziyyət çəkir.

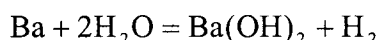
Nüvə partlayışından sonra atmosferdə, suda və torpaqda olan ^{90}Sr izotopu maddələrin dövrünə daxil olur. Su, hava və qida ilə insan orqanizminə keçir. ^{90}Sr izotopunun orqanizmdə toplanması on illərlə davam edə bilər. Nüvə silahının atmosferdə sınağı dövründə ^{90}Sr izotopunun miqdarı təbiətdə artmışdır. 1963-cü ilin 5 dekabrında atmosferdə, kosmik fəzada və suyun altında nüvə silahı sınağının qadağan olunmasına dair müqavilə bağlandıqdan sonra 1962-ci illə müqayisədə həmin izotopun miqdarı 10 dəfə azalmışdır. ^{90}Sr izotopundan sülh məqsədləri ilə də istifadə edilir. Ondan müxtəlif proseslərin mexanizmini öyrənmək üçün izotop indikatoru («nişanlanmış atom») kimi istifadə edilir. Uzun müddətli β -hissəciklər mənbəyi kimi bir sıra xəstəliklərin müalicəsində tətbiq edilir. Kağız, parça, plastik kütlələr və digər materiallar istehsalında sürtünmə nəticəsində elektrik cərəyanı yaranır. Bu isə prosesin texnologiyasının pozulmasına və yanğına səbəb olur. Üzərinə ^{90}Sr izotopunun çox nazik təbəqəsi hopdurulmuş lövhələr tətbiq etdikdə, həmin mənfi hallar aradan qalxır.

Stronsium kimi barium da qələvi-torpaq metallarına aiddir. II qrupun əsas yarımqrupunda yerləşir. Atom nömrəsi 56-dir. Nisbi atom kütləsi 137,34-ə bərabərdir. Yeddi stabil izotopu var: ^{130}Ba (0,101 %), ^{132}Ba (0,097 %), ^{134}Ba (2,42 %), ^{135}Ba (6,59 %), ^{136}Ba (7,81 %), ^{137}Ba (11,32 %), ^{138}Ba (71,66 %). Yer qabığında kütləsi $6,5 \cdot 10^{-2}$ % təşkil edir. Bu maqneziumla müqayisədə 30 dəfə azdır, sinklə müqayisədə 10 dəfə çoxdur.

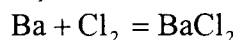
Kimyəvi cəhətdən çox fəal olduğuna görə sərbəst halda tapılmaz. Minerallarından baritin BaSO_4 və viteritin BaCO_3 praktik əhəmiyyəti çoxdur. Bariumu ilk dəfə sərbəst halda 1808-ci ildə ingilis alimi H.Devi barium-hidroksidin elektrolizindən almışdır. Barium adı «barios» sözündən götürülmüşdür. Yununca ağır mənasını verir. Bu isə ağır şpat adlanan barium-sulfatla əlaqədardır.

Barium gümüşü ağ rəngli metaldir. Sinkdən yumşaqdır, qurğuşundan bərkdir. Sıxlığı $3,76 \text{ q/sm}^3$ -dir. Ərimə temperaturu 710°C -dir, 1640°C -də qaynayır. Atomunun xarici energetik səviyyəsində iki elektron $6s^2$ var. İon tipli birləşmələr əmələ gətirir. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +2 olur. İkivalentlidir, valent elektronları nüvədən uzaqdır, ona görə də asanlıqla qoparılır. Kimyəvi fəallığı da bununla izah olunur. Qələvi-torpaq metallarına nisbətən qələvi metallara daha çox oxşayır. Havada çox tez oksidləşir, üzəri oksid BaO və peroksid BaO_2 təbəqəsi ilə örtülür. Kəskin zərbənin təsirindən və qızdırıqda barium metalı alovlanır və yaşıl-sarı alovla yanır.

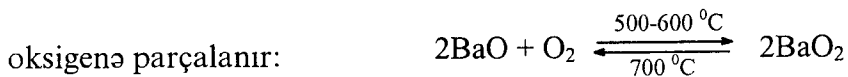
Su ilə şiddətlə reaksiyaya girir:



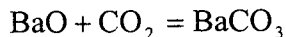
Halogenlərlə və digər qeyri-metallarla birləşir:



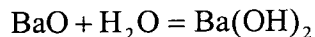
Barium-oksidi BaO . Ağ kristallardan ibarətdir, $500-600^\circ\text{C}$ -də barium-oksidi havadan oksigen birləşdirir, barium-peroksid əmələ gətirir. 700°C -də barium-peroksid, oksidə və



Havada barium-oksidi CO_2 -ni udur, barium-karbonat əmələ gətirir:

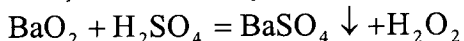


Barium-oksidi su ilə reaksiyasından barium-hidroksid əmələ gəlir:



Maqnezium və kalsiumun hidroksidlərindən fərqli olaraq $\text{Ba}(\text{OH})_2$ suda yaxşı həll olur. Suda məhlulu barit suyu adlanır. Suda məhlulunda barium-hidroksid $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratı şəkilində ayrılır.

Barium-peroksid BaO_2 . Sulfat turşusu ilə reaksiyasından hidrogen-peroksid əmələ gəlir:



Barium sulfat BaSO_4 . Praktiki olaraq suda həll olmayan ağ tozdur. Təbiətdə barit mineralı (ağır şpat) şəkilində tapılır. Bariumun bir sıra birləşmələrini almaq üçün ilkin maddədir. Süni sürətdə çökdürülmüş BaSO_4 blanfiks (barit belili) rəngsaz boyağı hazırlanmasında istifadə edilir. Lakin litopondan BaSO_4 və ZnS qarışığından həmin məqsəd üçün daha çox istifadə edilir. Bundan başqa barium-sulfat kağız və kauçuk istehsalında doldurucu kimi həmçinin, mədə xəstəliklərinin diaqnozunda BaSO_4 tətbiq edilir. Onu su ilə qarışdırıb xəstəyə içirdirlər. Bu duz rentgen şüaları üçün qeyri-şəffafdır. Barium-sulfat olan sahə ekranda tutqun olur. Həkim buna əsasən mədənin forması və yara olan hissə haqqında məlumat əldə edir. Ona görə də barium-sulfata «barium yarması» da deyirlər. Barium-sulfatdan uran filizlərindən radiumu ayırmaq üçün istifadə edilir. Bu duz radium birləşmələrini məhluldan udur. Sonra ondan radium alınır. Barium-nitratdan $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ və barium-xloratdan $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ pirotexnikada yaşıl alov alınmasında istifadə edilir. Barium-xromat BaCrO_4 barium sarısı adı ilə sarı pigment kimi rəngli boyaqlar istehsalında istifadə edilir.

§ 8. Sink

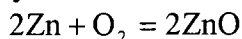
Atom nömrəsi 30-dur. Nisbi atom kütləsi 65,38-dir. Təbii sink ^{64}Zn , ^{66}Zn , ^{67}Zn , ^{68}Zn və ^{70}Zn izotoplarının qarışığından ibarətdir. ^{64}Zn (48,89%) izotopu daha geniş yayılmışdır.

Fizioloji təsiri. Sink bütün ali orqanizmlər üçün vacib kimyəvi elementlərdəndir. Bir sıra fermentlərin tərkibində sink var. Buna baxmayaraq sink duzları zəhərlidir. Ona görə də sinkdən hazırlanan və üzəri sinklənmiş qablarda yeyinti məhsullarını saxlamaq olmaz.

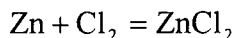
Təbiətdə tapılması. Yer qabığına sink birləşmələr şəklində tapılır. Vacib mineralları aşağıdakılardır: sfalerit (sink parıltısı) ZnS , smitsonit (sink şpatı) ZnCO_3 , silisium-sink filizi $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, sink şpineli $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, qırmızı sink filizi yaxud sinkit ZnO .

Fiziki xassələri. Sink mavitəhər ağ mineraldır. Bərkliyi orta dərəcədədir. Yaxşı emal olunur. Texniki sink 100-150 °C-də plastik olur. Asan əriyir (419,5 °C), 906 °C-də qaynayır. Sıxlığı 7,13 q/sm³-dir. Havada üzəri hidroksi-karbonatla (ağ pas) örtülür. Bu işə metalı sonrakı paslanmadan qoruyur. SO_2 və CO_2 normadan artıq olan havada sinkdən hazırlanan əşyaların korroziyası sürətlənir.

Kimyəvi xassələri. Sink atomunun elektron quruluşu belədir: $_{30}\text{Zn} 2; 8; 18; 2 4s^2$. Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +2 olur. Kifayət qədər fəal metaldır. Qızdırdıqda havada parlaq mavitəhər-yaşıl alovla yanır:



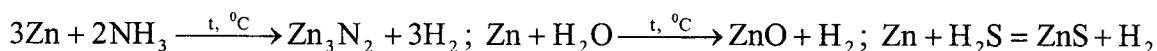
Quru flüor, xlor, brom sinkə soyuqda təsir etmir. Su buxarı iştirak etdikdə sink tozu xlorda alovlanır:



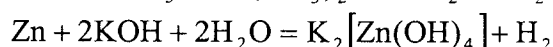
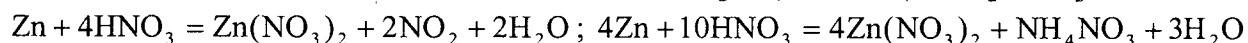
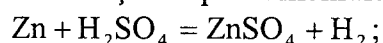
Qızdırdıqda digər qeyri-metallarla birləşir:



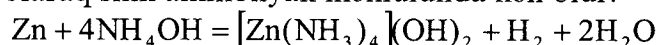
Ammonyakdan, sudan və hidrogen-sulfiddən hidrogen çıxarır:



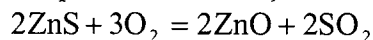
Sink turşu və qələvi məhlulunda həll olur:



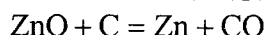
Alüminiumdan fərqli olaraq sink ammoniyak məhlulunda həll olur:



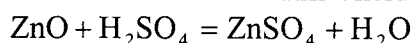
Alınması. Sink istehsal edilən polimetal filizində cəmi 1-3 % sink olur. Zənginləşdirildikdən sonra alınan konsentratda sinkin miqdarı 48-58 %-ə çatır. Sonra həmin konsentrat yandırılır:



Kükürd-dioksiddən sulfat turşusu istehsalında istifadə edilir. Bunun iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətindən əlavə ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınmasında böyük əhəmiyyəti var. Alınan sink-oksindən sink iki üsulla alınır. Birinci pirometallurjiya üsuludur. Sink-oksidi koksla 1250-1350 °C-də xüsusi odadavamlı retortalarda qızdırılır:



İkinci üsul hidrometallurjiya üsuludur. Bu üsulda sink-oksidi sulfat turşusunda həll edilir:



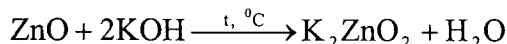
Alınan sink-sulfat məhluluna sink tozu ilə təsir edilir. Bu zaman mis, kadmium və s. metallar sulfatlardan reduksiya olunur. Sonra təmiz sink-sulfat məhlulu elektrolizə uğradılır. Metallik sink alüminium katodda toplanır.

Tətbiqi. Sinkdən korroziyadan qorumaq məqsədilə dəmirin üzərinin örtülməsində (sinklənmiş jestlərin hazırlanmasında) geniş istifadə edilir. Dəmir torlar hazırlanan polad məftillərin üzərinin sinklənməsi də buna əsaslanmışdır. Üzəri sinklənmiş dəmirin üzərində kiçik çat, cizgi əmələ gəldikdə qalvanik element yaranır, sink anod rolunu oynayır və oksidləşir (korroziyaya uğrayır) dəmir isə korroziyadan qorunur. Dəmirin üzərini qalayla örtüldükdə bunun əksinə olur, dəmir nəinki korroziyadan qorunur, əksinə onun korroziyası daha da sürətlənir. Ona görə ki, metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında sink dəmirdən əvvəldə, qalay isə sonra yerləşir. Cib fanarı batareyasının xarici örtüyü (anod hissəsi) sinkdən hazırlanır.

Sinkin mislə, alüminiumla, maqneziumla və s. metallarla xəlitəsi poliqrafiyada çap formalarının hazırlanmasında, sinkoqrafiyada geniş tətbiq edilir.

Təyini. Kobalt 2-nitratla isladılmış sink-hidroksidi közərtildikdə Rinman yaşılı adlanan yaşıl rəngli ikiqat oksid $(\text{Co}_2\text{Zn})\text{O}_4$ əmələ gəlir.

Birləşmələri. Sink-oksidi ZnO . Ağ rəngli tozdur, qızdırıldıqda saralır. Sinki oksigəndə yandırmaqla, sink-karbonatı və sink-nitratı parçalamaqla və sink-sulfidi yandırmaqla alınır. Amfoter oksiddir, turşu və qələvi məhlulunda həll olur. Hər iki halda duz və su əmələ gəlir:

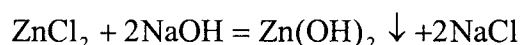


Metal və qeyri-metal oksidləri ilə birləşir:

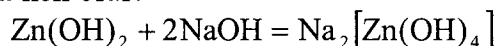


Ağ boyaq (sink belili) kimi istifadə edilir. Kauçukun vulkanlaşdırılmasında və bir sıra farmakoloji maddələrin (yağların) hazırlanmasında istifadə edilir.

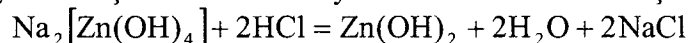
Sink-hidroksid $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Sink duzu məhluluna az miqdar qələvi əlavə etdikdə ağ çöküntü alınır:



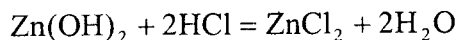
$\text{Zn}(\text{OH})_2$ qələvinin artığında həll olur:



Həmin məhlula ehtiyatla turşu əlavə etdikdə yenidən sink-hidroksid çökür:

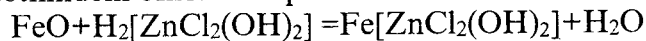


Alınan çöküntü turşunun artığında həll olur:



Deməli, sink-hidroksid amfoter hidroksiddir.

Sink-xlorid ZnCl_2 . Ağ rəngli hiqroskopik tozudur. Lehim mayesinin tərkibinə daxil olur. Lehimləmədə, aktiv kömür istehsalında, dəmiryol şpallarına hopdurulmasında istifadə edilir. ZnCl_2 -nin qatı məhlulunun hidrolizində əmələ gələn kompleks turşu $\text{H}_2[\text{ZnCl}_2(\text{OH})_2]$ lehimləmədə metalın səthindəki oksid təbəqəsini həll edir:



Sink-sulfid ZnS . Sink duzları məhluluna qələvi metalların yaxud ammoniumun sulfidi ilə təsir etməklə ağ çöküntü alınır. Çox az miqdarda ağır metalların (Cu, Mn və s.) qarışığı olan və közərdilmiş sink-sulfid yaşıl işıqla lüminessensiya (soyuq işıqlanma) edir. Yaşıl işıqla lüminessensiya sink-sulfiddə rentgen və alfa şüaları ilə təsir etdikdə də baş verir. Sink-sulfiddən təmiz halda rəngli kinoskopların xromofor təbəqəsinin hazırlanmasında, radioaktiv maddələrlə qarışığı isə işıqverən siferblat (saat və ölçü cihazları üzərində rəqəmlər olan lövhəcik) hazırlanmasında istifadə edilir. Sink-sulfidlə kadmium-sulfid qarışığından televizorların ekranı üçün örtük hazırlanır. Sink-sulfat məhlulu ilə barium-sulfid məhlulunu qarışdırdıqda ZnS və BaSO_4 -dən ibarət litopon adlı ağ boyaq alınır.

Sink-sulfat ZnSO_4 . Məhluldan yeddi molekul kristallaşma suyu ilə ayrılır. $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Litopon alınmasında, viskoz ipəyi istehsalında və məftillərin qalvanik üsulla sinklənməsində istifadə edilir. Bunlardan əlavə sink kuporusundan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ mikrogübrə kimi istifadə edilir.

Sink-xromat ZnCrO_4 . Texniki adı sink sarısıdır. Sarı pigment kimi istifadə edilir.

§ 9. Civə

Bəşəriyyətə çox qədimdən məlumdur. Atom nömrəsi 89-dur. Nisbi atom kütləsi 200,59-a bərabərdir. Təbii civə kütlə ədədi 196, 198–202 və 204 olan izotopların qarışığından ibarətdir. Onlardan ən çox yayılanı ^{202}Hg (29,8 %) izotopudur. Civənin latınca adı hidrargium – maye gümüş deməkdir. İngilis, ispan, fransız və italyan dillərində civə merkurium adlandırılır.

Qədim romada filizdən qızılı civə vasitəsilə almışlar. Civənin bir sıra metalları həll etmək xassəsi (amalqama əmələ gətirməsi) əlkimyaçılara məlum idi. Onlar belə hesab edirdilər ki, civəni qızıla çevirmək olar. Məlum olduğu kimi kimyəvi yolla bir elementi digərinə çevirmək olmaz. Nüvə fizikasının inkişafı radioaktiv çevrilmə yolu ilə civəni qızıla çevirməyə imkan vermişdir. Lakin bu yolla qızılın alınması çox baha başa gəlir. Ona görə də praktikada tətbiq edilmir.

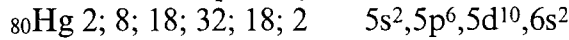
Təbiətdə tapılması. Civə təbiətdə sərbəst və birləşmələr şəklində tapılır. Geniş yayılmış mineralı kinovardır HgS .

Fizioloji təsiri. Sərbəst civə və onun birləşmələri çox zəhərlidir. Ərəb əlkimyaçıları və həkimləri sərbəst civə tökülən yerdən ilanların və əqrəblərin uzaqlaşdığını müşahidə etmişlər. Çox az miqdarda belə civə buxarları olan hava ilə tənəffüs etdikdə xroniki zəhərlənmə baş verir: baş ağrısı, zehni yorğunluq, dişlərdə qara ləkələr əmələ gəlməsi, böyrəklərdə çatışmamazlıqlar və ümumi zəiflik civə ilə zəhərlənmənin əlamətlərindəndir. 0,2-1,0 q həll olan civə birləşməsi ağır zəhərlənməyə və çox vaxt ölümə səbəb olur. Gümüşlə civənin amalqamasından düzəldilən diş plombu da zərərsiz deyil. Hg^{2+} ionu civənin çox zəhərli formalarından biridir. Uzun müddət civədən (katod kimi) istifadə etməklə xlor və natrium-hidroksid istehsal etmişlər. Bu isə ətraf mühitin Hg^{2+} ionu ilə çirklənməsinə səbəb olmuşdur. Çirkli su hövzələrində bakteriyaların fəaliyyəti nəticəsində metil-civə ionu CH_3Hg^+ və dimetil-civə $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ əmələ gəlir. Bunlar civənin çox zəhərli formalarındandır. Canlı orqanizmlərə yalnız qida vasitəsilə daxil olmur, dəri vasitəsilə də sorulurlar. Bu proses *bioloji toplanma* adlanır. Həmin birləşmələr balıqların qidalandığı orqanizmlərdə və bitkilərdə toplanır. Bunlardan isə balıqlara keçir. Balıqda civənin miqdarı onun tutulduğu sudan 1000 dəfə çoxdur. CH_3Hg^+ və $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ilə zəhərlənmiş balığı insan yedikdə həmin birləşmələr insan orqanizmində toplanır. Bu isə insan orqanizminin bioloji müdafiə funksiyasını kəskin surətdə azaldır. Mərkəzi sinir sisteminə çox pis təsir edir. Uzun müddət

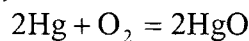
insan orqanizmindən xaric olurlar. Çox təəssüf ki, gündəlik həyatda bunu nəzərə almırıq. Balıqdan zəhərlənmələr demək olar ki, adi hal almışdır. Yaponiyanın Minamata şəhərinin sahil suları civə tullantıları ilə çirklənmişdir. Bu işə həmin şəhərdə balıqdan zəhərlənmələrə və dünyaya gələn uşaqlarda zehni çatışmazlığa və eybəcərliyə səbəb olmuşdur.

Fiziki xassələri. Civə adi şəraitdə maye halda olan yeganə metaldır. Gümüşü-ağ rəngli mayedir. Mayələrin ən ağıridir. Sıxlığı $13,52 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Elektrik cərəyanını gümüşə nisbətən 50 dəfə pis keçirir. Qızdırdıqda güclü sürətdə genişlənir. Civəli termometrlər buna əsaslanmışdır. $-38,97 \text{ }^\circ\text{C}$ -də bərkirir, $357,25 \text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır. Civə buxarları yüksək temperaturda ultrabənövşəyi şüalarla zəngin olan mavitəhər-yaşıl işıq şüalandırır. Civə buxarları olan boruda elektrik boşalmasında da həmin şüalanma baş verir. Civə-kvars lampaları adi elektrik lampalarına nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişlidir.

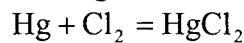
Kimyəvi xassələri. Atomun elektron quruluşu belədir:



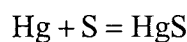
Sink və kadmiumdan fərqli olaraq civə yalnız ikivalentli olmur, formal olaraq birvalentli də olur. Ona görə formal olaraq deyirik ki, həmin birləşmələrdə civə atomları bir-birilə birləşmişlər $-\text{Hg}-\text{Hg}-$. Əslində civə ikivalentlidir. Məsələn, civə 1-xloridin formulu HgCl deyil, Hg_2Cl_2 -dir. Onun quruluşu belədir: $\text{Cl}-\text{Hg}-\text{Hg}-\text{Cl}$. Bu tip duzların elektrolitik dissosiasiyasından Hg_2^{2+} ionu əmələ gəlir. Qızıl, platin və digər nəcib metallar kimi təmiz civə xarici görkəmini dəyişmir. Lakin onda çox az miqdarda (milyonda bir pay) sink qarışığı olduqda səthi tutqunlaşır, oksid təbəqəsi ilə örtülür. Oksigenlə civə 1-oksidi Hg_2O , civə 2-oksidi HgO və peroksid HgO_2 əmələ gətirir. $300 \text{ }^\circ\text{C}$ -də civə 2-oksidi əmələ gətirir. Həmin temperaturdan yüksəkdə parçalanır:



Soyuqda xlorla birləşir, civə 2-xlorid əmələ gətirir:

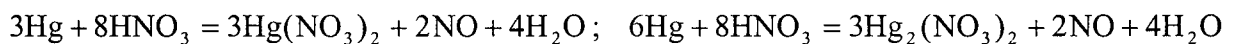


Toz halında kükürlə asanlıqla birləşir:

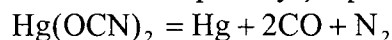


Bu reaksiyadan metallik civə tökülməsi ehtimal olunan yerlərdə kükürd tozu səpməklə civəni zərərsizləşdirməkdə istifadə edilir.

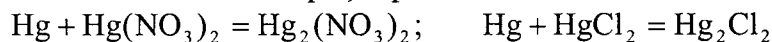
Civə suda və qələvilərdə həll olmur. Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşir. Ona görə də turşu məhlullarından hidrogen çıxarmır. Nitrat və qatı sulfat turşularında həll olur. Civə çox olduqda Hg_2^{2+} duzları, turşu artıq olduqda isə Hg^{2+} duzları əmələ gəlir:



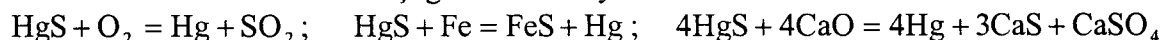
Civəni spirt və nitrat turşusu qarışığı ilə qızdırdıqda guruldayıcı civə $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ əmələ gəlir. Zərbənin yaxud sürtünmənin təsirindən partlayışla parçalanır:



Metallik civə ikivalentli civə duzları ilə qarşılıqlı təsirdə olur:



Alınması. Civə kinovardan aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə alınır:



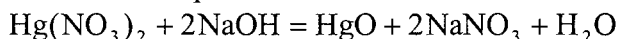
Alınan civəni qarışıqlardan təmizləmək üçün distillə edirlər yaxud bir neçə dəfə damla-damla civə 2-nitrat məhlulundan keçirirlər. Sərbəst civəni 30-40 kiloqramlıq polad balonlarda saxlayırlar və daşıyırlar. Polad amalqama əmələ gətirmir. Laboratoriyada civəni ağzı əridilmiş şüşə ampulalarda yaxud çox möhkəm bağlanmış xüsusi yerdə qoyulan polad balonlarda saxlayırlar.

Tətbiqi. Civədən termometrlər, barometrlər, vakuum nasoslari, manometrlər və s. ölçü cihazları hazırlanır. Civə lampaları civə buxarları ilə doldurulur. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi belə lampalar güclü ultrabənövşəyi şüalanma verir. Civədən katod kimi duzların məhlulunun elektrolizində istifadə edilir. Dəri xəstəliklərində civə mazlarından istifadə edilir.

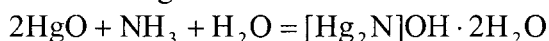
Birləşmələri. Civə 2-oksidi HgO. İki formada olur: qırmızı və sarı forma. Qırmızı forma civə 2-nitratın zəif qızdırılmasından alınır:



Sarı forma ikivalentli civə duzlarına qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə alınır:

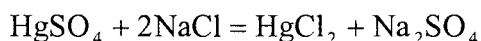


Müəyyən edilmişdir ki, civə 2-oksidi hər iki formasının quruluşu eynidir. Onların rəngi kristalların ölçüsündən asılıdır. Kristalların diametri 0,002 mm olan forma sarı rəngli, 0,01-0,002 mm olan forma isə qırmızı rənglidir. Qırmızı rəngli civə 2-oksiddən gəmilərin sualtı hissələri üçün boyaq hazırlanır. Sarı civə 2-oksiddən göz mazları hazırlanır. Civə 2-oksidi hər iki forması suda praktiki olaraq həll olmur. Civə 2-oksidi ammoniyak məhlulunda həll olur, bu zaman Milon reaktivi əmələ gəlir:



Bu birləşməyə NH_4^+ ionunda hidrogen atomlarının iki atom civə ilə əvəz edilməsi məhsulu kimi baxmaq olar.

Civə 2-xlorid (süleymani) HgCl₂. Ağ tozdu, suda az həll olur. Duzların əksəriyyəti suda demək olar ki, tamamilə ionlara parçalanır. Civə 2-xlorid isə zəif elektrolitdir. Onun suda məhlulunda dissosiasiya etməmiş HgCl₂ molekulları olur. Çox zəhərlidir. Dezinfeksiya və sterilizasiya məqsədilə istifadə edilir. Civə 2-xloridin ammoniyakla reaksiyasından şərti formulu HgCl(NH₂) olan «ağ persipitat» çökür. Ondan farmakologiyada dəri mazları hazırlanmasında istifadə edilir. Civə 2-sulfatla natrium-xloridin qarışığını qızdırdıqda civə 2-xlorid alınır:

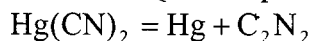


Bu reaksiyadan alınan civə 2-xlorid buxarları reaksiya aparılan qabın soyuq divarında kondensləşir. Bu proses latınca sublimatum adlanır. «Süleymani» sözü də buradan götürülmüşdür.

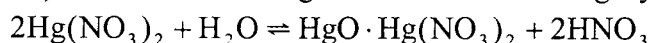
Civə 1-xlorid (kalmel) Hg₂Cl₂. Ağ tozdu. Suda həll olmur. Standart kalmel elektrodunun hazırlanmasında istifadə edilir.

Civə 2-sulfid (kinovar) HgS. Qara və qırmızı şəkildəyişmələri var. Kükürd tozunu civə ilə sürtdükdə qara HgS əmələ gəlir. 350 °C-yə qədər qızdırdıqda qırmızı formaya (kinovar) çevrilir. Kinovardan rəssamlıq boyacağı hazırlanır.

Civə 2-sianid Hg(CN)₂. Qeyri-elektrolitdir. Qızdırdıqda civəyə və disian qazına parçalanır:



Civə 2-nitrat Hg(NO₃)₂. Oksi-duz əmələ gətirməklə hidrolizə uğrayır:



Civə 2-yodid HgI₂. Parlaq qırmızı tozdu. Suda az həll olur. Sterilizasiya məqsədi ilə tətbiq edilir. K₂[HgI₄] formasında kimyəvi analizdə istifadə edilir. Həmin kompleksin qələvidə məhlulu Nessler reaktivi adlanır.

Amalqama. Maye civə metalların çoxunu həll edir. Onun metallarla əmələ gətirdiyi xəlitə *amalqama* adlanır. Amalqamalar maye halda olur, bəziləri çox tez yaxud hazırlandıqdan bir qədər sonra bərkiyir. Bəzi hallarda civənin metallarla qarşılıqlı təsirindən intermetallik birləşmələr əmələ gəlir. Onlara misal olaraq Hg₃Au₂, HgAu₃, KHg₂ və s. göstərmək olar. Civə hər hansı metalla təmasda olduqda əvvəlcə onun səthini isladır. Sonra metalın daxilinə diffuziya edir. Ona görə də civə buxarları olan havada qızıl ağarır.

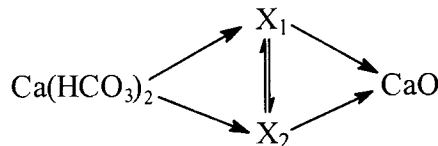
Qızıl olan süxur civə ilə emal olunur. Bu zaman qızıl boş süxurdan ayrılır, amalqamanın tərkibinə keçir. Sonra qızdırmaqla qızıl amalqamadan ayrılır.

Məsələlər

Məsələ 251. 250 q 0,1 %-li kalsium-hidroksid məhluluna 0,5 q kalsium-oksidi əlavə edilmişdir. Alınan məhlulun faizlə qatılığını hesablayın.

Məsələ 252. Molları nisbəti uyğun olaraq 1:3:4 olan kalsium, kalsium-oksidi və kalsium-karbid qarışığı var. Həmin qarışığın 35 qramı nə həcmdə su ilə kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olar?

Məsələ 253. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 254. Natrium-tetrahidroksisinkat məhlulundan tədricən hidrogen-bromid buraxdıqda gedən reaksiyaların tənliklərini yazın.

Məsələ 255. Maqnezium oksidi NaCl tipində kristal qəfəsi əmələ gətirir. MgO kristalının quruluşunu təsvir edin.

Məsələ 256. Dördüncü dövr elementlərinin hansı kationları aşağıdakılara uyğun gəlir:

- hidroksid ionları ilə çöküntü əmələ gətirmir;
- hidroksid və sulfat ionları ilə çöküntü əmələ gətirir;
- hidroksid və sulfat ionları ilə çöküntü əmələ gətirir;
- karbonat ionları ilə çöküntü əmələ gətirir, sulfat ionları ilə gətirmir.

Məsələ 257. Su, təbaşir və xlorid turşusu verilmişdir. Bunlardan istifadə etməklə 10 yeni maddə alınması reaksiyalarının tənliklərini yazın.

Məsələ 258. Dəmir sinklə möhkəm surətdə kontaktda olduqda korroziyaya uğramayacaq, lakin gəmilərin korpusunu korroziyadan qorumaq üçün maqneziuma üstünlük verilir. Bunun səbəbini necə izah etmək olar?

Məsələ 259. Laboratoriyada naməlum tərkibli rəngsiz parlaq layvari kristallardan ibarət olan duz var. Həmin duz suda yaxşı həll olur, xlorid turşusunda isə həll olmur. Həmin duzun 50 ml məhluluna 100 ml 0,2 N gümüş-nitrat məhlulu ilə təsir etdikdə 2,87 q çöküntü alınmışdır. Duzun həmin miqdarda məhluluna 100 ml 0,2 N kalium-sulfat məhlulu əlavə etdikdə 2,33 q ağ çöküntü alınmışdır. Duzun tərkibini təyin edin.

Məsələ 260. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın.

Ağardıcı əhəng \rightarrow kalsium-xlorid \rightarrow bertole duzu \rightarrow kalium-xlorid \rightarrow kalium-sulfat \rightarrow kalium qələvisi.

Məsələ 261. Lehimləməzdən əvvəl metalın səthini təmizləmək üçün sink-xlorid məhlulundan istifadə edilməsi onun hansı xassəsinə əsaslanmışdır?

XX FƏSİL

I QRUP ELEMENTLƏRİ

§ 1. Ümumi xarakteristikaları

I qrupun əsas yarımqrupuna (I A qrupu) litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sezium (Cs) və fransium (Fr) aiddir; onlar *qələvi metallar* adlanırlar. Dövri sistem cədvəlində onlar təsirsiz qazlardan sonra yerləşirlər və onlardan sonra II qrup elementləri gəlir. Qələvi metalların elektron quruluşu cədvəl XX-1-də verilmişdir.

Cədvəl XX-1. I qrup elementlərinin elektron quruluşları

Element	Z	K			L			M			N				O			P			Q		
		1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	6s	6p	6d	7s	7p	7d			
Li	3	2	1																			2s ¹	
Na	11	2	2	6	1																	3s ¹	
K	19	2	2	6	2	6	-	1														4s ¹	
Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6	-	-	1										5s ¹	
Cs	55	2	2	6	2	6	10	2	6	10	-	2	6	-	1							6s ¹	
Fr	87	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	6	-	1				7s ¹	

Qələvi metalların atomlarının xarici energetik səviyyəsində bir elektron var. Həmin elektron valent elektronudur. Xaricdən əvvəlki energetik səviyyədə (litiumdan başqa) səkkiz elektron var. Kimyəvi reaksiyalarda valent elektronu əsas rol oynayır. Hava və rütubət olmadıqda qələvi metallar maye və bərk halda gümüşü-ağ rəngdədirlər, metal parıltısına malikdirlər. Yalnız sezium fərqlidir. O, qızılı rəngdədir. Metalların valent elektronları üzərinə düşən işıq enerjisini udurlar (onların kinetik enerjisi artır) və ona görə də qeyri şəffafdırlar, spektrin görünən oblastının şüalanmasını buraxmırlar. Hamar və oksidləşməmiş metalın səthi üzərinə düşən işığı əks etdirdiyinə görə parlaqdır. Metal parlaqlığı yalnız qələvi metallar üçün deyil, kompakt halda bütün metallar üçün xarakterikdir. Maqnezium və alüminium toz halında da parlaqdır.

Xarici energetik səviyyədə olan valent elektronu daha yüksək energetik səviyyəyə keçə bilər. Elektron oradan əvvəlki normal vəziyyətə qayıtdıqda elektromaqnit dalğaları şəklində enerji ayrılır. Qələvi metallar üçün həmin enerji dəyişikliyi çox da böyük deyil. Onların şüalanmasının dalğa uzunluğu görünən işığın spektrinə uyğundur. Ona görə də qələvi metallar alovu xarakterik rəngə boyayırlar. Litium buxarları alovu qırmızı, natrium sarı, kalium bənövşəyi-göy, rubidium bənövşəyi-çəhrayı, sezium mavi rəngə boyayır.

Natrium, kalium, rubidium və sezium atomlarında xarici energetik səviyyədə olan elektronlar ultrabənövşəyi şüaların təsirindən qoparılır. Bu zaman elektron axını işığın intensivliyinə mütənasib olur. Bu xassəsinə görə qələvi metallardan televiziyada və səsli kinoda fotoelementlər hazırlayırlar. Qələvi metalların xassələri cədvəl XX-2-də verilmişdir.

Cədvəl XX-2. I A qrupu elementlərinin xassələri

Xassələri	Li	Na	K	Rb	Cs
Atom nömrəsi	3	11	19	37	55
Nisbi atom kütləsi	6,941	22,990	39,098	85,463	132,905
Yer qabığında miqdarı, %-lə	$6 \cdot 10^{-3}$	2,63	2,41	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Ərimə temperaturu, °C	179,0	97,8	63,5	39,0	28,5
Qaynama temperaturu, °C	1340	883	760	696	708
Sıxlığı, q/sm ³	0,534	0,97	0,86	1,532	1,87
Bərkliyi	← Artır →				
Metallıq (əsaslıq) xassələri	← Artır →				
Suda az həll olan duzları	LiF Li ₂ CO ₃ Li ₃ PO ₄	Na[Sb(OH) ₆]	KClO ₄ K ₂ [PtCl ₆]	RbClO ₄ Rb ₂ [PtCl ₆]	CsClO ₄ Cs ₂ [PtCl ₆]

Qələvi metallar çox fəal metallardır. Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında ilk yerləri tuturlar. Atom nömrəsi artdıqca qələvi metalların ionlaşma enerjisi azalır. Fransium radioaktiv elementdir. İlk dəfə 1939-cu ildə aktiniumun radioaktiv parçalanma məhsullarında aşkar edilmişdir.

§ 2. Litium

Atom nömrəsi 3-dür. Nisbi atom kütləsi 6,941-ə bərabərdir. Gümüşü ağ rəngli yumşaq metaldir. Təbii litium iki stabil izotopdan ibarətdir. Bunlar ${}^6\text{Li}$ (7,52 %) və ${}^7\text{Li}$ (92,48 %) izotoplarıdır.

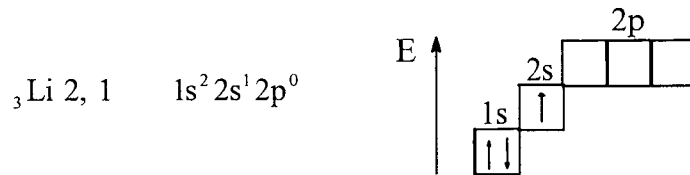
Litiumu ilk dəfə 1818-ci ildə ingilis kimyaçısı H.Devi litium-hidroksidin elektrolizindən almışdır. Yer qabığına yayılmasına görə litium 28-ci yerdə durur. Yer qabığının kütləsinin $3,2 \cdot 10^{-3}$ %-ni təşkil edir. Müqayisə üçün qeyd edək ki, Yer qabığında yayılmasına görə mis 26-cı yerdə durur. 150-dən çox mineralda litium aşkar edilmişdir. Vacib minerallarından aşağıdakıları göstərmək olar: $\text{LiAl}(\text{PO}_4)\text{F}$ ambliqonit, $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ spodumen, $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$ lepidolit, $\text{KLiFeAl}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$ tsinivaldit.

Kanadada, ABŞ-da, Cənubi Rodeziyada, Brazilya və s. yerlərdə litiumun birləşmələrinin yataqları var. Maraqlıdır ki, spodumen mineralı təbiətdə kütləsi bir neçə tona çatan kristallar şəklində tapılır.

Fiziki xassələri. Litium ən yüngül metaldir. Sıxlığı $0,534 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. $180,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir. Qaynama temperaturu $1317 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə bərabərdir. Çox yumşaqdır. Bıçaqla asanlıqla kəsilir. Litium birləşmələri alovu açıq-qırmızı rəngə boyayır. Az miqdarda litiumu petroleyn efiri təbəqəsində saxlayırlar. Həmin metalın iri parçaları hermetik dəmir taralarda saxlanılır.

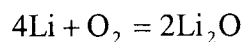
1891-ci ildə Harvard universitetinin gənc məzunu sonralar məşhur fizik R.Vud professor A.Remsendən kimyanı öyrənmək üçün Baltimor şəhərinə gəlir və universitetin pansionunda yerləşir. Pansionun sakinləri onlara verilən səhər yeməyinin axşamdan qalan yemək olmasından şübhələnirlər. R.Vud xörək duzu kimi zərərsiz olan litium-xlorid tozundan ət parçalarının üzərinə səpir. Sonrakı sabah R.Vud səhər yeməyinin külündə litiumun qırmızı spektrlərini aşkar etmişdir. Pansionun işçilərinin fırılداqlarının üstü açılmışdır.

Kimyəvi xassələri. Litium atomunun elektron quruluşu belədir:

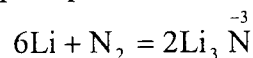


Digər qələvi metallar kimi litium atomu asanlıqla oksidləşmə dərəcəsi +1 olan ion əmələ gətirir. Valent elektronunun qoparılması və metalın kristal qəfəsinin dağılması üçün enerji sərf olunur. Həmin enerji metal kationu hidratlaşdıqda ayrılan enerji ilə ödənilir. Digər fəal metallar kimi litiumun elektrod potensialının qiyməti ($\text{Li}^+/\text{Li}^0 = -3,045 \text{ V}$) mənfidir. Həmin kəmiyyətin mütləq qiyməti litiumda ən yüksəkdir. Bunun səbəbi odur ki, digər metallara nisbətən Li^+ ionunun radiusu kiçikdir, ona görə də həmin ion su molekulları ilə birləşərkən, yəni hidratlaşarkən daha çox enerji ayrılır.

Otaq temperaturunda litium tədricən oksigenlə birləşərək litium-oksid əmələ gətirir. Qızdırdıqda reaksiyanın sürəti kəskin sürətdə artır:

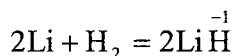


Alınan oksid təmiz olmur, onda az miqdarda litium-peroksid qarışığı olur. Digər metallardan fərqli olaraq litium otaq temperaturunda azotla birləşir:

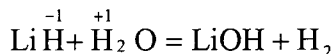


Litiumun ionlaşmasına və N_2 ($\text{N} \equiv \text{N}$) molekulunda rabitələrin qırılmasına sərf olunan enerji litium-nitrid kristalları əmələ gələrkən ayrılan enerji ilə ödənilir. $400 \text{ }^\circ\text{C}$ -də litium

hidrogenlə birləşir:



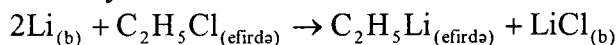
Litium-hidrid rəngsiz kristallardan ibarətdir. Qüvvətli reduksiyaedicilərdəndir. Litium-hidridə hidrogenin oksidləşmə dərəcəsinin -1 olması onun ərintisinin elektrolizində hidrogenin anodda ayrılması ilə sübut edilir. Litium-hidrid həblərini insanı suyun üzərində saxlamaq üçün nəzərdə tutulan xilasedici jiletlərdə yerləşdirirlər. LiH ilə AlH_3 -ün qarışığından ibarət olan LiAlH_4 reduksiyaedici kimi üzvi kimyada geniş tətbiq edilir. 1 kq litium-hidrid 2800 l-ə yaxın hidrogen verir:



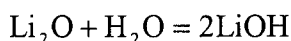
Buna əsasən litium-hidridə hidrogen saxlamaq və bir yerdən başqa yerə aparmaq üçün xüsusi «anbar» kimi baxmaq olar.

Flüorid, xlorid, bromid və yodidini litium-karbonata HF, HCl, HBr, HI-la təsir etməklə almaq olar.

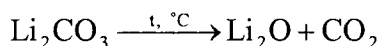
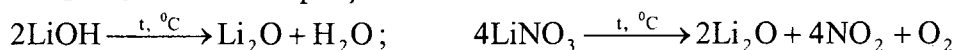
Litium-xlorid digər qələvi metalların xloridlərindən fərqli olaraq spirtdə yaxşı həll olur. Bunun səbəbi litium-xlor rəbitəsinin məsələn, kalium-xlor rəbitəsinə nisbətən az ion xarakterli olmasını göstərir. Li^+ ionunun radiusu kiçik olduğundan anionu polyarlaşdırır və ona görə də rəbitənin kovalentliyini artırır. Kovalent rəbitəli metal-üzvi birləşmə əmələ gətirir:



Litium-oksidi Li_2O . Ağ rəngli kristallik maddədir. Su ilə şiddətli reaksiyaya girir:



LiOH, LiNO_3 və Li_2CO_3 -ün termiki parçalanmasından alınır:



Litium-oksiddən ərimə temperaturu aşağı olan şüşə istehsalında istifadə edilir.

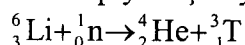
Litium-hidroksid LiOH. Digər qələvi metalların hidroksidlərinə nisbətən litium-hidroksid suda az həll olur: 20°C -də 100 q suda 12 q LiOH həll olur. Litium-hidroksidi qələvi (KOH) akkumulyatorlarına əlavə etdikdə onların istismar müddəti 2-3 dəfə artır və həcmi 20 % azalır. Litium-hidroksid və üzvi turşulardan (stearin və palmitin) istiyə və soyuğa davamlı sürtkü yağları hazırlanır. Belə yağlar -60°C -dən $+150^\circ\text{C}$ -yə qədər temperaturda metalları korroziyadan qorumaq üçün tətbiq edilir.

Litium-flüorid LiF. Optik linzaların keyfiyyətini artırmaq üçün xüsusi şüşələrin tərkibinə əlavə edilir.

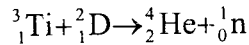
Litium-xlorid LiCl. Digər qələvi metalların xloridlərindən fərqli olaraq çox hiqroskopikdir. Litiumun-xlorid və bromidinin məhlulundan havanın kondensiyalaşdırılmasında (normaya, standartı uyğunlaşdırılmasında) istifadə edilir. Həmin duzların məhlulları havada ammoniyakı, aminləri və digər qarışıqları udur. Bundan əlavə, həmin duzlar temperatur dəyişdikdə su buxarlarını udur və buraxırlar.

Litium-karbonat Li_2CO_3 . Digər qələvi metalların karbonatlarından fərqli olaraq suda az həll olur. Ondan emal hazırlanmasında istifadə edilir. Bəzi kimyəvi reaksiyaları sürətləndirir. Kiçik şəkər parçasına yanan kibrit çöpünü yaxınlaşdırdıqda əriyir və yapışır. Onun üzərinə litium-karbonat tozu səpdikdə kağız kimi yanır.

Tətbiqi. Litium metallurgiyada tətbiq edilir. O, alüminium xəlitələrinin möhkəmliyini artırır, metalda olan qazlarla birləşir. Litium metalı havada olan qazlarla birləşdiyindən havadan alınan arqonu təmizləmək üçün tətbiq edilir. ^6Li izotopu tritium alınmasında tətbiq edilir. Nüvə reaktorunda həmin izotop yavaş neytronlarla bombardman edilir:



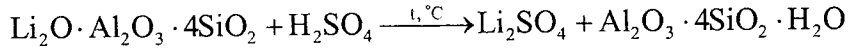
Termonüvə silahında (hidrogen bombasında) partlayıcı maddə ^6Li izotopunun deuteridi ^6LiD şəklində olur. Termonüvə reaksiyasının başlanması üçün insiator olan neytronlar konstruktiv yerləşdirilmiş adi atom bombasından verilir. Əmələ gələn tritium yüksək temperaturda (həmin temperatur atom bombası vasitəsilə təmin edilir) deuterium ilə qarşılıq təsirdə olur:



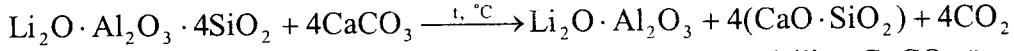
Ayrılan neytronlar yenidən ${}^6\text{Li}$ izotopu ilə reaksiyaya girir. Zəncirvari termonüvə reaksiyaları yuxarıdakı ardıcılıqla baş verir. Nəticədə ${}^6\text{LiD}$ hamısı ${}^4_2\text{He}$ izotopuna çevrilir və çoxlu miqdarda enerji ayrılır.

Alınması. Filizdə litiumun miqdarı az olur. Ona görə də həmin filizi flotasiya üsulu ilə zənginləşdirirlər, sonrakı emal üçün yararlı hala salınır. Bu proses aşkara çıxartma prosesi adlanır.

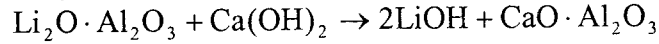
Sulfat turşusu metodunda filiz H_2SO_4 -lə emal edilir.



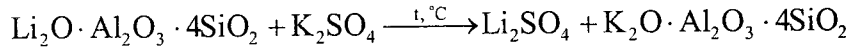
Əhəng üsulunda CaCO_3 -dən istifadə edilir.



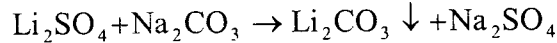
Sonra yuyulub çıxardılma üsulu ilə lazımi hissə məhlula keçirilir. CaCO_3 -ün artığının parçalanmasından əmələ gələn CaO -in təsirindən LiOH alınır:



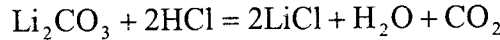
Sulfat üsulunda K_2SO_4 -dən istifadə edilir:



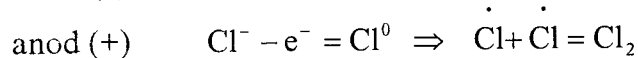
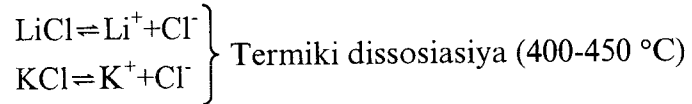
Sonra yuyulub çıxartma üsulu ilə Na_2CO_3 məhlulu ilə Li_2CO_3 şəklində çökdürülür:



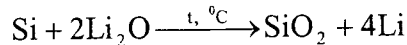
HCl -lə təsir etməklə Li_2CO_3 -dən LiCl alınır:



LiCl və KCl evtektik qarışığının elektrolizindən litium metalı alınır (kristallaşma temperaturu başqa qarışığın kristallaşma temperaturundan aşağı olan, yəni asan əriyən qarışıq, evtektik qarışıq adlanır). Evtektika yunanca yaxşı əriyən deməkdir.



Bundan başqa litiumu aşağıdakı proses vasitəsilə də almaq olur:



§ 3. Natrium

Atom nömrəsi 11-dir. Nisbi atom kütləsi 22,98977-yə bərabərdir. Gümüşü-ağ rəngli metaldir. Təbiətdə ${}^{23}\text{Na}$ izotopu şəklində tapılır. Natriumu ilk dəfə 1807-ci ildə ingilis kimyaçısı H.Devi natrium-hidroksidin ərintisinin elektrolizindən almışdır. Lakin natriumun birləşmələri bəşəriyyətə qədimdən məlumdur. Həmin birləşmələrdən natrium-xloridi NaCl , natrium-karbonatı Na_2CO_3 , natrium-hidroksidi NaOH və s. göstərmək olar.

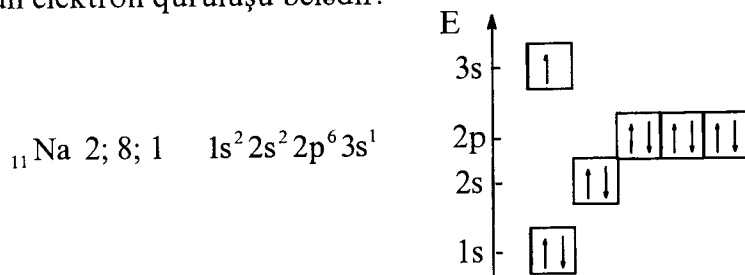
Təbiətdə tapılması. Natrium yer qabığında geniş yayılmış elementlərdəndir. Yayılmasına görə 6-cı yeri tutur. Yer qabığının kütləsinin 2,5 % -ni təşkil edir. Çox fəal elementdir. Yer qabığında yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Lakin atmosferin yuxarı qatlarında yerin səthindən təqribən 80 km yüksəklikdə atomar natrium təbəqəsi aşkar edilmişdir. Həmin yüksəklikdə praktiki olaraq oksigen və su buxarları yoxdur. Ümumiyyətlə, natriumla reaksiyaya daxil ola biləcək maddələr yoxdur. Geniş yayılan birləşmələrindən aşağıdakıları göstərmək olar: NaCl qalit (daş duz); NaNO_3 natrium-nitrat (çili şorası); $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ kriolit; $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ albit (natrium çöl şpatı); $\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$ silvinit; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tron; $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ mirabillit (Qlauber duzu).

Natrium-xloridin ehtiyatı çox böyükdür. Həll olmuş halda okean, dəniz və göllərdə $3,8 \cdot 10^{16}$ ton NaCl var. Tərkibində qələvi metallar olan həll olmayan silikat süxurları yerin səthində daim aşınmaya məruz qalır. Aşınma məhsulları su tərəfindən yuyulur, çaylara, göllərə, dənizlərə və okeanlara gətirilir. Su buxarlandıqda müxtəlif duzların kristalları çökür və laylar əmələ gətirir. Duzların yerləşməsi onların həllolmalarına müvafiq qaydada olur: az həll olanlar (CaSO_4) aşağıda, ondan yuxarıda qalıt (NaCl) layları, bunların üzərində kalium və maqneziumun bəzi duzları yerləşir. Həmin layların arasında qum və gil layları olur.

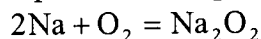
Fizioloji təsiri. İnsanlar, bütün heyvanlar və bəzi bitkilər üçün vacib elementlərdəndir. Na^+ ionu qanın plazmasında və limfada olur. K^+ ionundan fərqli olaraq natrium ionu hüceyrədən kənarında onu əhatə edən mühitdə olur. Canlı orqanizmlərdə Na^+ ionu K^+ ionu ilə birlikdə sinir impulslarının ötürücüsü funksiyasını daşıyır. Na^+ və K^+ ionlarının radiusları müxtəlif olduğundan sinir hüceyrələrinin daxili və xarici membranlarına müxtəlif sürətlə nüfuz edirlər, neyronlarda potensiallar fərqi yaranır və sinir lifi boyunca yerlərini dəyişirlər. Natrium ionu orqanizmin su balansının saxlanması mühüm rol oynayır. Həmin ionların normadan artıq miqdarı orqanizmin artıq miqdarda su qəbul etməsinə səbəb olur.

Fiziki xassələri. Natrium – asan əriyən metaldır. Yumşaqdır, bıçaqla asanlıqla kəsilir. $97,83^\circ\text{C}$ -də əriyir, $882,9^\circ\text{C}$ -də qaynayır. Sudan yüngüldür. Sıxlığı $0,968 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Havada natrium metalının səthi NaOH və Na_2CO_3 təbəqəsi ilə örtülür. Ona görə də kerosində saxlanılır. Natrium birləşmələri alovu sarı rəngə boyayır. Bu üsulla toz dənəciklərində belə natrium birləşmələrini təyin etmək olur. İnsandan tər vasitəsilə NaCl xaric olunur. Məşhur alman kimyaçısı R. Bunzen imtahanından qabaq tələbədən onun hazırladığı kitabı alıb qısa müddətdə qaz lampası alovu qarşısında saxlayırmış. Tələbkar professor kimin kitabında alov sarı rəngə boyandıqda onu imtahana buraxırmış.

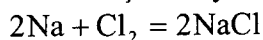
Kimyəvi xassələri. Natriumun elektron quruluşu belədir:



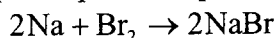
Natrium qələvi metalların tipik nümayəndəsidir. Atomun xarici energetik səviyyəsində bir elektron var. Həmin valent elektronunu asanlıqla verir. Oksidləşmə dərəcəsi +1 və valentliyi 1 olur. Metal kationuna iki elektron birləşdirməklə mənfi yüklü ion (Na^-) əmələ gətirir. Çox quru havada otaq temperaturunda natrium metalı oksigenlə birləşmir, metal parıltısını saxlayır. Qızdırdıqda havada və oksigendə az miqdarda oksid qarışığı olan peroksid əmələ gətirir:



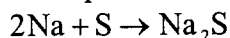
Natriumun xlorla reaksiyasının başlanması üçün əriyənə qədər qızdırmaq lazımdır:



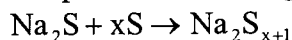
Bromla birləşməsi üçün 200°C -yə qədər qızdırmaq lazımdır:



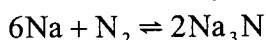
Yodla ərimiş halda belə birləşmir. Qızdırdıqda kükürlə asanlıqla birləşir:



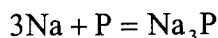
Ərinmiş sulfidə kükürd ilə təsir etdikdə polisulfid əmələ gəlir:



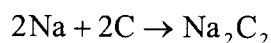
Azot atmosferində natrium metalına sakit elektrik boşalması ilə təsir etdikdə nitrid əmələ gəlir:



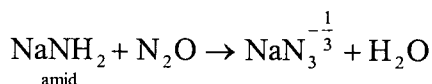
Qızdırdıqda fosforla birləşir:



$800-900^\circ\text{C}$ -də karbonla birləşir, karbid əmələ gətirir:

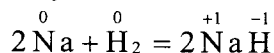


Əridilmiş natrium-amidin üzərindən diazot-monooksid buraxdıqda azid əmələ gəlir:

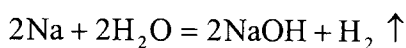


Natrium-azid (NaN_3) çox partlayıcı maddədir. Bir çox metallar kimi civə ilə amalqama əmələ gətirir. Natrium civə ilə intermetallik birləşmələrə aid olan yeddi birləşmə əmələ gətirir.

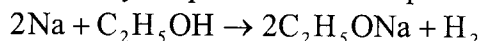
350 °C-də natrium hidrogenlə birləşir:



Natriumun su ilə reaksiyasından natrium-hidroksid əmələ gəlir və qaz halında hidrogen ayrılır:

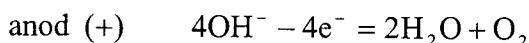
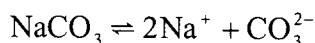


Bu reaksiya ekzotermikdir. Ayrılmış istiliyin təsirindən natrium metalı əriyib yumru hala düşür və ayrılan hidrogen, metalı suyun üzərində o tərəfə bu tərəfə diyirləyir. Metalı suyun üzərində tutub saxladıqda istilik daha da artır və hidrogen öz-özünə alışır. Reaksiyanın sonunda çox kiçik partlayış alınır. Bunun səbəbi ərinmiş qalıqda peroksid birləşmələrin toplanması və guruldayıcı qaz qarışığının ($2\text{H}_2 + \text{O}_2$) əmələ gəlməsidir. Natrium su ilə yalnız maye halda deyil buzla da hətta -98 °C-də reaksiyaya girir. Laboratoriya praktikasında natriumun lazım olmayan qırıntılarını etil spirti vasitəsilə yox edirlər:

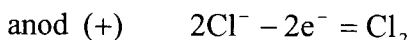


Bu reaksiya natriumun su ilə qarşılıqlı təsirinə nisbətən sakit gedir.

Alınması. Natriumu almaq üçün natrium-xloridin yaxud natrium-hidroksidin ərintisi elektrolizə uğradılır. Xlorid qələviyə nisbətən yüksək temperaturda əriyir. Ona görə də natrium-hidroksidə az miqdarda (12 %-ə qədər) soda əlavə edib alınan qarışığı elektrolizə uğradırlar:



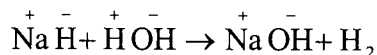
Alınan su ərintidən çox tez buxarlanır.



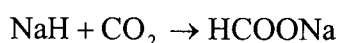
Natriumun alınan oksigen yaxud xlorla reaksiyasının qarşısını almaq üçün kətod misdən hazırlanır və onun üzərində mis silindr yerləşdirilir. Qələvinin ərintisini elektrolizə uğratdıqda anod nikeldən, xloridi elektrolizə uğratdıqda isə qrafitdən hazırlanır.

§ 4. Natriumun birləşmələri

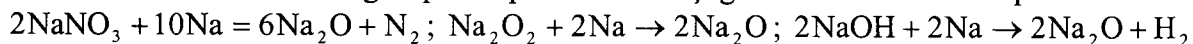
Natrium-hidrid NaH. İon kristal qəfəsinə malik olan bərk maddədir. Həmin kristal Na^+ və H^- ionlarından təşkil olunmuşdur. Qüvvətli reduksiyaedici. Su ilə şiddətli reaksiyaya girir:



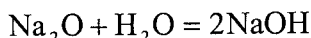
Natrium-hidridi CO_2 ilə qızdırdıqda natrium-formiat əmələ gəlir:



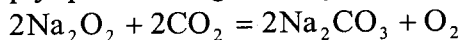
Natrium-oksidi Na_2O . Ağ hiqroskopik tozdu. Aşağıdakı üsullarla almaq olur:



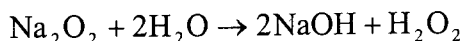
Su ilə şiddətlə reaksiyaya girir:



Natrium-peroksid Na_2O_2 . Açıq-sarı rəngli tozdur. Qrafik formulu belədir:
 $\overset{+1}{\text{Na}}-\overset{-1}{\text{O}}-\overset{-1}{\text{O}}-\overset{+1}{\text{Na}}$. Az miqdar su iştirakı ilə pambığı, kağızı, alüminium tozunu və susuz asetat turşusunu alovlandırır. Sənayedə natrium metalını fırlanan boru sobasında yandırmaqla Na_2O_2 alınır. Parçanın ağardılmasında istifadə edilir. Natrium-peroksidin digər tətbiq sahəsi qapalı yerlərdə, sualtı qayıqlarda oksigenin regenerasiyasında istifadə edilməsidir:

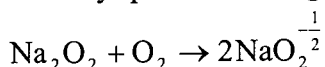


Bu reaksiya izoləedici cihazlar vasitəsilə həyata keçirilir. Peroksidlərə H_2O_2 -nin duzu kimi baxmaq olar. H_2O_2 -də turşuluq xassəsi o qədər zəifdir ki, su onu çıxarır:

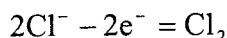


Alınan H_2O_2 qələvi məhlulunda suya və oksigenə parçalanır.

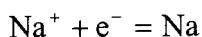
Natrium-peroksid 500 °C və 30 MPa təzyiq altında oksigenlə birləşir:



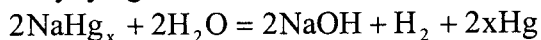
Natrium-hidroksid NaOH . Ağ rəngli hiqroskopik kristaldır. Texniki adı kaustik sodadır. Dənəvər və pulcuqlar şəklində buraxılır. 322 °C-də əriyir. 1390 °C-də qaynayır. Havadan karbon qazını udur. Ona görə də qapalı qablarda saxlanılır. Suda yaxşı həll olur. Bu zaman çoxlu miqdarda istilik ayrılır. Natrium-hidroksidin qatı məhlulu şüşəni aşındırır. Ona görə də onu polietilen qablarda saxlayırlar. Qızdırdıqda natrium-hidroksid şüşəni, farforu (çini qabı) və oksigen iştirak etdikdə platini aşındırır. Ona görə də natrium-hidroksidi gümüş, nikel yaxud dəmir qablarda əridirlər. Qələvi məhlulunu cilalanmış tıxacı olan şüşə qabda uzun müddət saxladıqda qələvinin şüşə ilə reaksiyasından və karbonat əmələ gəlməsindən tıxac qaba yapışır. Sənayedə istehsal olunan natrium-hidroksidin çox hissəsi amalqama (civə) üsulu ilə alınır. Bu üsulda dövrü olaraq maili vəziyyətə salınan elektrolizərdən istifadə edilir. Həmin elektrolizerin uzunluğu 12 metr, eni isə 1,20 metr olur. Elektrolizərdən 15 sm/san sürətlə civə hərəkət edir. Elektrolizerin dibindəki civə təbəqəsi katod rolunu oynayır. Üzəri platin metallarının oksidləri ilə örtülən titan anoddan istifadə edilir. Anodda qaz halında xlor ayrılır:



Civə katodda hidrogen əvəzinə natrium ayrılır (civə katodda hidrogenin ifrat gərginliyi yüksəkdir):

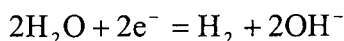


Alınan natrium civə ilə amalqama əmələ gətirir. Onda 0,2 %-ə qədər natrium olur. Elektrolizer maili vəziyyətə salındıqda parçalayıcıya daxil olur. Orada qrafit katalizatorun iştirakı ilə qaynar su ilə reaksiyaya girir:

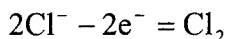


Civə yenidən elektrolizə qaytarılır. Alınan natrium-hidroksiddə parçalanmamış natrium-xlorid olur. Onu kənar etmək üçün məhlul buxarlandırılır. Bu zaman NaCl -in demək olar ki, hamısı çöküntü şəklində ayrılır. Sonra məhlul buxarlandırılır. Alınan bərk qalıq (NaOH) qələviyədavamlı çuqun tavalarda əridilir. Bu yolla alınan natrium-hidroksiddə 92-95 % NaOH olur. Qalan qarışıq (8-5 %) Na_2CO_3 və NaCl -dən ibarət olur.

Diafraqma üsulu ilə ucuz natrium-hidroksid alınır. Diafraqma üsulu ilə işləyən elektrolizərdə katod və anod sahəsi məsaməli arakəsmə ilə ayrılmışdır. Arakəsmə flüoroplastlardan hazırlanan iondəyişdirici membrandan hazırlanmışdır. Elektrolizerin belə quruluşu alınan natrium-hidroksidin xlorla reaksiyasının qarşısını alır. Dəmir katodda su molekulları reduksiya olunur:

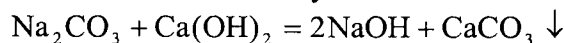


Amalqama üsulunda olduğu kimi anodda xlorid ionu oksidləşir:

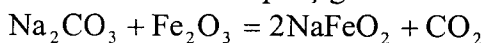


Katod sahəsində natrium-hidroksid 12 %-li məhlul şəklində toplanır. Natrium-hidroksidin

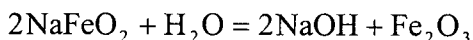
sənayedə ikinci alınma üsulu sodanın kaustikasiyasıdır:



Kalsium-karbonat filtrlənir, filtrat dəmir çənlərdə buxarlandırılır. Sonra quru qələvi əridilir. Ferrit üsulunda soda və dəmir 3-oksit qarışığı 1000-1100 °C-də əridilir.



Alınan qarışıq su ilə işlənir:

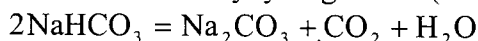


Natrium-hidroksid kimya sənayesinin vacib məhsullarındandır. Natriumun duzlarının əksəriyyətinin istehsalında tətbiq edilir. Oduncaqdan sellülozanın alınmasında istifadə edilir. Süni ipək, sabun, yuyucu vasitələr, isladıcılar və emulqatorlar, boyaqlar istehsalında, boksitlərdən alüminium-oksit istehsalında və s. istifadə edilir.

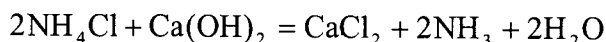
Natrium-karbonat Na_2CO_3 . Texniki adı kalsinasiya olunmuş sodadır. Ağ kristallik maddədir. 853 °C-də əriyir. Kristalhidratı $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ havada aşınır, toz halına düşür, kristallaşma suyunun bir hissəsini itirir. Hidroliz nəticəsində suda məhlulu qələvi xassəlidir. Soda qədim dövrlərdən məlumdur. 4000 il bundan əvvəl qədim misirlilər göllərin suyundan soda almışlar. Ondan da şüşə istehsalında istifadə etmişlər. Dəniz yosunlarının külündə soda quruda bitən bitkilərin külünə nisbətən çoxdur. Uzun müddət sodanı kalium-karbonatla dəyişik salmışlar. Orta əsrlərdə müəyyən etmişlər ki, quruda bitən bitkilərə nisbətən dəniz bitkilərinin külündən yaxşı sabun alınır. Soda sənayedə ammoniyak (Solve) üsulu ilə istehsal olunur. Bu məqsəd ilə doymuş natrium-xlorid məhlulundan ekvimolyar miqdarda ammoniyak və karbon qazı buraxılır:



Natrium-hidrokarbonat filtrlənir və kalsinasiyaya uğradılır (susuzlaşdırılır):



Alınan karbon qazı və məhlula sönmüş əhəngin təsirindən ayrılan ammoniyak yenidən soda istehsalına sərf olunur:



Sodadan şüşə və sabun istehsalında, toxuculuqda, sellüloz-kağız istehsalında, neft məhsullarının təmizlənməsində, suyun codluğunun aradan qaldırılmasında və çuqunun kükürdsüzləşdirilməsində istifadə edilir.

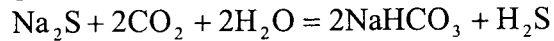
Natrium-sulfat Na_2SO_4 . Texniki adı kalsinasiya olunmuş sulfatdır. Kristalhidratı $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Qlauber duzudur. Qara-Boğaz-Göl körfəzində (Xəzər dənizində) çox böyük yatağı var. 32,4 °C-dən yüksək temperaturda məhluldan susuz natrium-sulfat ayrılır. Həmin temperaturdan aşağıda duzun kristalhidratı $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ayrılır. Məhz həmin temperaturda həll olur və suyunu itirir. Natrium-sulfatdan viskoz ipəyi, şüşə, natrium-sulfid, ultramarin və farmatseptik preparatlar istehsalında istifadə edilir.

Natrium-xlorid NaCl . Ağ kristallik maddədir. 801 °C-də əriyir, qaynama temperaturu 1440 °C-dir. Soyuq və qaynar suda təxminən eyni dərəcədə həll olur. 20 °C-də 100 q suda 35,8 q NaCl həll olur. Təmiz natrium-xlorid hiqroskopik deyil. Lakin praktikada istifadə edilən natrium-xlorid açıq havada yapıxır. Bunun səbəbi onda olan qarışıq halında maqnezium-xloridin olmasıdır. Xörək duzunun saxlanma müddətini uzatmaq məqsədilə natrium-fosfatla işləyirlər. Bu zaman Mg^{2+} ionu $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ şəklində çökür. Lakin bu tibbi nöqtəyi nəzərdən doğru deyil. Ona görə ki, insan və heyvan orqanizmində metal kationlarının müəyyən nisbəti saxlanmalıdır. Təbiətdə böyük yataqlar əmələ gətirir. Müxtəlif təbii şəraitdə əmələ gələn natrium-xlorid (qalit) müxtəlif kristallik bitişiklər halında olur. Həmin kristalların bəziləri zəif bənövşəyi rəngdə olur. Bunun səbəbi duz kristallarında radioaktiv şüalanma nəticəsində əmələ gələn metallik natriumun olmasıdır. Dəniz suyunda orta hesabla 2,7 % natrium-xlorid var. İnsan orqanizmində (qanda və toxumalarda) 150-300 q NaCl var. Gündəlik qida rasionunda 10-15 q natrium-xlorid tələb olunur. Normadan artıq qəbul edilməsi (xüsusilə böyrəklər normal işləmədikdə) orqanizmə zərərli olur. Qanda 0,9 % NaCl var. Qan plazmasını müvəqqəti əvəz edən fizioloji məhlulda

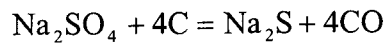
natrium-xloridin miqdarı həmin qatılıqda olur. Duz laylarından natrium-xloridi istehsal etmək üçün partlayışla xırdalayrlar yaxud yerin altında suda həll edib, alınan duzlu suyu yerin üzərinə çıxarır və buxarlandırırlar.

Natrium-xloriddən kimya sənayesində bir sıra vacib məhsulların alınmasında istifadə edilir. Onlara misal olaraq NaOH, H₂, Cl₂, NaClO, NaClO₃, Na, NaHCO₃, Na₂CO₃, HCl, NaCN və s. göstərmək olar. Natrium-xloriddən konservləşdirici və soyuducu vasitə kimi istifadə edilir. NaCl ilə buzun kütlə ilə 3,5:1 olan nisbətdə qarışığının temperaturu -21 °C olur. Natrium-xloriddən sabun və üzvi boyaqqlar istehsalında istifadə edilir. Keramikada və alüminiumun elektrolitik nikellənməsində tətbiq edilir.

Natrium-sulfid Na₂S·9H₂O. Ağ kristaldır. Hidrogen-sulfid iyi verir. Bunun səbəbi hidrogen-sulfidin karbon qazı ilə əvəz olunmasıdır:



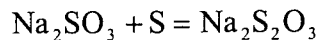
Natrium-sulfid suda həll olur. Natrium-sulfatla kömürün yüksək temperaturda qarşılıqlı təsirindən alınır:



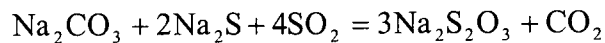
Dərinin aşılmasında və üzərindəki tükün təmizlənməsində tətbiq edilir.

Natrium-sulfit Na₂SO₃. Kristalhidratı Na₂SO₃·7H₂O-dur. Konservləşdirmədə, dezinfek-siyada və fotoqrafiyada tətbiq edilir.

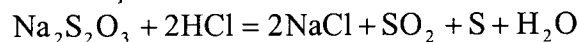
Natrium-tiosulfat Na₂S₂O₃·5H₂O. Ağ kristaldır. Doymuş məhlulunu soyutduqda ifrat doymuş məhlul əmələ gətirir. Qaynar məhlulda kükürdün natrium-sulfitlə reaksiyasından alınır:



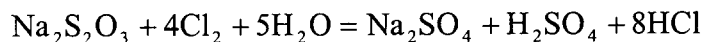
Bundan əlavə piritin yandırılmasından alınan kükürd qazının Na₂CO₃ və Na₂S məhlulları qarışığına buraxılmasından alınır:



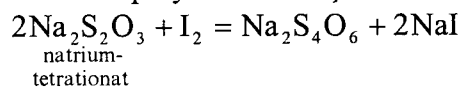
Natrium-tiosulfat məhluluna turşu ilə təsir etdikdə kükürdün kolloid məhlulu alınır:



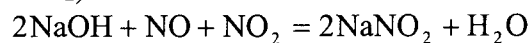
AgCl və gümüşün digər az həll olan birləşmələri natrium-tiosulfatın təsirindən həll olan hala keçir (tiosulfat kompleksləri əmələ gəlir). Natrium-tiosulfatın fotoqrafiyada tətbiq olunması buna əsaslanmışdır. Kağızın ağardılmasında xlorun artığının kənar edilməsində antixlor kimi istifadə edilir:



Analitik kimyada yodu miqdarı olaraq təyin etmək üçün titrant kimi istifadə edilir:

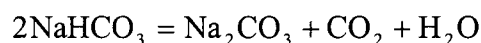


Natrium-nitrit NaNO₂. Ağ rəngli kristaldır. Suda yaxşı həll olur, zəhərlidir. Sənayedə nitroz qazlarından (NO və NO₂) və natrium-hidroksiddən alınır:



Natrium-nitritdən poladı zağlamaq (parlaq rəng vermək) üçün tətbiq edilən komponent (NaOH+NaNO₃+NaNO₂) hazırlanmasında istifadə edilir. Bişirilmiş ət məmulatlarını tərkibində 0,4 % NaNO₂ olan xörək duzu ilə duzladıqda ətin təbii rəngi uzun müddət saxlanır, NO mioqlobinlə qırmızı rəngli addukt əmələ gətirir.

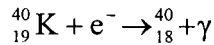
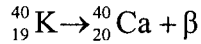
Natrium-hidrokarbonat NaHCO₃. Ağ rəngli kristallik tozdur. Hiqroskopik deyil. Suda az həll olur. 300 °C-də parçalanır:



Natrium-hidrokarbonatın texniki adı içməli sodadır. Ondan çörəkbişirmədə, yanğın söndürülməsində, qazlı içkilər hazırlanmasında, mədənin turşuluğu artıq olduqda dərman kimi istifadə edilir.

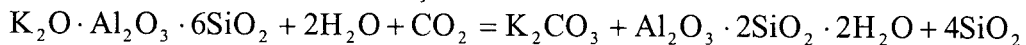
§ 5. Kalium

Atom nömrəsi 19-a bərabərdir. Nisbi atom kütləsi 39,098-dir. Gümüşü-ağ rəngli metaldir. Təbii kalium ^{39}K (93,1 %), ^{41}K (6,88 %) və ^{40}K (0,0119 %) izotoplarının qarışığından ibarətdir. ^{40}K izotopunun yarımparçalanma dövrü 1 milyard 320 milyon ildir. Həmin izotopun çox hissəsi β -şüaları buraxaraq ^{40}Ca izotopuna çivrilir. Az hissəsi isə özünə elektron birləşdirərək $^{40}_{18}\text{Ar}$ izotopunu əmələ gətirir:



Kaliumun təbii birləşmələri qədimdən məlumdur. Lakin, onları natrium birləşmələrindən fərqləndirməmişlər. Yalnız XVIII əsrdə müəyyən etmişlər ki, «bitki qələvisi» (potaş K_2CO_3) «mineral qələviyə» (soda Na_2CO_3) nisbətən yaxşı yuyur. Kaliumu ilk dəfə ingilis alimi H.Devi almışdır. O, rütubətli kalium-hidroksidi elektrolizə uğratmaqla kalium metalını almışdır. Kalium adı ərəbcədən «alkali» sözündən götürülmüşdür, bitki külü və qələvi mənasını verir.

Təbiətdə yayılması. Kalium təbiətdə yalnız birləşmələr şəklində tapılır. Minerallarda, dəniz suyunda, bitkilərdə və canlı orqanizmlərdə olur. 1 l dəniz suyunda 0,38 q K^+ ionu olur. Bu natriumla müqayisədə (40:1) çox azdır. Torpaq, dağ süxurlarının, havanın, suyun, temperatur dəyişmələrinin və bütün canlıların fəaliyyətinin təsirindən əmələ gəlir. Torpağın altında ana süxurlar adlanan dağ süxurları var. Onlar tədricən aşınır və torpaq əmələ gəlməsində iştirak edirlər. Süxurlar mexaniki aşınmadan başqa kimyəvi aşınmaya da məruz qalırlar. Karbon qazı və su (az da olsa digər maddələr) tədricən süxurları aşındırır. Yer qabığının təqribən 18 %-ni kaliumlu minerallar-ortoklaz təşkil edir. O, silikat turşularının ikiqat duzudur. $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ yaxud $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$. Kimyəvi aşınma nəticəsində ortoklaz kaolinə və kalium-karbonata çevrilir:



Kalium-karbonat dissosiasiya edir:

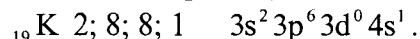


Kalium ionlarının az hissəsi torpaq məhluluna keçir. Həmin ionların çox hissəsi torpaq kolloidləri tərəfindən tutulur. Həmin kolloidlərdən bitkilər kaliumu mənimsəyə bilmirlər. Ona görə də torpaqda kalium olmasına baxmayaraq bitkilər həmin elementdən aclıq çəkir. Kaliumun geniş yayılan mineralları aşağıdakılardır: KCl – silvin; $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – karnalit; $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – kainit; $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ – silvinit və s. Qazaxıstanda və Belorusda kalium birləşmələrinin yataqları var.

Fizioloji təsiri. Kalium bitkilər üçün ən vacib elementlərdəndir. Na^+ ionundan fərqli olaraq K^+ ionu hüceyrənin daxilində olur. İnsan orqanizmində təqribən 175 q kalium var. Ürəyin normal işi kalium və natrium ionlarının qatılığının müəyyən nisbətindən asılıdır. İnsan orqanizmində $3 \cdot 10^{-6}$ q-a qədər radioaktiv kalium izotopu (^{40}K) var. Hər saniyədə orqanizmdə $5 \cdot 10^3$ kalium atomlarının radioaktiv çevrilməsi baş verir. Bu orqanizmin çox da böyük olmayan sabit radioaktivliyini təmin edir. Bioloji təkamül nəticəsində orqanizmin aktivliyinin həmin səviyyəsi onun normal halda mövcudluğunun vacib faktorlarından biri olmuşdur.

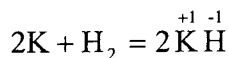
Fiziki xassələri. Nisbətən aşağı temperaturda (63,55 °C-də) əriyir. 760 °C-də qaynayır. Yüngül metaldir. Sıxlığı $0,862 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. İstiliyi və elektrik cərəyanını yaxşı keçirir. Yumşaqdır, bıçaqla asanlıqla kəsilir. Digər qələvi metallar kimi maye ammoniyakda həll olur. Metalın miqdarı az olduqda alınan məhlul açıq-mavi rəngdə olur. Çox olduqda tünd göy nəhayət qırmızı olur. Onu kerosində uzun müddət saxladıqda üzəri superoksid təbəqəsi ilə örtülür. Bu isə metalı kəsdikdə yanğına səbəb ola bilər.

Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir:

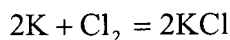


Birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi +1, valentliyi 1 olur. Qeyri-metallarla ion tipli

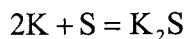
birləşmələr əmələ gətirir. Havada çox tez oksidləşir. Oksigenlə üç tip birləşmə əmələ gətirir: az miqdarda $K_2\overset{-2}{O}$ (oksid), $K_2\overset{-1}{O}_2$ (peroksid) və əsasını $KO_2^{\frac{1}{2}}$ (superoksid) təşkil edir. Kalium praktik olaraq qeyri-metalların hamısı ilə birləşir. 200 °C-də hidrogenlə hidrid əmələ gətirir:



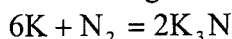
Halogenlərlə çox fəal sürətdə birləşir:



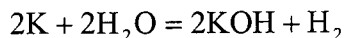
Azca qızdırdıqda kükürlə birləşir:



Kalium yüksək temperaturda və təzyiqdə belə azotla birləşmir. Yalnız elektrik boşalmasında az miqdarda kalium-nitrid əmələ gətirir:

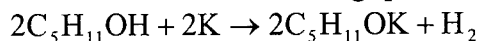


Ona görə də kalium metalı ilə işlədikdə azot qoruyucu atmosfer ola bilər. Su ilə şiddətlə reaksiyaya girir:

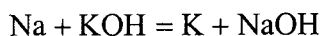


Bu reaksiyada çoxlu istilik ayrılır. Həmin istilikdən metalın qalan hissəsi əriyir və reaksiya daha şiddətlə gedir. Ayrılan hidrogen bənövşəyi alovla yanır.

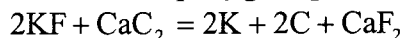
Laboratoriya praktikasnda kalium metalının artığı pentanol vasitəsilə zərərsizləşdirilir:



Alınması. Sənayedə sərbəst kalium metalı az miqdarda istehsal olunur. Ona görə ki, tətbiq sahəsi geniş deyil. Onu ərinmiş kalium-hidroksidə və kalium-xloridə natrium metalı ilə təsir etməklə alırlar:

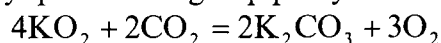


Həmçinin kalium-flüoridlə kalsium-karbid qarışığını qızdırmaqla almaq olur:



Kalium-hidroksid ərintisinin elektrolizindən də kalium metalını almaq olur. Lakin bu üsul geniş yayılmamışdır. Ona görə ki, kalium metalı çox fəaldır, qızdırdıqda elektroliz aparatını aşındırır.

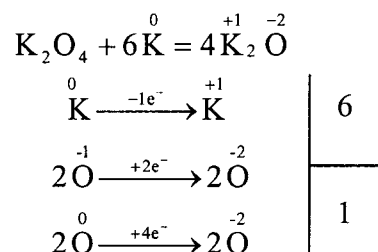
Tətbiqi. Təmiz kalium metalı əsasən superoksid (KO_2) alınmasına sərf olunur. Kalium-superoksid vasitəsilə sualtı qayıqlarda və digər qapalı yerlərdə oksigen regenerasiya edilir:



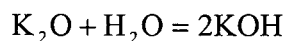
Kalium metalı natrium metalına nisbətən bahadır. Ona görə də xassələri bir-birinə çox oxşadığından çox vaxt kaliumu natriumla əvəz edirlər.

§ 6. Kaliumun birləşmələri

Kalium-oksid K_2O . Sarımtıl rəngli tozdur. Kalium-superoksidin kaliumla qızdırılmasından alınır:



Kalium-oksid güclü əsasi xassəlidir:



Kalium-oksidin demək olar ki, praktiki əhəmiyyəti yoxdur.

Kalium-ozonid KO_3 . Kalium-ozoniddə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi $-\frac{1}{3}$ -ə bərabərdir:

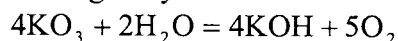
$\text{KO}_3^{-\frac{1}{3}}$. Çox qüvvətli oksidləşdiricidir, quru kalium-hidroksidə ozonun təsirindən alınır:



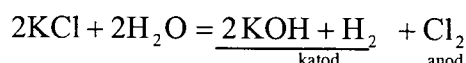
Saxlandıqda adi şəraitdə tədricən oksigen verir:



Su ilə şiddətlə reaksiyaya girir və oksigen ayrılır:



Kalium-hidroksid KOH . Texniki adı kalium qələvisidir. Suda məhlulu kalium tortası adlanır. Kalium-xloridin suda məhlulunun elektrolizindən alınır:

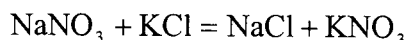


Ağ hiqroskopik kristallik kütlədir. Çox vaxt xırda pulcuqlar şəklində istehsal edilir. 360°C -də əriyir. Suda yaxşı həll olur. Bu zaman çoxlu istilik ayrılır. Kalium duzlarının alınmasında, maye sabun və boyaq istehsalında, nikel-kadmium akkumulyatorlarında elektrolit kimi istifadə edilir. Spirtə məhlulundan cərrahiyyədə istifadə edilir.

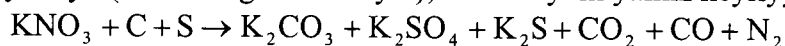
Kalium-nitrat KNO_3 . Texniki adı kalium şorasıdır. Kiçik yataqlar şəklində tapılır. Ağ rəngli kristallardan ibarətdir. Hiqroskopik deyil. İsti suda yaxşı, soyuq suda isə pis həll olur. Dadı acıdır. Ərimə temperaturundan yüksək temperaturda parçalanır:



Təbii natrium-nitratın qaynar doymuş məhlulu ilə kalium-xloridin qarışdırılmasından alınır:



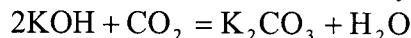
NaCl çöküntü halında alınır. Filtratı soyutduqda kalium-nitrat ayrılır. Kalium-nitrat qara barıtın əsasını təşkil edir. Qara barıt kütlə ilə 75 % kalium-nitratdan, 15 % ağac kömüründən və 10 % kükürddən ibarətdir. Qara barıtın partlayıcı təsiri kalium-nitrat parçalandıqda ayrılan oksigenin kükürdü və kömürü yandırmasına əsaslanmışdır. Onun partlaması reaksiyasının tənliyini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar. Həmin tənlik reaksiyanın stexiometrik tənliyi deyil (əmsallar göstərilməyib), o reaksiyanı yalnız keyfiyyətcə əks etdirir:



1 kq qara barıt partladıqda təqribən 280 l (n.ş.-də) qaz qarışığı ayrılır. Qara barıtın təqribən yarısı qaza çevrilir, qalan hissəsi bərk qalıq halında qalır, ağ tüstü əmələ gətirir.

Kalium-karbonat K_2CO_3 . Texniki adı potaşdır. Ağ hiqroskopik tozdur. Suda yaxşı həll olur. Suda məhlulu qələvi xassəlidir. Ona görə ki, duz qüvvətli əsasdan və zəif turşudan əmələ gəlmişdir, suyun təsirindən hidrolizə uğrayır. Aşağıdakı üsullarla alınır:

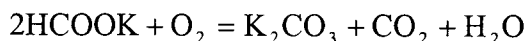
1. Kalium-hidroksid məhlulunun karbon 4-oksidi ilə reaksiyasından:



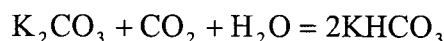
2. Formiat üsulu. Kalsium-hidroksid iştirakı ilə kalium-sulfatın karbon-monooksid ilə reaksiyasından kalium-formiat alınır. Reaksiya 230°C -də və 1,5 MPa (≈ 15 atm.) təzyiqdə aparılır:



Alınan kalium-formiat havada közərdilir:



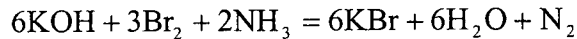
Kalium-karbonat şüşə, sabun və kalium-polisulfid istehsalında tətbiq edilir. Çörək-bulka istehsalında xəmirin şişirdilməsində istifadə edilir. Texniki qazlardan CO_2 -nin kənar edilməsində tətbiq edilir:



Kalium-xlorid KCl . Ağ kristallardan ibarətdir. Kəskin duzlu dadı var. 750°C -də əriyir. Suda həll olur. Təbii filizdən flotasiya yaxud kristallaşdırma üsulu ilə alınır. Kaliumun digər

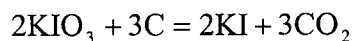
birləşmələrinin alınmasında tətbiq edilir. Kalium gübrələrinin əsasını təşkil edir.

Kalium-bromid KBr. Ağ rəngli kubik kristallar əmələ gətirir. Kalium-xloridə nisbətən suda yaxşı həll olur. Kalium-hidroksid məhluluna brom və ammoniyakla təsir etməklə alınır:



Fotoqrafiyada antivual (neqativin tutqun yeri əmələ gəlməsinə qarşı) və tibbdə sakitləşdirici vasitə kimi tətbiq edilir.

Kalium-yodid KI. Ağ rəngli kubik kristallar əmələ gətirir. 682 °C-də əriyir. Suda çox yaxşı həll olur. Kalium-yodid məhlulu sərbəst yodu həll edir, $\text{KI} \cdot \text{I}_2$ tərkibli sarımtıl-qonur rəngli yodlu su əmələ gətirir. Həmin duz kompleks duzdur. K^+ və $[\text{I}(\text{I}_2)]^-$ ionlarından təşkil olunmuşdur. $[\text{I}(\text{I}_2)]^-$ ionu sarımtıl-qonur rənglidir. Kalium-yodid kalium-hidroksid məhlulunun yodla reaksiyasından və sonra alınan yodid və yodat duzları qarışığının kömürlə közərdilməsindən alınır:



Kalium-yodid gümüş-yodidin alınmasında və xörək duzunun yodlaşdırılmasında tətbiq edilir.

Kalium-sulfat K_2SO_4 . Ağ kristallik maddədir. Suda yaxşı həll olur. 1074 °C-də əriyir. Kalium-xloriddən və maqnezium-sulfatdan alınır. Mineral gübrələr, həll olan şüşə və kalium zəyləri istehsalında tətbiq edilir.

Kalium-polisulfid $\text{K}_2(\text{S}_n)$. n-nin qiyməti 2 ilə 6 arasında olur. 250 °C-də kalium-karbonatla kükürd qarışığının əridilməsindən alınır. Onda qarışıq şəklində kalium-tiosulfat $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ olur. Polisulfidlər polad, çuqun, bürünc, mis və gümüş əşyaların sulfidləşdirilməsində tətbiq edilir. Həmin əşyaların səthində metalın sulfidləri uyğun rəng əmələ gətirir.

§ 7. Rubidium, sezium, fransium və onların birləşmələri

Kəşfləri tarixi. Rubidium və seziumu 1860-1861-ci illərdə alman kimyaçıları Bunzen və Kirxhof mineral sularda spektral analiz vasitəsilə kəşf etmişlər: rubidium tünd-qırmızı, sezium açıq-mavi spektrlərdə olur. 1930-cu ildə M.Perey aktiniumun radioaktiv parçalanması məhsullarında fransiumu aşkar etmişdir.

Təbiətdə yayılması. Minerallarda, duz laylarında və mineral mənbələrdə rubidium və sezium kaliumun peykləridirlər (onunla birlikdə tapılırlar). Onlar çox az miqdarda olurlar. Məsələn, karnalidə 0,015-0,04 % rubidium olur. Sezium daha az miqdarda olur. Seziumun çox nadir mineralı avoqadritdir $(\text{K}, \text{Cs})[\text{BF}_4]$. Sənaye əhəmiyyətli pollutsitin formulu belədir: $(\text{Cs}, \text{Na})[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Bu formullar onu göstərir ki, birinci kalium və sezium tetraflüorboratdır. Həmin kristalın karkasını $[\text{BF}_4]^-$ anionu təşkil edir. Müxtəlif yerlərdə tapılan həmin mineralda K^+ və Cs^+ kationlarının nisbəti müxtəlif olur. Rubidiumun xüsusi mineralı yoxdur. Lepidolit $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$ mineralında az miqdarda rubidium olur.

Alınması. Rubidium və sezium xloridlərinin kalsium metalı ilə qızdırılmasından yaxud duzlarının ərintisinin vakuumda elektrolizindən alınır.

Kimyəvi xassələri. Rubidium və sezium çox fəal metallardır. Sezium sarımtıl-qızılı rəngli metaldır. Havada çox ani vaxtda üzərləri oksid və peroksid təbəqəsi ilə örtülür. Həmin metalların nisbətən iri parçaları havada öz-özünə alışırlar. Onların su ilə reaksiyası partlayışla gedir. Rubidium oksigenlə superoksid RbO_2 əmələ gətirir. Ondan başqa peroksidi Rb_2O_2 və Rb_2O_3 ($\text{Rb}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{RbO}_2$) tərkibdə peroksid və superoksidin qarışığı var. Oksidi Rb_2O xüsusi şəraitdə oksigen çatışmazlığı şəraitində alınır. Sezium da oksigenlə superoksid CsO_2 əmələ gətirir. Sezium-oksidi Cs_2O oksigen çatışmazlığı şəraitində alınır. RbO_3 və CsO_3 tərkibli qırmızı rəngli ozonidləri var. Sezium Cs_3P_2 tərkibli fosfid əmələ gətirir. Sezium bütün stabil (radioaktiv olmayan) bəsit maddələrin içərisində atom həcmi ən

böyük olandır. Işığın təsirindən rubidium və seziyum atomları valent elektronunu itirir. Bu hadisə *fotoelektrik effekti* adlanır. RbOH və CsOH çox qüvvətli əsaslardır. Onları şüşə qabda saxlamaq olmaz, şüşəni aşındırırlar. Rubidium çox az sahələrdə tətbiq edilir. Seziyum kimi rubidiumdan da fotoelementlər hazırlanır. Bu metallardan vakuüm cihazları hazırlandıqda qazuducu (ketter) kimi istifadə edilir. Fransium Fr radioaktiv elementdir. Ən çox yayılmış izotopu ^{223}Fr -dur. Onun yarımparçalanma dövrü 22 dəqiqədir. Fransium və onun birləşmələrinin xassələri az öyrənilmişdir.

§ 8. Mis

Bəşəriyyətə qədimdən məlumdur.

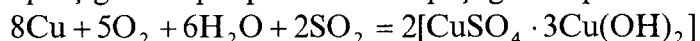
Təbiətdə tapılması. Mis yer qabığının kütləsinin $4,7 \cdot 10^{-3}$ %-ni təşkil edir. Əsasən birləşmələr şəklində tapılır. Vacib mineralları mis parıltısı CuS, mis kolçedanı (xalkoprit) CuFeS₂ və bornit Cu₃FeS₃-dür. Bunlar sulfidli polimetallik filizlərin tərkibinə daxil olurlar. Nadir hallarda tapılan CuCO₃·Cu(OH)₂ malaxit, 2CuCO₃·Cu(OH)₂ azurit və Cu₂O kuprit mineralları var.

Fiziki xassələri. Metallik mis qırmızı rənglidir. 1083⁰C-də əriyir və 2877⁰C-də qaynayır. Ondan qalınlığı 2,5 mikron olan (papiros kağızından 5 dəfə nazik) lövhə hazırlamaq olur. Təmiz mis yaxşı emal olunur. Qarışıqlar onun bərkliyini artırır. Mis elektriki və istiliyi yaxşı keçirir. Arsen və stibium qarışıqları onun elektrik keçiriciliyini azaldır. Mis müxtəlif xəlitələr əmələ gətirir.

Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir: $_{29}\overset{\circ}{\text{Cu}} 2; 8; 18; 1 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$. Mis passiv metallara aiddir. Lakin havada su buxarı və karbon qazı ilə təmasda olduqda misdən hazırlanan əşyaların səthində tədricən solğun-yaşıl rəngli pas əmələ gəlir:

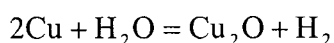


Havada kükürd qazı qarışığı olduqda paralel olaraq aşağıdakı proses də gedir:

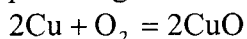


Hidrogen-sulfid olduqda Cu₂S və CuS-dən ibarət qara örtük əmələ gəlir.

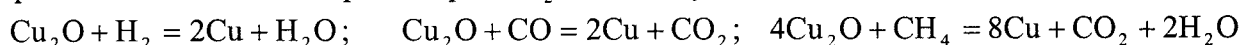
Dənizin yaxınlığında isə misin səthi əsasi mis-xloridlə CuCl₂·3Cu(OH)₂ örtülür. Közərinçəyədək qızdırılmış misi soyuq suya saldıqda səthi parlaq-qırmızı rəngli mis 1-oksidlə örtülür:



Mis tədricən havada qızdırıldıqda qara rəngli mis 2-oksidi əmələ gəlir:



Adi halda mis nümunəsində çox az miqdarda Cu₂O olur. Belə metalı H₂, CO və CH₄ qazları olan atmosferdə qızdırdıqda Cu₂O reduksiya olunur:

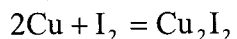


Əmələ gələn su buxarları və karbon qazı metaldan ayrılarkən çatlər əmələ gətirirlər. Bu isə metalın mexaniki xassələrini pisləşdirir kövrəkliyini artırır. Bu hadisə «hidrogen xəstəliyi» adlanır.

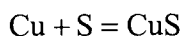
Mis flüor, xlor və bromla birləşərək müvafiq halogenidlər əmələ gətirir:



Yodla birləşdikdə birvalenli olur:

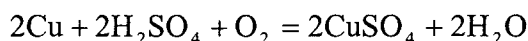


Mis kükürd buxarlarında yanır:

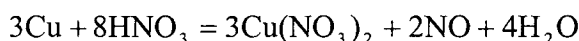
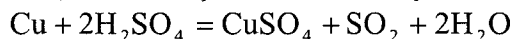


Mis oksigenə nisbətən kükürdlə birləşməyə daha meyllidir. Misin pirometallurgiya üsulu ilə alınması buna əsaslanmışdır. Metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında mis hidrogendən sonra yerləşir. Ona görə də oksigensiz turşularla qarşılıqlı təsirdə olmur. Misin vacib

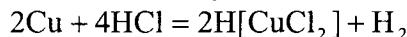
duzlarından olan CuSO_4 metalı duru H_2SO_4 məhlulunda qızdırmaqla alınır:



Qızdırdıqda qatı sulfat turşusunda, nitrat turşusunda isə adi şəraitdə belə həll olur:

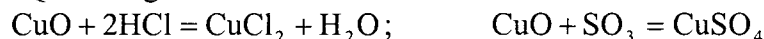


Misin qatı xlorid turşusu ilə reaksiyasından hidrogen ayrılır:



İlk baxışda bu reaksiya metalların elektrokimyəvi gərginlik sırası ilə ziddiyyət təşkil edir. Lakin, unutmamalıyıq ki, elektrokimyəvi gərginlik sırası standart şəraitdə ($T=298\text{ K}$, $P=1\text{ atm.}$) qatılığı 1 mol/l duzun (turşunun) məhluluna üzərinin oksid təbəqəsi təmizlənmiş metal lövhə saldıqda gedən reaksiyalara əsasən düzəldilmişdir. Duzun yaxud turşunun qatılığı 1 mol/l -dən artıq olduqda həmin sıra gözlənilmir. Bizim misalda turşunun qatılığı 1 mol/l -dən çoxdur, bundan əlavə $2\text{H}[\text{CuCl}_2]$ kompleksinin əmələ gəlməsi tarazlığı sağa hidrogenin əmələ gəlməsi istiqamətinə doğru yönəldir.

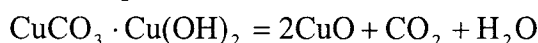
Mis 2-oksidi CuO . Qara rəngli tozdur. Suda həll olmur. Əsasi oksiddir:



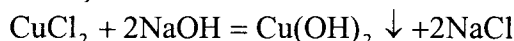
Reduksiyaedicilərin təsirindən asanlıqla mis alınır:



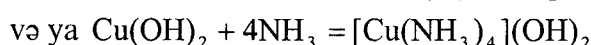
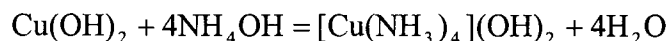
Misin oksidləşməsindən, mis 2-hidroksidin və əsasi-mis karbonatın (malaxitin) parçalanmasından alınır:



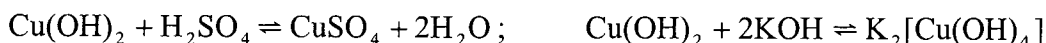
Mis 2-hidroksidi $\text{Cu}(\text{OH})_2$. İkivalentli mis duzları məhluluna qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə mavi rəngli mis 2-hidroksid çökür:



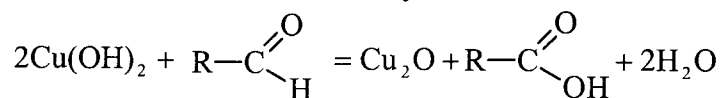
Mis duzlarına ammonium-hidroksidlə təsir etdikdə əvvəlcə mis 2-hidroksid çökür, sonra ammoniyakın artığında həll olur:



Misin ammiakatu intensiv göy-bənövşəyi rəngdə olur. Ona görə də analitik kimyada Cu^{2+} ionunun kiçik miqdarını təyin etmək üçün həmin reaksiyadan istifadə edilir. Mis 2-hidroksiddə amfoterlik xassəsi çox zəifdir. Turşularda asanlıqla həll olur. Qələvi məhlullarında isə çətinliklə həll olur:



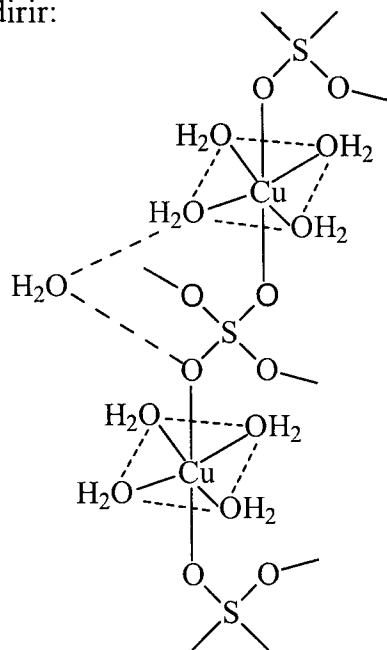
Mis 2-hidroksid aldehidlərin, şəkərlərin, hidrazinin, hidroksilaminin və s. reduksiyaedici xassəsi güclü olmayan maddələrin təsirindən reduksiya olunur:



Bu reaksiyada əvvəlcə sarı rəngli çox narın (dispers) mis 1-oksidi alınır. Sonra o mis 1-oksidi qırmızı rəngli nisbətən iri hissəciklərini əmələ gətirir. Bəzi vəsaitlərdə səhv olaraq həmin reaksiyada əvvəlcə mis 1-hidroksid (sarı rəngli) alınması, sonra onun mis 1-oksidi (qırmızı rəngli) parçalandığı göstərilir.

Mis 2-sulfat CuSO_4 . Rəngsiz halda ağ tozdur, suyu udduqda göyərir. Ona görə də ondan üzvi maddələrdə çox az miqdarda olan suyu aşkar etmək üçün istifadə edilir. Mis 2-sulfatın suda məhlulu xarakterik göy-mavi rəngdə olur. Bu rəng hidratlaşmış $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ionunun rəngidir. Ona görə də Cu^{2+} ionunun duzlarının suda məhlulu göy-mavi rəngdə olur. Suda məhlulundan mis 2-sulfat beş molekul kristallaşma suyu ilə ayrılır, şəffaf köy

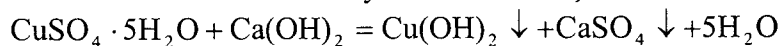
kristallar əmələ gətirir. Belə halda o mis kuporosu adlanır. Mis kuporosunda beşinci su molekulu körpücük rolunu oynayır o, $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ müstəvisini və SO_4^{2-} qrupunu hidrogen rabitələri vasitəsilə birləşdirir:



Deməli, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ əvəzinə $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ yazmaq daha doğru olardı. Mis kuporosundan bitkiçilikdə göbələk xəstəliklərinə qarşı mübarizədə istifadə edilən bordo mayesi hazırlanır. Bu məqsədlə mis kuporosu məhlulu əhəng südü ilə qarışdırılır. Mütəxəssislər müəyyən etmişlər ki, həmin maddələri 4:3 mol nisbətində qarışdırmaq lazımdır:

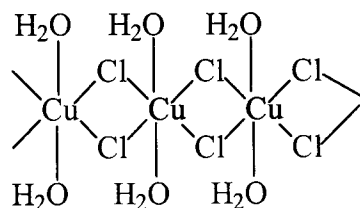


Mis kuporosu məhlulunu əhəng südü məhlulu üzərinə əlavə etmək lazımdır, əksinə olduqda mis 2-hidroksidin iri hissəcikləri alınır və deyirlər dərman «çürüdü».

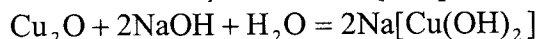


Hər 100 q kalsium-oksiddə 3 l və hər 100 q mis kuporosuna 4 l su götürmək lazımdır.

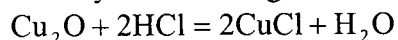
Mis 2-xlorid CuCl_2 . Tünd yaşıl rəngli $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratını əmələ gətirir. Suda yaxşı həll olur. Qatı məhlulu yaşıl duru məhlulu isə mavi rəngdə olur. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratında mis atomu iki su molekulu və dörd xlor atomu ilə əhatə olunmuşdur:



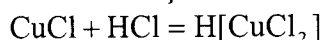
Misin birvalentli birləşmələri. Mis 1-oksidi Cu_2O . Təbiətdə kuprit mineralı şəkilində rast gəlinir. Mis 1-oksiddə amfoterlik xassəsi çox zəifdir. Qatı qələvi məhlulunda həll olur:



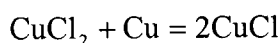
Mis 1-oksidi xlorid turşusu ilə reaksiyasından rəngsiz mis 1-xlorid alınır:



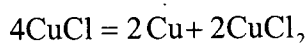
Mis 1-xlorid suda həll olmur. Lakin xlorid turşusunda həll olur:



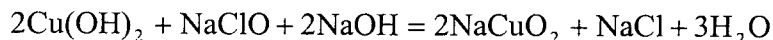
Mis 1-xloridi qaynar CuCl_2 məhluluna mis metalı ilə təsir etməklə də almaq olur:



Mis 1-xlorid, özünüoksidləşdirmə-özünüreduksiya reaksiyasına daxil olur:

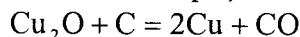


Üçvalentli mis birləşmələrindən $K_3[CuF_6]$, $KCuO_2$, $K[Cu(OH)_4]$ və s. göstərmək olar. $KCuO_2$ -ni mis 2-hidroksidi qələvi mühitdə oksidləşdirməklə almaq olur:

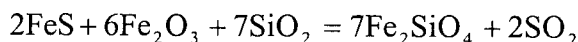
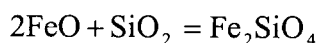


Misin suda həll olan birləşmələri zəhərlidir.

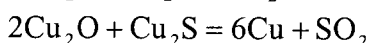
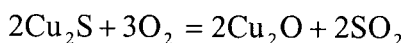
Misin alınması. Oksidli filizlərdən misi almaq üçün kömürlə birlikdə közərdilir.



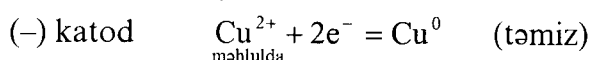
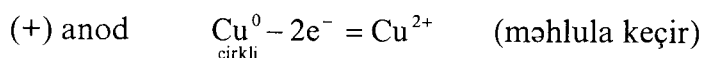
Sulfidli filizdən almaq üçün əvvəlcə filiz yandırılır. Bu zaman sulfidlərin çox hissəsi oksidlərə çevrilir. Cu_2S , Cu_2O , FeO , Fe_2O_3 , FeS və boş süxurlar olan yandırılmış filizə flyus (SiO_2 , $CaCO_3$) əlavə edilir və əridilir. Nəticədə boş süxur və dəmirin bir hissəsi şlaka keçir:



Şlak kənar edildikdən sonra filiz xüsusi konvertora ötürülür. Burada əridilmiş filizdən hava keçirilir. Aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə mis alınır.



Bu yolla alınan mis elektrolitik üsulla təmizlənir. Təmizlənəcək mis anod olur, təmiz mis isə katodda toplanır:



Təyini. Mis birləşmələri alovu yaşıl rəngə boyayır. İkivalentli mis duzları ammonyak məhlulunu tünd-göy rəngə boyayır.

Tətbiqi. Elektriki və istiliyi yaxşı keçirməsi və korroziyaya davamlılığı misin sənayedə geniş miqyasda tətbiqini təmin edən əsas şərtlərdəndir. İstehsal olunan misin yarısından çoxundan elektrik keçiriciləri hazırlanır. Misdən hazırlanan borulardan istilikdəyişdiricilərdə, soyuducu qurğularda, vakuüm aparatlarında istifadə edilir. Avtomobilqayırmada, tikintidə, müxtəlif arxitektura qurğularında geniş miqyasda tətbiq edilir. Misin təqribən 30-40 %-i xəlitələr istehsalına sərf olunur. Mis kuporosundan və digər mis duzlarından kənd təsərrüfatında, mineral boyaqlar istehsalında və müxtəlif proseslərdə katalizator kimi istifadə edilir. Bitki və heyvan orqanizmlərində mis «canlı katalizatorların» – fermentlərin tərkibinə daxil olur və müxtəlif fizioloji proseslərdə iştirak edir. Mis birləşmələri bitkilərin məhsuldarlığını və soyuğa davamlılığını artırır. Torpaqda mis çatışmadıqda yarpaqlar solur (büzüşür). Belə bitkilərlə mal-qaranı yemlədikdə onlarda anemiya xəstəliyi baş verir. İnsanlarda da eyni hal müşahidə edilir. Torpaqda mis çatışmadıqda mis kuporosundan mikrogübrə kimi istifadə edilir.

§ 9. Gümüş

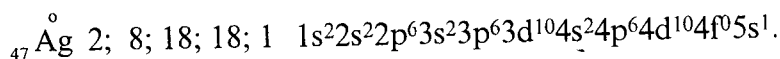
Gümüş I qrupun əlavə yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi (sıra nömrəsi) 47-dir. Nisbi atom kütləsi 107,86-ya bərabərdir. Təbii gümüş ^{107}Ag (51,35 %) və ^{109}Ag (48,65 %) izotoplarından ibarətdir. Gümüş bəşəriyyətə qədimdən məlumdur. Bizim eradan əvvəl gümüşdən pul kimi istifadə edilmişdir.

Təbiətdə tapılması. Sərbəst halda gümüş çox nadir hallarda tapılır. Onun əsas hissəsi gümüş parıltısı Ag_2S , tioantimonit Ag_3SbS_3 və tioarsenat Ag_3AsS_3 şəklində tapılır. Orta Asiyada, Sibirdə, Meksikada və ABŞ-da gümüş yataqları var.

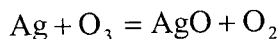
Fiziki xassələri. Gümüş parlaq metaldir. Üzərinə düşən görünən işığı demək olar ki, tamamilə əks etdirir. İstiliyi və elektriki bütün metallardan yaxşı keçirir. Plastikliyinə görə yalnız qızıldan geri qalır. 1 q gümüşdən uzunluğu 2 km olan məftil hazırlamaq olur. Ağır metallara aiddir. Sıxlığı 10,5 q/sm³-dir. 960,8 °C-də əriyir, 2212 °C-də qaynayır. Bir çox

metallarla xəlitələr əmələ gətirir.

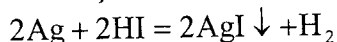
Kimyəvi xassələri. Atomunun elektron quruluşu belədir:



Gümüş nəcib metallara aiddir. Bilavasitə oksigenlə birləşmir. Lakin ozonla təsir etdikdə AgO tərkibli oksid əmələ gətirir:

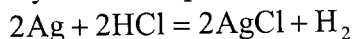


Formal olaraq AgO-da gümüşün oksidləşmə dərəcəsi +2-yə bərabərdir. Əslində belə deyil, AgO formulu Ag₂O₂-nin ixtisar olunmuş formasıdır. Onda gümüş atomlarından birinin oksidləşmə dərəcəsi +1, digərininki isə +3-ə bərabərdir: $\overset{+1}{\text{Ag}}\overset{+3}{\text{Ag}}\overset{-2}{\text{O}_2}$. Turşular və qələvilər adi şəraitdə gümüşə təsir etmirlər. Yodid turşusu istisna təşkil edir:

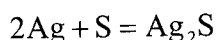


Bu reaksiya gümüş-yodidin suda həll olmamasına əsaslanmışdır. AgI çöküntüsü alındıqca tarazlıq sağa yönəlir.

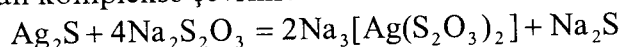
Analoji reaksiya hidrogen-xloridlə yüksək temperaturda gedir:



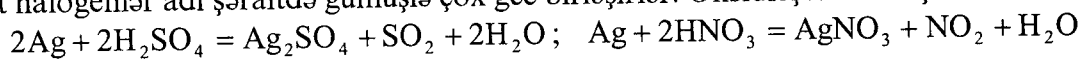
Gümüşü əritdikdə onda oksigen həll olur. Sonra soyutduqda oksigen ayrılır və gümüşün səthində vulkan kraterlərinə bənzər kiçikdeşiklər əmələ gətirir. Ona görə də təmiz gümüşü əritməklə gümüş əşyalar hazırlamaq olmur. Gümüş kükürdlə birləşməyə daha çox meyillidir. Ona görə də metallik gümüşün səthini kükürd tozu ilə sürtdükdə Ag₂S-dən ibarət qara rəngli təbəqə əmələ gəlir:



Havada H₂S və digər uçucu kükürd birləşmələri olduqda gümüş əşyaların qaralması səbəbi də metalın səthində Ag₂S təbəqəsinin əmələ gəlməsidir. Gümüş əşyaların səthindəki qara ləkəni təmizləmək üçün onu 1:4 nisbətində hazırlanmış natrium-tiosulfat Na₂S₂O₃ məhlulu ilə silmək lazımdır. Təmizlənmiş əşyanı zəy məhlulu ilə qaynatmaq və su ilə yumaq lazımdır. Bu zaman Ag₂S həll olan kompleksə çevrilir:

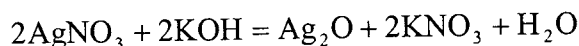


Sərbəst halogenlər adi şəraitdə gümüşlə çox gec birləşirlər. Oksidləşdirici turşularda həll olur:

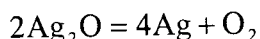


Maraqlıdır ki, qızıldan fərqli olaraq gümüş çar arağında (3HCl+HNO₃) həll olmur. Bunun səbəbi gümüşün səthində qoruyucu AgCl təbəqəsinin əmələ gəlməsidir.

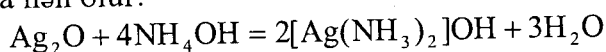
Gümüş-oksidi Ag₂O. Ag⁺ ionu olan məhlulda qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə qonur Ag₂O çöküntüsü alınır:



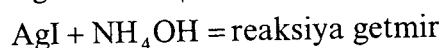
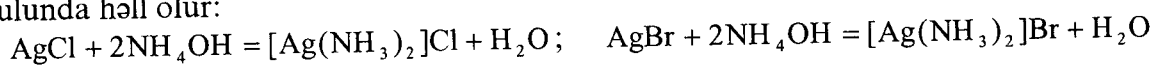
Gümüş-hidroksid yalnız çox duru məhlulda mövcud olur. Ona görə də alınan anda parçalanır. Gümüş-oksidi suda az həll olur (0,01 q/l 20 °C-də); məhlulu qələvi xassəli olur. Ona görə ki, AgOH qüvvətli əsasdır. Gümüş duzlarının hidrolizə uğramamasının səbəbi budur. 300 °C-də gümüş-oksidi parçalanır:



Ammonyak məhlulunda həll olur:



Duzları. Gümüşün duzlarından AgF, AgNO₃, AgClO₃ və AgClO₄ suda yaxşı həll olur. Gümüşün qalan duzları suda praktik olaraq həll olmurlar. AgCl və AgBr ammonyak məhlulunda həll olur:



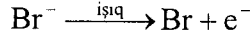
Gümüş-yodid natrium-tiosulfatda həll olur:



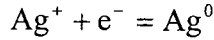
Gümüş-nitratla AgNO_3 kalium-nitrat KNO_3 qarışığından (1:2 nisbətində) lyapis adı ilə tibbdə istifadə edilir.

Gümüş halogenidləri işığın təsirindən gümüşə və halogenə parçalanır. Fotoqrafiya buna əsaslanmışdır.

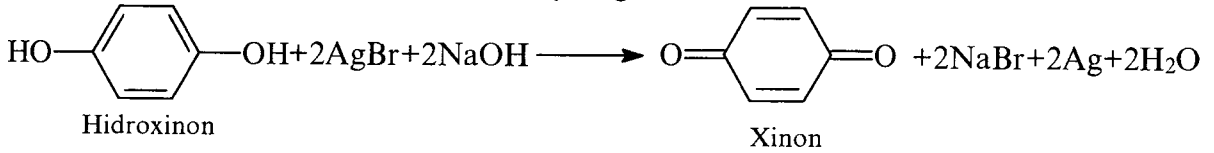
Fotoplyonkaya AgBr -in jelatində çox kiçik kristallarından ibarət suspenziyanı hopdururlar. Sonra həmin kütlə bərkirir. AgBr -in kristal qəfəsində Ag^+ ionları Br^- ionları ilə növbələnmişdir. Həmin kristallara işıq düşdükdə Br^- ionu ilə qarşılıqlı təsirdə olur. Nəticədə sərbəst elektron və neytral Br atomu alınır:



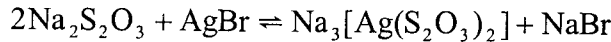
Kristal qəfəsində (AgBr) həmişə defekt olur. Yəni hissəciklərin (Ag^+ və Br^-) növbələşməsi pozulur. Defekt rolunu başqa qarışıq atomlar oynayır. Həmin defektlər özünü elektron tutucuları kimi aparır. Onlar sərbəst elektronları qəbul edirlər. Nəticədə Ag^+ ionları həmin tutuculardan çatışmayan elektronları qəbul edirlər, reduksiya olunurlar:



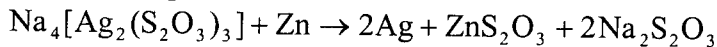
AgBr kristalında 20-30 neytral gümüş atomundan ibarət «gizli təsvirin» başlanğıcı yaranır. Işıq güclü olduqca fotoplyonkada təsvirin başlanğıcı iri olur. Bu təsvirin başlanğıcı o qədər kiçik olur ki, onları yalnız elektron mikroskopu vasitəsilə görmək olar. Ona görə də həmin başlanğıc gizli təsvir adlanır. Həmin gizli təsviri görünən hala salmaq üçün işıqlandırılan (artıq şəkil çəkilməmişdir) fotomaterial reduksiyaedici məhlulu vasitəsilə aydınlaşdırılır. Həmin məhlulun əsasını çox vaxt hidroxinon təşkil edir. AgBr yalnız işığın təsiri ilə gizli təsvir başlanğıcı olan kristallarında reduksiyası gedir:



Kristallarda olan neytral gümüş atomları reduksiya prosesinin katalizatoru rolunu oynayır. Təsvir başlanğıcı olmayan kristallar aydınlaşdırıcı ilə qarşılıqlı təsirdə olur, fotomaterial qaralır. Təsvir aydınlaşdıqdan sonra onu bərkitmək lazımdır. Bunun üçün reaksiyaya girməyən AgBr kənar edilir. Bu məqsədlə fotomaterial fiksaj məhluluna salınır. Fiksaj məhlulu natrium-tiosulfatdan ibarətdir. Onu çox vaxt hiposulfat adlandırırlar. Gümüş-bromid suda həll olan kompleks birləşmə halına keçir:

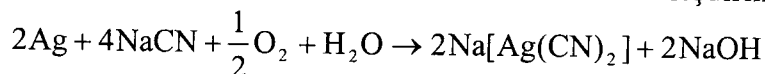


Fotomaterialda qalan metallik gümüşün çox kiçik kristalları görünən təsviri yaradır. Həmin fotomaterial neqativ adlanır. Onda işığın güclü təsirinə məruz qalan sahələr tutqun olur. Şəkli çəkilən obyektin ən işıqlı sahələri həmin tutqun yerlərdir. Keçən işıq fotokağızına düşür. Belə ki, neqativdə olan gümüş kristalları işığı buraxmır. Kağızdakı ağ-qara təsvir (pozitiv) neqativin əksi olur. Beləliklə, aydın olur ki, gümüş olmasaydı nə müasir foto, nə də kino sənayesi mövcud olardı. Lakin gümüş nadir metaldir, onun ehtiyatı məhduddur. Ona görə də işlənmiş fotoqrafiya məhlulundan gümüşün ayrılmasının (regenerasiyasının) praktiki əhəmiyyəti var. Bu məqsədlə həmin məhlulu sink tozu ilə emal etmək lazımdır:

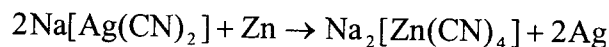


Son vaxtlar gümüş birləşmələrindən istifadə edilmədən fotomateriallar alınmışdır. Bu istiqamətdə tədqiqatlar aparılır.

Alınması. Gümüş filizindən gümüşün alınması sianidləşdirmə prosesinə əsaslanmışdır. Bu məqsədlə əvvəlcə filiz zənginləşdirilir, sonra NaCN vasitəsilə sianidləşdirilir:



Alınan sianid kompleksi sink tozu ilə emal edilir:

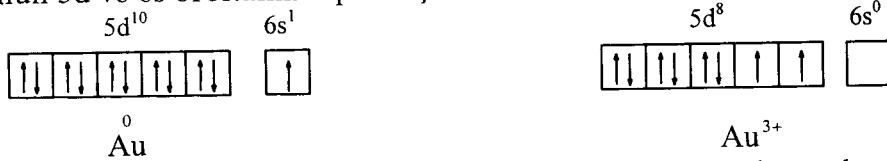


Tətbiqi. Kimyəvi cəhətdən davamlı olduğuna görə texnikada gümüşə tələbat çoxdur.

Onun əsas tətbiq sahəsi radiotexnika və elektronikadır. İşığı əks etdirmək qabiliyyəti yüksək olduğuna görə gümüşdən proyektor və teleskoplar hazırlanır. Lakin, belə aparatların çatışmayan cəhəti havada azca H₂S olduqda qaralmasıdır. Ona görə də bu məqsədlə son vaxtlar alüminiumdan daha çox istifadə edirlər. Hazırda gümüş-sink akkumulyatorlarının hazırlanmasına çoxlu miqdarda gümüş sərf edilir. Belə akkumulyatorlar vahid kütlələrinə görə ən çox güclü akkumulyatorlardır. Gümüş tibbdə istifadə edilən ilk metal hesab edilir. Qədim Misirdə yaraları gümüş lövhələrlə sağaldırlarmış. Bunun səbəbi gümüş atomlarının bakteriosid xassəli olmasıdır. Sütəmizləmə stansiyalarında suyu zərərsizləşdirmək üçün böyük həcmli su hovuzuna elektrik cərəyanı vasitəsilə 1 q gümüş tozu tozlandırmaq kifayətdir.

§ 10. Qızıl

Qızıl (latınca aurum – «yanar» mənasını verir) dövrü sistem cədvəlinin I qrupun əlavə yarımqrup (I B qrupu) elementidir. Atom nömrəsi 79-dur. Nisbi atom kütləsi 196,967-dir. Valentliyi I (II), (III), oksidləşmə dərəcəsi +1, +2, +3 olur. Stabil izotopunun kütlə ədədi 197-yə bərabərdir. Qızıl atomunun elektron quruluşu belədir: KLMNO6s¹. Qızıl atomunun və Au³⁺ ionunun 5d və 6s orbitalının quruluşu belədir:



Qızılı insana məlum olan ilk metal hesab edirlər. Qızıl haqqında çoxlu əfsanələr var. Tarixdə qızıl uğrunda gedən müharibələr olmuşdur. Qızılı gözəllik və xoşbəxt həyat rəmzi hesab etmişlər. Əlkimyəçilər qızılı günəşin işarəsi ilə təsvir etmişlər. Gözəl xarici görünüşünə və kimyəvi davamlılığına görə qızılı metalların «çarı» hesab etmişlər.

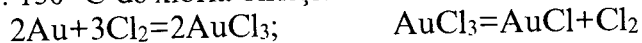
Təbiətdə yayılması. Yer qabığının kütləsinin $4,3 \cdot 10^{-7}$ %-ni təşkil edir. Digər elementlərlə müqayisədə bu çox kiçik miqdardır. Lakin mütləq qiymətçə böyük ədəddir, 100 milyon tona yaxın edir. Yayılmasına görə elementlər arasında 74-cü yeri tutur. Çox həssas müasir cihazlarla qızılın çox kiçik miqdarını belə təyin etmək olur. Ona demək olar ki, hər yerdə torpaqda, suda, bitki və heyvan orqanizmində rast gəlinir. Qızıl əsasən sərbəst halda tapılır. Bu külcə halda olan qızıldır. Onda çox az miqdarda (43 %-ə qədər) gümüş, mis və nadir hallarda platin metalları olur. Qızıl çox vaxt kvarts SiO₂, rodokrozit MnCO₃ və hematitlə Fe₂O₃ birlikdə tapılır. Qızıl həmçinin kimyəvi birləşmə şəklində də tapılır. Bunlardan kalaverit AuTe₂, krennerit (Au, Ag)Te₂, silvanit (Au, Ag)Te₄ və s. göstərmək olar.

Tərkibində qızıl olan dağ süxurları aşındıqda qızıl, qum və gillə birlikdə yuyularaq çayların mərcəllərinə (yatağına) aparılır. Tək Amur çayı ilə Sakit okeana ildə 8,5 ton qızıl aparılır. 1 tonunda 2-8 qram qızıl olan filiz sənaye əhəmiyyətli hesab edilir. Dəniz suyunda 10 mq/m³-ə qədər qızıl var. Həmin mənbədən qızılın alınması hələlik əlverişli deyil.

Fiziki xassələri. Qızıl sarı rəngli yumşaq metaldır. Təmiz qızılı qırmaqla cızmaq olur. Elektrik və istiliyi yaxşı keçirir. Sıxlığı 19,32 q/sm³-dir. Plastikliyinə görə bütün metallardan üstündür. Kibrit çöpünün başı böyüklükdə qızıldan sahəsi 50 m² olan folqa hazırlamaq olur. 1 qram qızıldan uzunluğu 2 km olan sap hazırlamaq olur.

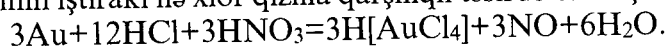
Qızıl 1064,43 °C-də əriyir, 2947 °C-də qaynayır. Digər nəcib metallar kimi qaynama temperaturuna çatmamış buxarlanmağa başlayır.

Kimyəvi xassələri. Qızıl kimyəvi cəhətdən çox inertdir (təsirsizdir), metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında sonda yerləşir. Havada qızdırdıqda belə dəyişilmir. Oksigen, azot, hidrogen, bor və karbonla birləşmir. Otaq temperaturunda halogenlərlə qarşılıqlı təsirdə olmur. 150 °C-də xlorla birləşir və 190 °C-də alınan birləşmədən xlor ayrılır:

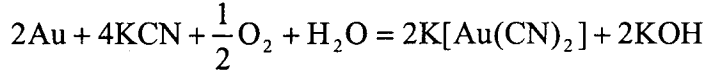
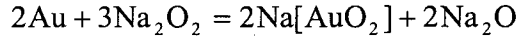
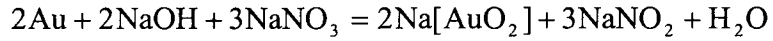
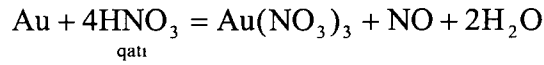
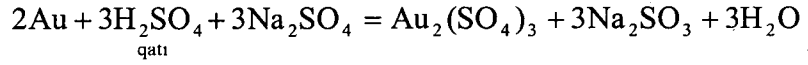


Qızıl qızdırdıqda tellur, fosfor, arsen və stibiumla birləşir: AuTe₂, Au₃P₄, Au₄P₆ birləşmələrini arsenid və antimonidlər əmələ gətirir.

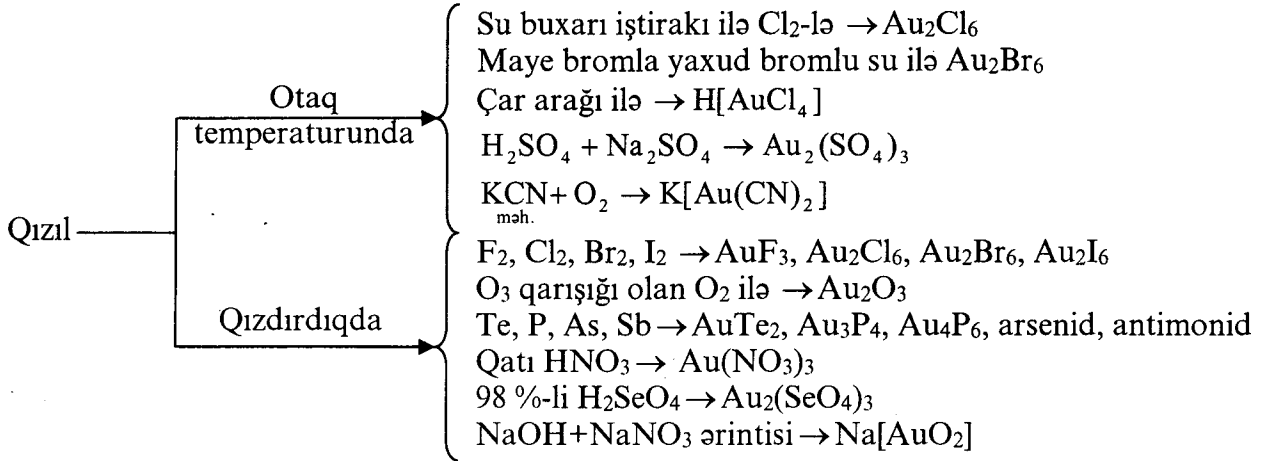
Soyuqda su buxarının iştirakı ilə xlor qızilla qarşılıqlı təsirdə olur. Çar arağında həll olur:



Qızdırdıqda oksidləşdiricilərlə reaksiyaya girir:



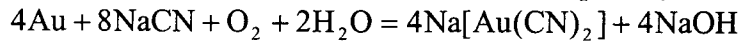
Qızılın reaksiya qabiliyyətini aşağıdakı sxemlə ifadə etmək olar:



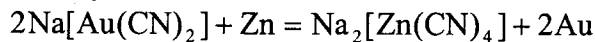
Qızılın alınması. Əlkimyaçılar digər metalları qızıla çevirmək üçün çox çalışmışlar. Aydın ki, onların bütün söyləri nəticəsiz qalmışdır. Bir elementin digər elementə çevrilməsinin mümkünüyü bizim dövrümüzdə aydınlaşdırılmışdır və bununla nüvə fizikası elmi məşğul olur. Prinsipcə civə ^{196}Hg izotopunu neytronlarla şüalandırmaqla qızıl almaq olar. Bu üsulla müəyyən şəraitdə 1000 qram təbii civəni emal etməklə bir ayda 1,5 qram qızıl almaq olar. Lakin bu yolla qızıl istehsalı son dərəcə baha başa gəlir və onun praktikada tətbiqindən söhbət gedə bilməz.

Hazırda sənayedə qızıl aşağıdakı üsullarla istehsal edilir.

1. Qızıl olan süxur su ilə yuyulur. Bu üsulla qızıl olan süxur yerqazan maşınlarla (draqalarla) qazılır, xırdalanmış süxur su ilə slüzlərdə yuyulur, boş süxur su ilə aparılır ağır qızıl dənəcikləri slüzlərdə qalır.
2. Süxurdan qızılın amalqama üsulu ilə ayrılması. Proses qızılın civə ilə amalqama əmələ gətirməsinə əsaslanmışdır. Amalqamanı qapalı şəraitdə qızdırdıqda civə buxarları qızıl qalır.
3. Süxurdan qızılın sianid üsulu ilə ayrılması. Oksigen (hava) verməklə süxur natrium-sianid məhlulu ilə işlənir, qızıl natrium-sianoaurat(I) kompleks şəklində məhlula keçir:



Məhluldan qızıl sink tozu ilə ayrılır:



Qızılın tətbiqi. Qızıl zərgərlik metalıdır. Qızıl külçə kağız pulu təmin edir. Ondan diş texnikasında geniş miqyasda istifadə edilir. Yumşaq olduğuna görə qızılın mislə xəlitəsindən istifadə edilir. Farfor və şüşədən hazırlanan əşyaların üzərini nazik qızıl təbəqəsi ilə örtürlər. Bu məqsədlə təmiz qızıldan əlavə intermetallik birləşmələrdən də istifadə edilir. Onlara misal olaraq qırmızı-bənövşəyi rəngli AuAl_2 , göy AuZn_2 , sarı Au_2Na , zeytunu-yaşıl Au_4K və bənövşəyi Au_2K göstərmək olar.

Üzəri qızilla örtülmüş detallar korroziyaya qarşı davamlı olur. Qızıl işığı və istiliyi yaxşı

əks etdirir. Ondan infraqırmızı cihazların əksətdiricilərində istifadə edilir. Yerin süni peyklərinin bəzilərinin səthi qızılla örtülmüşdür. Qızılın kolloid hissəcikləri tibbdə antiseptik kimi istifadə edilir. Qızıldan, elementlərdən suyun sintezində, hidrogen-peroksidin parçalanmasında, karbohidrogenlərin fülorlaşdırılmasında, asetilenin, nitro-benzolun hidrogenləşdirilməsində və s. katalizator kimi istifadə edilir.

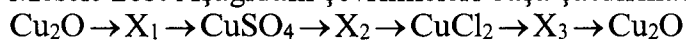
Məsələlər

Məsələ 262. Qələvi metalın nitratını közərtədikdə qaz halındakı reaksiya məhsulları nitratın ilkin kütləsinin 78,26 %-ni təşkil etmişdir. Nitratın formulunu təyin edin.

Məsələ 263. Etil spirtinin suda 96 %-li məhlulunun 112,5 ml-nə (sıxlığı 0,8 q/ml-dir) 5,75 q natrium metalı əlavə edilmişdir. Reaksiyalar qurtardıqdan sonra məhluldakı maddələrin faizlə miqdarını hesablayın.

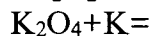
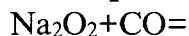
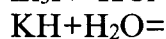
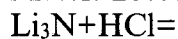
Məsələ 264. Qələvi metalın kütlə payları eyni olan hidridi və fosfidi qarışığının su ilə reaksiyasından neona görə sıxlığı 0,44 olan qaz qarışığı ayrılmışdır. Qarışığın tərkibini təyin edin.

Məsələ 265. Aşağıdakı çevrilmələri başa çatdırmaq üçün reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 266. 1,17 q kaliumla 0,64 q kükürdün qarşılıqlı təsiri məhsullarını suda həll etdilər və məhlulun həcmi 50 ml-ə çatdırdılar. Maddələrin məhluldakı molyar qatılığını təyin edin. Həmin məhlul maksimum nə qədər bromla reaksiyaya girər?

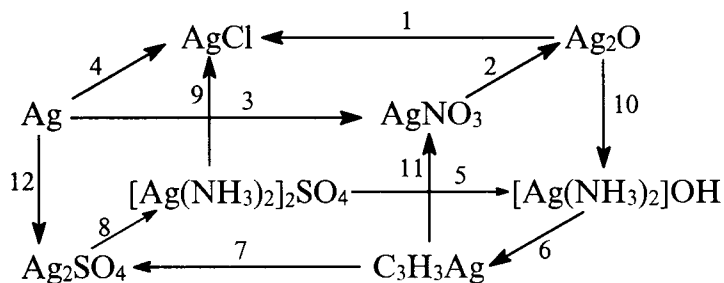
Məsələ 267. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini tamamlayın:



Məsələ 268. 25 q içməli sodanı közərtədikdə alınan bərk qalıq 200 q suda həll edilmişdir. məhlulda duzun faizlə qatılığını təyin edin.

Məsələ 269. Natrium metalının kiçik parçasını suya saldıqda, su ilə reaksiyasından ayrılan hidrogen onu nizamsız surətdə suyun üzərində o, tərəf-bu tərəfə itələyir, və bəzi yerlərdə hidrogen alışıb çıtırtı ilə yanır. Bunun səbəbini izah edin.

Məsələ 270. Aşağıdakı sxemə uyğun gələn reaksiya tənliklərini yazın:



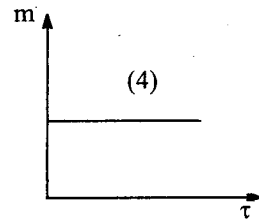
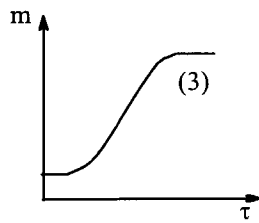
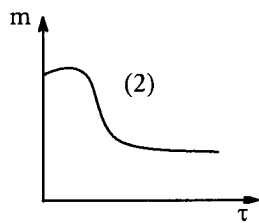
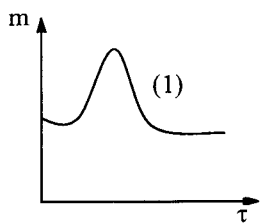
Məsələ 271. Mis duzlarına ammoniyak, sink duzlarına qələvi ilə təsir etdikdə gedən reaksiyaları müqayisə edin. Bunlarda oxşarlıq və fərq nədir? Hər iki halda çöküntünün həll olmasının səbəbi nədir?

Məsələ 272. Litium hidrogenlə fəal surətdə birləşir, metalın kiçik miqdarı həmin qazın böyük həcmi birləşdirir (7 qramı 11,2 l). Alınan litium-hidridin su ilə reaksiyasından demək olar ki, iki dəfə çox (8 qramdan 22,4 l) hidrogen ayrılır. Bunların praktik əhəmiyyətinə misallar göstərin.

Məsələ 273. Metalların elektrik keçiriciliyinə səbəb onların kristalında və ərintisindəki sərbəst valent elektronlarıdır. Bunlar natriumda və gümüşdə eynidir, hər ikisində birə bərabərdir. Buna baxmayaraq, gümüşün elektrik keçiriciliyi (59,0) natriuma (20,8) nisbətən yüksəkdir. Bunun səbəbini necə izah etmək olar?

Məsələ 274. Mis lövhəni havada közərcəyədək qızdırdıqda kütləsinin (m) dəyişməsinə

hansı qrafik əks etdirir?



Məsələ 275. Ərimiş halda gümüş və qızılın bir-birində tamamilə həll olmasının səbəbi nədir?

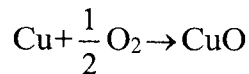
Məsələ 276. 23,3 q kalium-sulfat və kalium-xromat qarışığı olan məhlula artıqlaması ilə barium-xloridlə təsir etdikdə alınan çöküntü filtirlənib, yuyulub sonra ona xlorid turşusu ilə təsir edilib. Bu zaman çöküntünün bir hissəsi həll olub. Qalan hissəsi yuyulub qurudulduqdan sonra kütləsi 23,3 q olmuşdur. İlkin qarışığın tərkibini təyin edin.

VIII QRUP ELEMENTLƏRİ

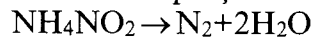
§ 1. VIII A qrup elementləri

VIII qrupun VIII A qrupuna (əsas yarımqrup) helium He, neon Ne, arqon Ar, kripton Kr, ksenon Xe və radon Rn daxildir. Bunların ümumi adı təsirsiz qazlardır. Bu ad onlara kimyəvi cəhətdən son dərəcə inert (təsirsiz) olması ilə əlaqədar verilmişdir. Yalnız 1962-ci ildə ağır təsirsiz qazların (Kr, Xe, Rn) bəzi birləşmələri alınmışdır. Bunlar haqqında bir qədər sonra məlumat verəcəyik.

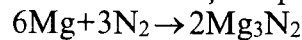
Təsirsiz qazların kəşfi tarixi. Təsirsiz qazları ilk dəfə ingilis alimi H.Kavendiş aşkar etmişdir. O, qələvi məhlulu üzərində havadan alınan azot və oksigen qarışığına elektrik boşalması ilə təsir etdikdə havanın $\frac{1}{120}$ hissəsinin reaksiyaya daxil olmadığını və qələvi tərəfindən udulmadığını müşahidə etmişdir. Buradan havada onun tərkibinə daxil olan lakin reaksiyaya girməyən qaz olması nəticəsinə gəlmişdir. Onun bu nəticəsi izah edilməmiş qalmışdır. Kavendişin təcrübəsindən 100 il sonra 1894-cü ildə Reley həmin təcrübəni aparmışdır. O, azotun dəqiq atom kütləsini təyin etmək üçün CO₂ olmayan quru havanı oksigendən təmizləmək üçün közərmis mis üzərindən buraxmışdır:



Bundan başqa, Reley azotu ammonium-nitriti parçalamaqla da almışdır:



Müəyyən edilmişdir ki, havadan alınan azotun sıxlığı (1 l-nin kütləsi 1,2521 q olmuşdur), ammonium-nitritdən alınan azotun sıxlığından (1 l-nin kütləsi 1,2505 olmuşdur) çoxdur. Releyin bu təcrübələrindən sonra Ramzay belə hesab etmişdir ki, havada indiyə qədər məlum olmayan qaz var. Kimyanı çox yaxşı bilən Ramzay yeni qaz ayırmaq məqsədilə havadan alınan azotu közərmis maqnezium üzərindən buraxmışdır:



Bu reaksiyadan sonra qalan qazın hidrogenə görə sıxlığı 18-ə bərabər olmuşdur (azotun isə sıxlığı 14-ə bərabərdir). Bundan sonra Reley və Ramzay Kavendişin təcrübəsini təkrar etməklə müəyyən etdilər ki, havanın $\frac{1}{80}$ hissəsi təsirsizdir. Onlar 1894-cü ilin avqust ayının

7-də özlərinin yeni kəşfləri, havada 1 % təsirsiz qaz olmasını xəbər verdilər. Həmin qazı arqon (yunanca «tənbəl» deməkdir) adlandırmışlar. 1895-ci ildə Ramzay U, Y, Th, Pb, Fe olan klevenit mineralında heliumu kəşf etmişdir. Sonra 1898-ci ildə Ramzay və Travers neonu («yeni»), kriptonu («gizli») və ksenonu («yad») kəşf etmişlər. 1900-cü ildə Dörn ən ağır təsirsiz qazı, radonu kəşf etmişdir.

Təbiətdə yayılması. Təsirsiz qazların hamısı havada var. 100 l havada 932 ml Ar; 1,5 ml Ne; 0,5 ml He; 0,11 ml Kr və 0,008 ml Xe var. Radon bəzi mineral sularda olur. Bütün təbii qazlarda və radioaktiv minerallarda helium var. Günəşin nüvəsinin kütləsinin 36 %-ni helium təşkil edir.

Alınması. Təsirsiz qazlar havadan fraksiyalı kondensləşmə və distillə, aktiv kömürdə yaxud silikogeldə adsorbsiya ilə alınır. Ammonyak sintezində dövr edən qazlar tədricən arqonla zənginləşir və onu həmin qaz qarışığından ayırmaq olur. Təsirsiz qazlar iysiz və dadsızdırlar. Suda az həll olurlar. ³He və ⁴He mütləq sıfıra yaxın temperaturda maye halda qalan yeganə maddələrdir. Bütün qazlardan ən çətin mayeləşən heliumdur. Maye heliumun iki şəkil dəyişməsi var: helium I və helium II. Yalnız ⁴He-dən ibarət (helium I adlanır) mayeni 270,97 °C-dən aşağı temperaturda soyutduqda alınan maye (helium II) bir sıra «qeyri-adi» xassələr göstərir: ən kiçik kapilyarlardan və deşikdən keçir, özlülüyü müşahidə olunmur. Helium II ən kiçik təbəqəsi çox tez bərk cismin səthinə yapışır, saxlandığı qabın səthi ilə qalxır onu tərk edir. Bu hadisə 1938-ci ildə sovet fiziki P.L.Kapitsa

tərəfindən kəşf edilmişdir və *ifrat axıcılıq* adlanır. Onun səbəbini 1941-1944-cü illərdə digər sovet fiziki L.D.Landau izah etmişdir. Landau bizim həmyerlimizdir, Bakıda anadan olmuşdur. Bu alimlərin hər ikisi həmin işlərinə görə Nobel mükafatına layiq görülmüşlər.



Şəkil XXI-1. Dynar qabı

İçərisində maye helium olan Dynar qabına, həmçinin maye helium olan sınaq şüşəsi yerləşdirilir. Çox tez vaxtda maye helium sınaq şüşəsinin divarı ilə sürüşərək ondan çıxır, qablarda mayələrin səviyyələri bərabərləşir.

Təsirsiz qazların xarici energetik səviyyələri tamamlanmışdır. Heliumda 2 elektron, digərlərində 8 elektron var. Belə elektron quruluşu onların kimyəvi passivliyinə səbəb olmuşdur. Eyni zamanda onların atomları bir-birilə birləşə bilmirlər, biratomludurlar.

Digər qazlar sabit dipollardan ibarətdir (HCl molekulu və s.) yaxud asanlıqla dipola çevrilirlər. Xarici təsirlərin o, cümlədən elektrik sahəsinin təsirindən sonuncularda yüklərin –ağırlıq mərkəzi yerini dəyişir dipol əmələ gəlir. Cl₂ molekulu Cl⁺ və Cl⁻ ionu olan dipola çevrilir. Belə dipol molekullar arasında elektrostatik cazibə yaranır, biri digərini saxlayır. Başqa sözlə, qaz maye hala keçir. Temperaturu aşağı saldıqda istilik hərəkətləri və molekulların bir-birini dəf etmələri zəifləyir.

Təsirsiz qazların atomlarının ətrafında elektronlar sferik şəkildədirlər. Ona görə də onların elektrik yüklərinin «ağırlıq mərkəzləri» yerini dəyişə bilmirlər.

Hər halda, təsirsiz qazları maye hala sala biliblər. Bunun səbəbini necə izah etməli? Bütün atomların nüvəsi daimi sürətdə titrəyişlə hərəkət edirlər. Belə hərəkət nəticəsində çox ani müddətdə müsbət və mənfi yüklərin ağırlıq mərkəzləri yerlərini dəyişirlər. Ani vaxtda əmələ gələn dipollar çox aşağı temperaturda bir-birini cəzb edirlər, kondensləşmə baş verir.

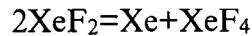
Uzun müddət təsirsiz qazların birləşmələrini almaq mümkün olmamışdır. Təsirsiz qazın ilk birləşməsini 1961-ci ildə Kanada alimi H.Bartlett almışdır. Rəngsiz kvarts ampulaya aralarında nazik arakəsmə olan rəngsiz ksenon və tünd-qırmızı buxarlardan ibarət olan platinheksaflüorid yerləşdirmişdir. Arakəsməni qırdıqdan sonra qazlar ampulada qarışmışdır və qısa vaxtda yeni maddənin sarı tozu əmələ gəlmişdir. Kimyəvi analiz göstərmişdir ki, həmin maddənin formulu XePtF₆-dır. H.Bartlett bu təcrübəni təsadüfən aparmamışdır. O, əvvəlcə PtF₆-nın molekulyar oksigenlə qarşılıqlı təsirini öyrənmişdir. Onların qarşılıqlı təsirindən ionlaşmış oksigen molekulu olan birləşmə O₂⁺[PtF₆]⁻ alınmışdır. O₂ molekulundan bir elektron qoparmaq üçün 12,2 V gərginlik tələb olunur. Bu ksenondan bir elektron qoparmaq üçün tələb olunan enerjiden (12,13 V) çoxdur. Ona görə də H.Bartlett analogi reaksiyanı aparmaq qərarına gəlmişdir. Bununla qeyri-üzvi kimyanın yeni bölməsinin, təsirsiz qazlar kimyasının başlanğıcı qoyulmuşdur.

Rn, Xe və Kr-un çoxlu sayda birləşmələri alınmışdır. Təsirsiz qazların oksidləşmə dərəcəsi +1, +2, +4, +6 və +8, valentlikləri müvafiq olaraq I, II, IV, VI və VIII olur. Birinci elektronun qoparılmasına uyğun olan ionlaşma enerjisi heliumdan radona doğru azalır.

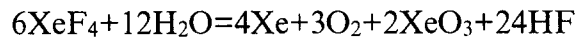
Cədvəl XXI-1. Təsirsiz qazların xassələri

Element	Atom nömrəsi	Nisbi atom kütləsi	Atom radiusu, Å	Xarici elektron örtüyü	İonlaşma enerjisi, eV	Qaynama temperaturu, °C	Ərimə temperaturu, °C	Sıxlığı, q/l
						Normal şəraitdə		
He	2	4,0026	1,40	1s ²	24,58	-268,93	-272,6	0,178
Ne	10	20,179	1,54	2s ² 2p ⁶	21,56	-245,9	-248,6	0,900
Ar	18	39,948	1,88	3s ² 3p ⁶	15,76	-185,9	-189,3	1,784
Kr	36	83,80	2,02	4s ² 4p ⁶	14,00	-153,2	-157,1	3,745
Xe	54	131,30	2,16	5s ² 5p ⁶	12,13	-108,1	-111,8	5,851
Rn	86	222	–	6s ² 6p ⁶	10,75	-63-ə yaxın	-71-ə yaxın	9,73

Ksenonun kimyəvi xassələri daha yaxşı öyrənilmişdir. Sərbəst flüorla ksenon qarışığına elektrik boşalması ilə təsir etdikdə XeF₂ əmələ gəlir. Ondan əlavə XeF₄, XeF₆ əmələ gəlir. XeF₈ əmələ gəlməsi mümkündür. XeF₂ ağ kristallardan ibarətdir, qızdırdıqda disproporsiyaya uğrayır:



Ksenonun flüoridləri quru atmosferdə davamlıdır. XeO₃ şəffaf bərk maddədir, saxladıqda partlayır. Ba(OH)₂ ilə reaksiyasından Ba₃XeO₆ əmələ gəlir. XeO₃ ksenon 4-flüoridin hidrolizindən alınır:



XeO₄ sarı bərk maddədir. Ona uyğun gələn turşu H₂XeO₆ və Na₄XeO₆·2H₂O, Na₄XeO₆·8H₂O duzlarıdır.

Tətbiqi. Yüngül təsirsiz qazlardan (He, Ne, Ar) qaz-ışiq borularında və gündüz işığı verən lampalarda doldurucu kimi istifadə edilir. Kripton və arqon adi közərmə lampalarına (90 % Ar, 10 % N₂) doldurulur. Burada təsirsiz qazın rolu lampanın istismar müddətini uzatmaq və işığın parlaqlığını artırmaqdır. Ksenondan fotoqrafiyada süni işıqlandırmada istifadə edilir. Heliumun heç bir yanğın təhlükəsi olmadığına görə aerostatlara doldurulur. Titan və sirkonium metallarının istehsalında arqondan qoruyucu atmosfer yaratmaq üçün istifadə edilir. Radondan müalicə məqsədilə istifadə edilir. Radon həll olmuş suda çimdikdə (radon vannası) suda həll olan radonun az qismi (1–2 %) dəridən adsorbsiya olunaraq orqanizmin daxilinə keçir. Radium atomları parçalandıqda, parçalanma məhsulları və radon orqanizmə mikroiyinə kimi təsir edir. Lakin unutmamaq olmaz ki, ozon və hidrogen-sulfid kimi radonun da normadan artıq miqdarı çox zərərliyə. Ağ ciyərdə düşən radon nəfəs alma və nəfəs vermə arasındakı vaxtda parçalana bilir. Parçalanma prosesində əmələ gələn radioaktiv polonium, vismut, qurğuşun və talliumun radioaktiv izotopları ağ ciyərdə toplanır. Son nəticədə onun xərçənginə səbəb olur. Ona görə də radonla ümumiyyətlə, radioaktiv maddələrlə işlədikdə ən etibarlı təhlükəsizlik tədbirləri görülməlidir. Radonla işləyən, onun sıxlığını və nisbi atom kütləsini təyin edən Ramzay (bunun üçün o, qramın on milyardda biri dəqiqliyi olan tərəzi düzəltdi) ağ ciyər xərçəngindən vəfat etmişdir.

§ 2. Dəmir

Dəmir VIII qrupun əlavə yarımqrup elementidir. Atom nömrəsi 26-dır. Nisbi atom kütləsi 55,847-yə bərabərdir. Kütlə ədədləri 56,57 və 58 olan dörd sabit izotopu var.

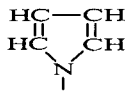
Bunlardan ⁵⁶Fe 91,68 %-dir. Dəmir bəşəriyyətə qədimdən məlum olan metallardandır. Tarixdə bizim eradan əvvəl IX–VII əsrlər dəmir dövrü adlanır. Qədim misirlilər meteorit dəmirindən hazırlanmış alətlərdən istifadə etmişlər. Belə hesab edilir ki, metallardan dəmir tarixdə ilk dəfə Qafqazda bizim ölkədə alınmışdır. Dəmirin bəşəriyyətin həyatındakı müstəsna əhəmiyyətini İngilis yazıçısı Daniel Defonun «Robinzon Kruzo» romanındakı aşağıdakı sözlərlə ifadə etmək olar. «Mən uzun axtarışdan sonra gəmidə mənim üçün ən qiymətli olan dülgər qutusu tapdım. Mən onda həmin qutunu gəmi ilə dolu olan qızıla dəyişməzdim» Bəs qutuda nə var idi? Onlar adi dəmir alətləri, balta, mişar, çəkiç və mismarlar idi.

Təbiətdə yayılması. Dəmir təbiətdə ən geniş yayılmış elementlərdəndir. Oksigendən,

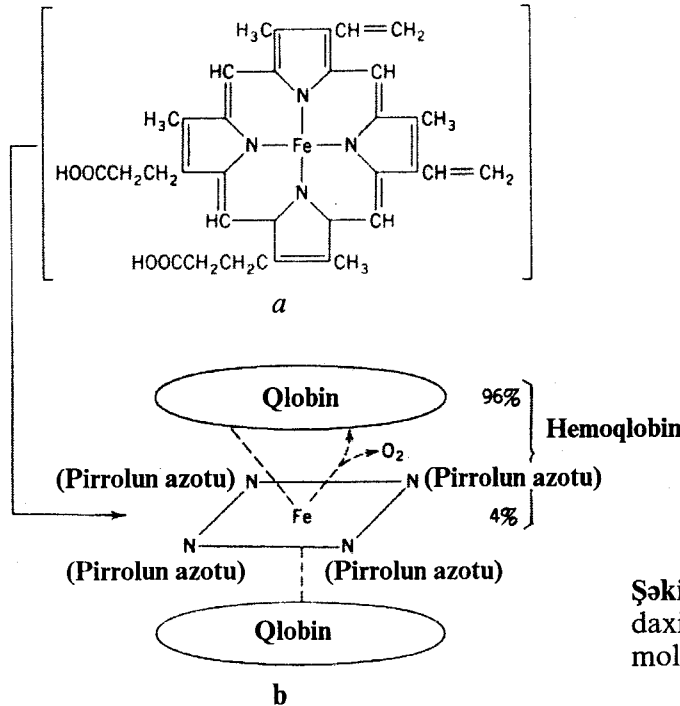
silisiumdan və alüminiumdan sonra yer qabığına yayılmasına görə dördüncü yeri tutur. Yer qabığının kütləsinin 4,65 %-ni təşkil edir. Alimlər hesablamışlar ki, bu elementin 20000000 milyard tonu istifadə etmək üçün yararlı filizlərdədir. Yer qabığının hər kub kilometrində orta hesabla 200000 ton mis və 10^8 ton dəmir var. Ehtiyatının belə çox olmasına baxmayaraq, dəmirin təkrar istehsalı hazırda xüsusi diqqət mərkəzindədir. İstehsal olunan avtomobilin yalnız üçdə ikisi birinci dəfə əridilən, qalan hissəsi isə təkrar istehsal olunan poladdan hazırlanıb. Bunun iqtisadi əhəmiyyətindən başqa ətraf mühitin çirklənməkdən mühafizə edilməsi baxımından əhəmiyyəti daha çoxdur. Dəmirin vacib filizləri bunlardır: maqnetit (maqnitli dəmir daşı) Fe_3O_4 , hematit (qırmızı dəmir daşı) Fe_2O_3 , limonit (qonur dəmir daşı) $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, siderit (dəmir şpatı) $FeCO_3$, pirit (dəmir kolçedanı, kükürd kolçedanı) FeS_2 kub kristal qəfəsini əmələ gətirir, markazit FeS_2 rombik kristal qəfəsini əmələ gətirir, melanterit $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. Dəmir kuporosunun da tərkibi $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ -dur. Mineral sularda az miqdarda $FeSO_4$ və $Fe(HCO_3)_2$ duzları var.

Fizioloji əhəmiyyəti. Dəmir bütün orqanizmlər üçün vacib elementlərdəndir. O, bitkilərdə xlorofil sintez edən fermentin tərkibinə daxildir. Ona görə də bitkilərdə dəmir çatışmadıqda xlorofil əmələ gəlmir, bitki CO_2 -ni assimilyasiya edə bilmir, xlorozla xəstələnir. İnsanda, heyvanlarda oksigeni tənəffüs orqanlarından toxumalara aparan və CO_2 -ni toxumalardan tənəffüs orqanlarına aparan hemoqlobindir.

Hemoqlobin hem və qlobin zülallarından ibarətdir. Hem dəmirin xelatıdır. Onda dörd

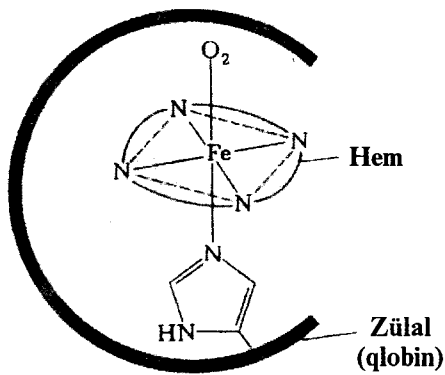
pirrol qrupu  dəmir atomu ilə koordinasiya rabitələri əmələ gətirib, pirrol qrupları

bir-birilə $-CH-$ körpücük qrupları ilə birləşiblər. Nəticədə porfirin quruluşu əmələ gəlir.



Şəkil XXI-2. Hemoqlobinin tərkibinə daxil olan dəmir porfirinin və ya heminin molekulyar quruluşu.

Hemoqlobində dəmirin koordinasiya ədədi yeddiyə bərabərdir. Onlardan dördü heminin atomları ilə birləşməyə sərf olunub. Qalan üçü qlobin zülalı ilə rabitələrə sərf olunub. Tənəffüs prosesində hem dövri olaraq O_2 molekulunu birləşdirir və azad edir (toxumalarda). Bu prosesdə dəmirin oksidləşmə dərəcəsi dəyişmir, qlobin dəmir zülalı ilə rabitənin biri qırılıb O_2 molekulunu ilə birləşməyə sərf olunur.



Şəkil XXI-3. Oksihemoqlobin molekulunun sxemi. Bu molekulun dörd hem quruluş vahidlərindən biri göstərilmişdir. Dəmir atomu porfirin tsiklinin dörd azot atomu ilə əhatə olunmuşdur, həmçinin oksigen molekulu ilə.

CO , H_2S və s. qazlar nemoqlobinlə davamlı birləşmə əmələ gətirirlər. Nəticədə hemoqlobinin orqanizmi oksigenlə təmin etmək funksiyası itirilir, ölüm baş verir. İnsan orqanizmində 4-5 q dəmir var. Onun 65 %-i qanda qalan hissəsi digər zülalların tərkibində əsasən qara ciyərdə beyin sümüyündə və dalaqda toplanır.

Dəmiri qanda ilk dəfə Fransız Meri kəşf etmişdir. Belə nağıl edirlər ki, kimyaçı – tələbə sevgilisinə hədiyyə etmək üçün öz qanından kimyəvi yolla ayırdığı dəmirdən üzük düzəltmək qərarına gəlir. Lakin bədbəxt buna nail ola bilmir, qan azlığından ölür. Tənəffüs fermentlərində də dəmir var və bitkilərin tənəffüsünün intensivliyinə müsbət təsir edir. Maraqlıdır ki, dəmir planktonları bir ildə yarım milyard tona yaxın dəmir mənimsəyirlər. Bu isə təxminən bütün dünyada istehsal olunan dəmirin miqdarına bərabərdir.

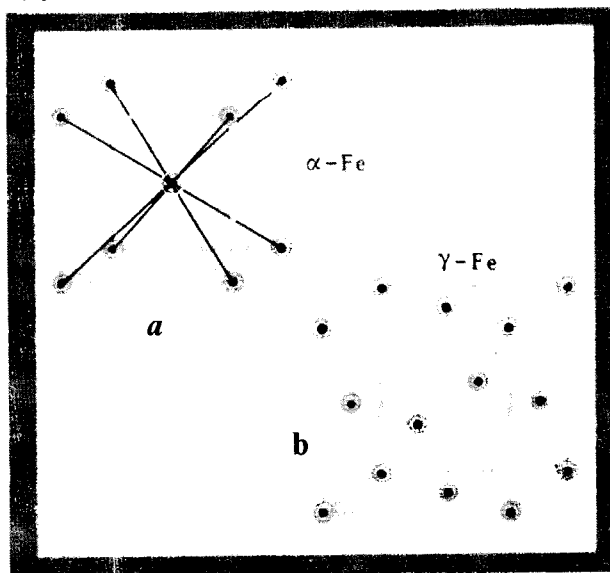
Fiziki xassələri. Dəmir gümüşü-ağ rəngli kifayət qədər yumşaq plastik metaldır. Közərinçiyədək qızdırdıqda yumşalır, bu halda onu, yaymaq, emal və qaynaq etmək olur. Sıxlığı $7,9 \text{ q/sm}^3$ -dir. $1539 \text{ }^\circ\text{C}$ -də əriyir, $3200 \text{ }^\circ\text{C}$ -də qaynayır.

Dəmirin dörd allotropik şəkil dəyişməsi var. Bunlar α -Fe, β -Fe, γ -Fe və δ -Fe-dir. α -Fe, β -Fe və δ -Fe kubik həcmə mərkəzləşmiş kristal qəfəs əmələ gətirirlər. Bunlarda dəmir atomları kubun təpələrində (səkkizi) və mərkəzində (biri) yerləşmişlər. Deməli, kristal qəfəsin elementar halqasında 9 dəmir atomu var. 1958-ci ildə Brüsseldə Ümumdünya Sənaye Sərgisində tamaşaçıların diqqətini Atom Binası cəlb etmişdir. Onda diametri 18 metr olan doqquz metal şar sanki havadan asılmışdır. Onlardan biri kubun mərkəzində səkkizi isə təpələrində yerləşmişdir. Bu kristallik dəmirin 165 milyard dəfə böyüdülmüş modeli idi.



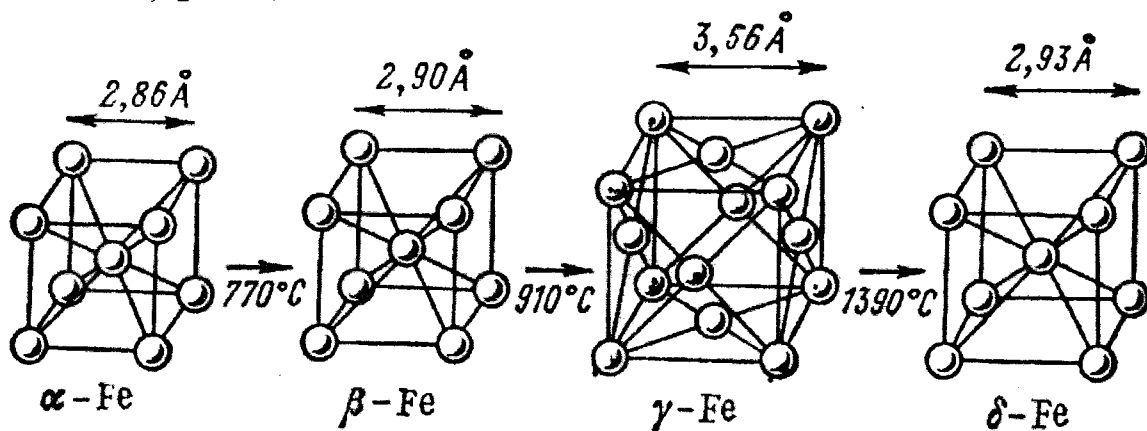
Şəkil XXI-4. Brüsseldə Ümumdünya Sənaye Sərgisi. Atom gecəsi.

Hər üçünün (α -, β - və δ -) kristal qəfəsi eyni olmasına baxmayaraq, atomların arasındakı məsafə müxtəlifdir. γ -Fe isə bunlardan fərqli olaraq, kubik üzəmərkəzləşmiş qəfəs əmələ gətirir. Onda dəmir atomları kubun təpələrində (səkkizi) və üzlərində (hər üzdə biri olmaqla altısı) yerləşirlər. Bir elementar qəfəsdə 14 dəmir atomu olur.



Şəkil XXI-5. Dəmirin α - və γ - modifikasiyalarının kristal quruluşları (a, b).

Dəmirin allotropik şəkil dəyişmələrinin, temperaturdan asılı olaraq, birinin digərinə çevrilməsini aşağıdakı şəkildən görmək olar.

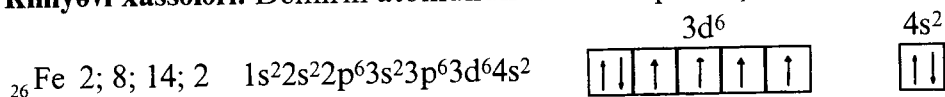


Şəkil XXI-6. Dəmirin polimorf çevrilməsi

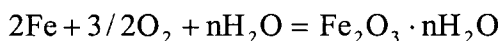
γ -Fe ferromaqnit xassəlidir. Lakin qalıq maqnetizmi yoxdur. Yəni maqnit sahəsini kənar etdikdə maqnit xassəsi göstərmir. Közərməmiş dəmir parçasını dəmirçi kürəsindən çıxarıb soyutmağa qoyduqda, parlaq-qırmızı rəngi tədricən tutqunlaşır və birdən ani müddətdə güclü sürətdə közərir, nəhayət, sönür. Soyutduqda 910 °C-də γ -Fe, α -dəmirə çevrilir. Bu ekzotermik prosesdir, istilik ayrılmaqla müşayiət olunur. Ona görə də işıq saçır. Həmçinin bu prosesdə dəmirin sıxlığı da dəyişir, γ -Fe α -Fe-ə çevrildikdə sıxlığı azalır. Bunun da səbəbi aydındır α -Fe-də vahid həcmdə 9 atom olduğu halda γ -Fe-də 14 atom var.

Yuxarıdakı prosesi kimya laboratoriyasında nümayiş etdirmək olar. Dartılmış uzun dəmir məftildən elektrik cərəyanı buraxdıqda məftil közərir. Sonra cərəyan verilməsini dayandıraraq və qısa vaxtda laboratoriyayı qaranlıqlaşdırdıqda məftilin közərtisi tədricən azalır və birdən qılgıncım alınır. Məftil şaquli vəziyyətdə olduqda onun dartılmasını da müşahidə etmək olar.

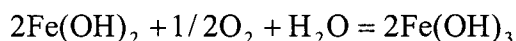
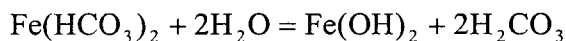
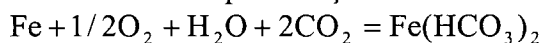
Kimyəvi xassələri. Dəmirin atomunun elektron quruluşu belədir:



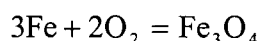
Birləşmələrdə dəmirin oksidləşmə dərəcəsi +2, +3 və +6 olur. Bunlara uyğun olaraq II, III və VI valentli olur. Bunlardan ən davamlısı üçvalentli dəmir birləşmələridir. Dəmir aktivliyi orta dərəcədə olan metaldır. Adi temperaturda rütubətli havada paslanır üzəri $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ tərkibli məsaməli pas təbəqəsi ilə örtülür. Həmin pas təbəqəsi onu sonrakı oksidləşmədən qorumur:



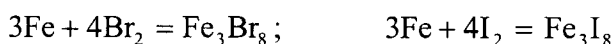
Dəmirin havada paslanmasında karbon qazı da iştirak edir:



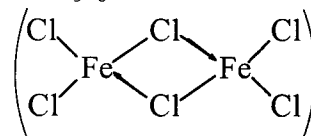
Əvvəllər ildə istehsal olunan dəmirin demək olar ki, yarısı korroziyadan sıradan çıxırdı. Hazırda korroziyaya qarşı çoxlu səmərəli üsullar işlənmişdir. Bunlar dəmirin korroziyasını minimuma endirir. Birləşmələrdən son dərəcə xırdalanmış vəziyyətdə alınan dəmir pirofor xassəlidir. O, adi temperaturda havada öz-özünə alovlanır. Pirofor dəmirdə hissəciklərin diametri 5 mk olur. Onların səthinin çox böyük olması oksidləşməni kəskin sürətdə artırır. Lakin çox xırdalanmış dəmirin pirofor xassəsinin səbəbi yalnız onun ümumi səthinin artması deyil, həmçinin metalın davamlı halına nisbətən kristal qəfəsinin pozulmasıdır. Dəmiri quru havada 200 °C-də qızdırdıqda üzəri nazik qoruyucu oksid təbəqəsi ilə örtülür. Dəmirin zağlanması da buna əsaslanmışdır. Bu prosesdə dəmirin səthi parlaq qara rənglə örtülür. Dəmir tozunu havada qızdırdıqda Fe_3O_4 əmələ gəlir:



Fe_3O_4 -dən əlavə az miqdarda FeO əmələ gəlir. Temperatur yüksək olmadıqda Fe_2O_3 -də əmələ gəlir. Otaq temperaturunda dəmir brom və yod buxarları ilə birləşir Fe_3Br_8 ($FeBr_2 \cdot 2FeBr_3$) və Fe_3I_8 ($FeI_2 \cdot 2FeI_3$) əmələ gəlir:



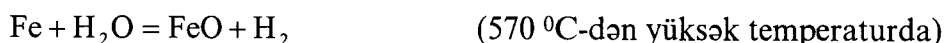
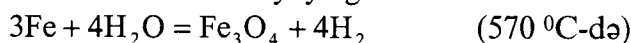
Qızdırdıqda isə Fe_2Br_6 və Fe_2Cl_6 əmələ gəlir:



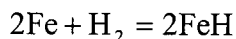
Kükürd buxarları ilə reaksiyadan FeS və FeS_2 alınır:



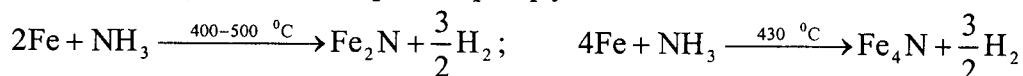
Qızdırdıqda dəmir su buxarları ilə reaksiyaya girir:



Otaq temperaturunda dəmirdə 0,005 % hidrogen həll olur, əmələ gələn hidrid (FeH) dəmirin bərkliyini artırır:



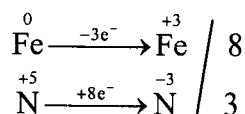
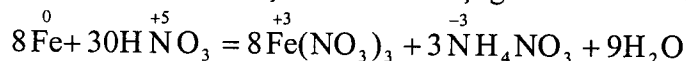
Dəmir tozunu ammoniyak axınında qızdırdıqda qeyri-stexiometrik tərkibli nitridlər əmələ gəlir:



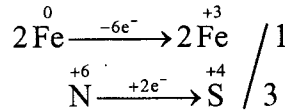
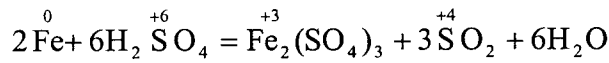
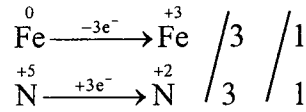
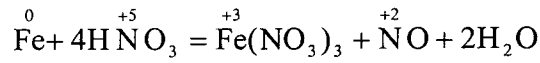
Fosforla Fe_3P , Fe_2P , FeP , tərkibli fosfidlər əmələ gətirir. Dəmir metalların elektrokimyəvi gərginlik sırasında hidrogendən əvvəl yerləşir. Duru xlorid və sulfat turşusundan hidrogeni asanlıqla çıxarır:



Artıqlaması ilə götürülən duru nitrat turşusu dəmirə aşağıdakı tənlik üzrə reaksiyaya girir:

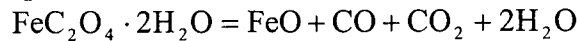


Qatı nitrat və sulfat turşusu dəmirlə yalnız qızdırdıqda reaksiyaya girir:



Dəmir Bi, Sb, Pb, Sn, Cu, Ag, Hg və Au metallarını duzlarının məhlullarından çıxarır.

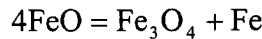
Dəmir 2-oksidi FeO. Dəmir 2-oksidi davamsız kristallik tozdu. Onun formulunu FeO şəklində yazılmasını şərti qəbul etmək lazımdır. Kristal qəfəsində Fe²⁺ ionlarına məxsus olan yerlərin bəziləri boşdur. Elektroneytrallığı saxlamaq üçün qəfəsin düyünlərində Fe³⁺ ionları olur. Ona görə də dəmir 2-oksidi qeyri-stexiometrik birləşmələrə aiddir, dəyişkən tərkibliyə malikdir, formulunu Fe_{0,937}O kimi yazmaq olar. Lakin təqribi hesablamalarda bunu nəzərə almırıq FeO kimi qəbul edirik. Dəmir 2-oksidi əsasən dəmir 2-oksalatın hidratını havasız şəraitdə qızdırmaqla alınır:



Havada qızdırdıqda Fe₂O₃-ə çevrilir:

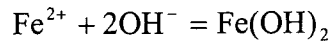


570 ⁰C-də disproporsionlaşır:

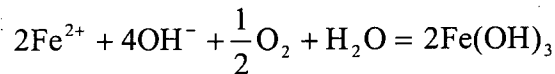


Dəmir 2-oksidi turşularla ikivalentli dəmir duzları əmələ gətirir. Suda və qələvilərdə çətin həll olur.

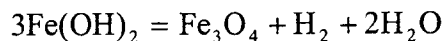
Dəmir 2-hidroksidi Fe(OH)₂. Havasız şəraitdə ikivalentli dəmir duzları məhluluna qələvilərlə təsir etdikdə pambıqvari sarımtıl-ağ Fe(OH)₂ çöküntüsü alınır:



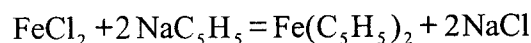
Hava iştirak etdikdə Fe(OH)₂ · Fe(OH)₃ çöküntüsü alınır. O isə tədricən Fe(OH)₃-ə çevrilir:



Bəzi dərs vəsaitlərində qızdırdıqda Fe(OH)₂-in dəmir 2-oksidiə parçalanması göstərilir. Bu səhvdir. Fe(OH)₂ qızdırdıqda Fe₃O₄-ə çevrilir:

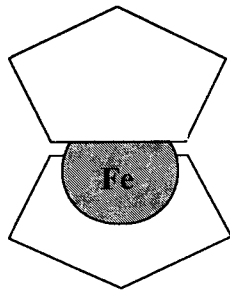


Fe²⁺ demək olar ki, bütün anionlarla duzlar əmələ gətirir. Onların məhlulunu qızdırdıqda yaşıl kristalhidratlar alınır. Misal olaraq Fe(ClO₄)₂ · 6H₂O, Fe(NO₃)₂ · 6H₂O, FeSO₄ · 7H₂O, FeBr₂ · 6H₂O, (NH₄)₂SO₄ · FeSO₄ · 6H₂O (Mor duzu) və s. göstərmək olar. Fe(OH)₂-ni reduksiyaedici atmosferdə qatı qələvi məhlulu ilə qaynatdıqda Fe(II)-nin hidroksiferratları alınır: Na₄[Fe(OH)₆], Ba₂[Fe(OH)₆]. Fe²⁺ birləşmələrindən dəmir-pentadienil Fe(C₅H₅)₂ kompleksonu sintez etdikdən sonra metalüzvibirləşmələr kimyası daha sürətlə inkişaf etmişdir. Fe(C₅H₅)₂ 1951-ci ildən sintez edilmişdir, trivial adı ferrotsendir. Onu dietil efiri mühitində FeCl₂-nin NaC₅H₅-lə reaksiyasından alırlar:



Ferrotsen sarı pulcuqvari kristallardan ibarətdir. Suda həll olmur, 173 ⁰C-də əriyir. Onun molekulunun quruluşu buterbroda oxşayır. Ona görə də sendviç birləşmə adını almışdır. Sendviç sözünün mənası buterbrod deməkdir. Ferrotsen C₅H₅FeC₅H₅ molekulunda Fe²⁺ iki

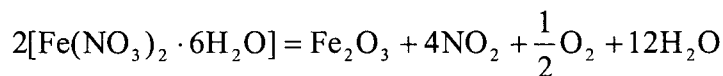
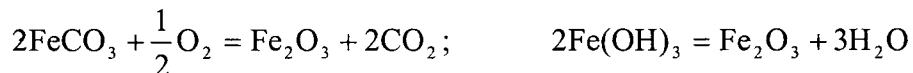
beşüzvlü tsiklik pentadietil halqaları arasında sanki sıxılmışdır. Onun quruluş sxemi belədir:



Şəkil XXI-7. Ferrotsenin quruluşu.

Fe^{2+} ionu ilə C_5H_5 -radikalları arasında rabitə halqaların π -elektronları hesabına yaranmışdır. Ona görə də ferrotsen π -kompleksi sinfinə aiddir. Digər keçid metalları kimi dəmirin xaricdən ikinci elektron təbəqəsi (energetik səviyyəsi) tamamlanmamışdır. Pentadietilin π -elektronları dəmir Fe^{2+} ionunun sərbəst elektron orbitallarına keçir. Dəmir atomunu pentadietil halqaları ilə birləşdirir. $Fe(C_5H_5)_2$ molekulunda 11 atom (1 dəmir və 10 karbon atomu) arasında 18 elektron (8-i Fe atomundan 10-u iki C_5H_5 radikalından) kimyəvi rabitələr əmələ gətirir. Ona görə də ferrotsen çox davamlı birləşmədir, suda qaynatdıqda belə quruluşu dəyişmir, bir sıra maddələrin təsirinə qarşı davamlıdır. Ferrotsen sintez edilənə qədər neft emalı zavodlarında və qaz nəql edən borularda sarı ləkələrin əmələ gəlməsinin səbəbi aydınlaşdırılmamışdır. Sonra onların $Fe(C_5H_5)_2$ olduğu məlum olmuşdur.

Dəmir 3-oksidi Fe_2O_3 . Dəmir 3-oksidi dəmirin təbii oksigenli birləşmələrinin ən davamlısıdır. Təbiətdə hematit və limonit mineralları şəklində tapılır. Üç allotropik şəkil dəyişməsi var: $\alpha - Fe_2O_3$, $\beta - Fe_2O_3$ və $\gamma - Fe_2O_3$. Rəngi tünd-qırmızı və bəzən qara olur. Aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə almaq olur:



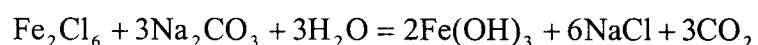
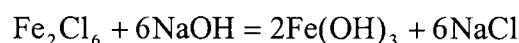
Dəmir 3-oksidi amorf, yaxud hidratlaşmış halda turşularda həll olur. Onların turş məhlulundan kristalhidratlarını ayırmaq olur: $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Fe(ClO_4)_3 \cdot 10H_2O$, $M^+Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ (dəmir zəyləri) və s.

Fe_2O_3 zəif amfoter xassəlidir. Qələvi metalların hidrosidləri və karbonatları ilə eritdikdə ferritlər əmələ gəlir:



Dəmir 3-oksiddən və onun törəmələrindən radioelektronikada maqnit materialı kimi, o, cümlədən maqnitofon lentinin aktiv maddəsinin hazırlanmasında istifadə edilir.

Dəmir 3-hidroksid $Fe(OH)_3$. Fe^{3+} ionu olan məhlula qələvilər, qələvi metalların karbonatları və NH_4OH -la təsir etdikdə (daha dəqiq $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$) çöküntü halında alınır:



Dəmir 3-hidroksid suda çətin həll olur, zəif amfoter xassəlidir, turşularda və qaynar qatı qələvi məhlulunda həll olur, uyğun duzlar əmələ gətirir:



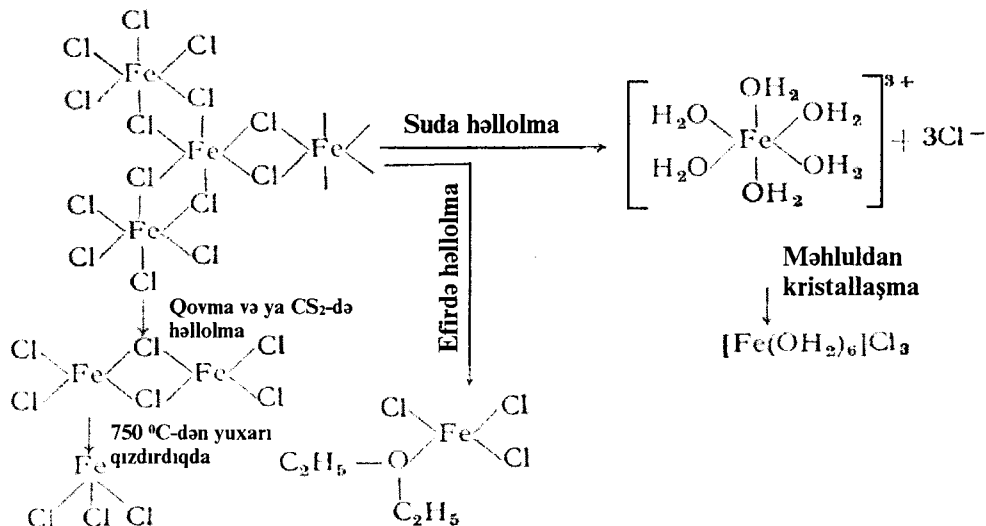
Dəmir 3-hidroksid qismən suyunu itirdikdə ferrit turşusu $HFeO_2$ alınır. Ferrit turşusu təbiətdə iki kristallik şəkil dəyişmə formasında tapılır: $\alpha - HFeO_2$ (hetit) və $\gamma - HFeO_2$ (lepidokrokit). M^+FeO_2 və $M^+ [Fe_2O_4]$ ferrit turşusunun duzlarıdır.

Dəmir (II, III) oksid Fe_3O_4 . Fe_3O_4 qara rəngli bərk maddədir. Texniki adı dəmir yanığıdır. Təbiətdə maqnetit mineralı şəklində tapılır. Polad əşyaları havada qızdırdıqda səthi Fe_3O_4 -lə örtülür. Bundan başqa onu dəmir 3-oksida hidrogenlə (400–500 °C), su buxarı, yaxud karbon-monooksidlə (800 °C) reduksiya etməklə almaq olar. Fe_3O_4 qarışıq oksid hesab edilir: $FeO \cdot Fe_2O_3$. Ona ferrit turşusunun Fe^{2+} -lə əmələ gətirdiyi duz kimi də baxmaq olar: $Fe(FeO_2)_2$ yaxud $FeFe(FeO_4)$.

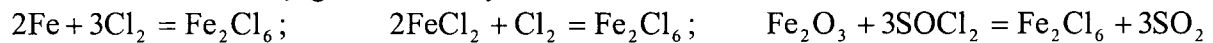


Fe_3O_4 elektrik cərəyanını yaxşı keçirir və kimyəvi maddələrin təsirinə qarşı davamlıdır. Ondan elektrodlar hazırlanır.

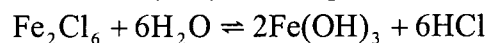
Üçvalentli dəmir duzları. Dəmir 3-xlorid $FeCl_3$. Tünd-qonur kristallardan ibarətdir. Suda həll etdikdə oktaedrik $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ kompleksi əmələ gəlir. Qeyri-polyar həlledicilərdə (CS_2) həll etdikdə və buxarlandırdıqda Fe_2Cl_6 molekulu əmələ gəlir:



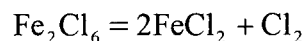
Dəmir 3-xlorid aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə alınır:



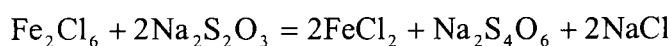
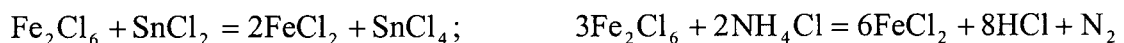
Hidrolizə uğrayır, kolloid halda $Fe(OH)_3$ əmələ gəlir:



Güclü qızdırdıqda parçalanır:

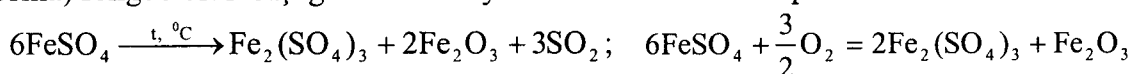


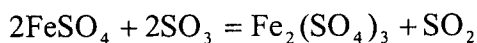
Dəmir 3-xlorid KI, H_2S , $SnCl_2$, NH_4Cl , $Na_2S_2O_3$ və s. ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda oksidləşdirici xassə göstərir:



Dəmir 3-xlorid qanqəsici xassəyə malikdir o, Fredel-Krafts reaksiyasında (alkilbenzol alınmasında) katalizator kimi tətbiq edilir. Həmçinin texniki sulara kolloidlərin kaoqulyasiyasında və tibbdə anemiya xəstəliyinin müalicəsində istifadə edilir. Qalvanoplastikada mis lövhələrin səthini və suvenir mis əşyaları dəmir 3-xlorid məhlulu ilə işlədikdə xarici görkəmi yaxşılaşır.

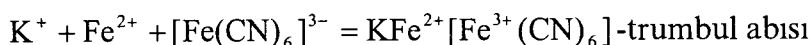
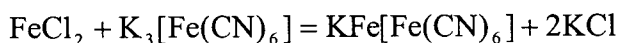
Dəmir 3-sulfat $Fe_2(SO_4)_3$. Kristal halda ağ (ortorombik forma) yaxud sarı (heksaqonal forma) rəngdə olur. Aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə almaq olar:



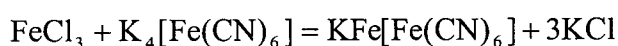


Dəmir 3-sulfatı suda həll etdikdə məhlulu hidroliz və işığın təsirindən qırmızı-qonur rəngdə olur. Təbiətdə kokimbit mineralı $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ şəklində rast gəlinir. Dəmir 3-sulfatdan misdən və poladdan hazırlanan əşyaların xarici görkəminin yaxşılaşdırılmasında, mis filizlərinin emalında, çirkli suyun təmizlənməsində istifadə edilir.

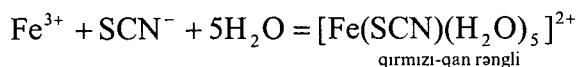
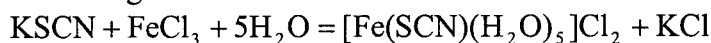
Fe^{2+} ($\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } \\ \hline \end{array}$ $3d^6$ $\begin{array}{|c|} \hline \text{ } \\ \hline \end{array}$ $4s^0$) ionunun təyini. Fe^{2+} ionu üçün reaktiv qırmızı qan duzudur: $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Fe^{2+} ionu olan məhlula $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ məhlulu ilə təsir etdikdə məhlul göy rəngə boyanır, trumbul abısı alınır:



Fe^{3+} ($\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } & \text{ } \\ \hline \end{array}$ $3d^5$ $\begin{array}{|c|} \hline \text{ } \\ \hline \end{array}$ $4s^0$) ionunun təyini. Fe^{3+} ionu üçün reaktiv sarı qan duzudur: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Fe^{3+} ionu olan məhlula $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ məhlulu ilə təsir etdikdə, göy rəngli berlin abısı alınır:

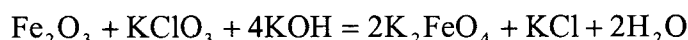
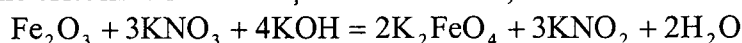


Analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, trumbul və berlin abısının formulu eynidir: $\text{K}^+\text{Fe}^{3+}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-}$. Ondan parlaq-göy piqment kimi istifadə edilir. Fe^{3+} ionunu kalium-tiosianat vasitəsilə də təyin etmək olur. Fe^{3+} ionu ilə tiosianat ionu SCN^- qırmızı-qan rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir:

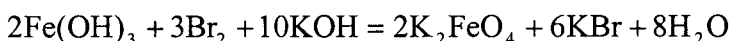


Azid ionu NNN^- Fe^{3+} ionu ilə həmin rəngli birləşmə əmələ gətirir.

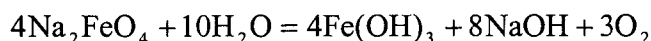
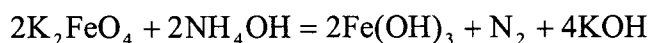
Altivalentli dəmir birləşmələri. +2 və +3 oksidləşmə dərəcəsi başqa dəmirin oksidləşmə dərəcəsi +6 olan birləşmələri də var. Dəmirin oksidlərini qələvi metalların nitratları və xloratları ilə əritdikdə ferrat turşusunun duzları, ferratlar alınır:



Ferratlar, həmçinin $\text{Fe}(\text{OH})_3$ və $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -nin oksidləşdirilməsindən alınır:



Bütün ferratlar çox qüvvətli oksidləşdiricidir. Məsələn, ammonyak və suyu uyğun olaraq N_2 və O_2 -yə oksidləşdirir:

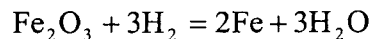


Sərbəst ferrat turşusu və onun anhidridi alınmamışdır. O, ani müddətdə Fe_2O_3 , H_2O və O_2 -yə parçalanır. Oksidləşmə dərəcəsi +2, +3 və +6 olan dəmir birləşmələrindən əlavə Fe^{+4} və Fe^{+5} birləşmələri alınmışdır. Onlara misal olaraq Ba_3FeO_5 və K_3FeO_4 -ü göstərmək olar.

Dəmir piqmentləri. Tərkibində dəmir olan birləşmələrin bəzilərindən boyaq istehsalında piqment kimi istifadə edilir. Onlardan aşağıdakıları misal göstərmək olar: dəmir sarısı $\text{FeO}(\text{OH})$; dəmir qırmızısı Fe_2O_3 ; dəmir qarası ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{O}_4$); dəmir suriki-təbii hematit Fe_2O_3 ; oxra-limonit $\text{FeO}(\text{OH})$; gil və s. qarışığı.

Dəmirin alınması. Təmiz dəmir $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot \frac{3}{4}\text{H}_2\text{O}$ -nun közərdilməsindən alınan Fe_2O_3 -ü

hidrogenlə reduksiya etməklə alınır:

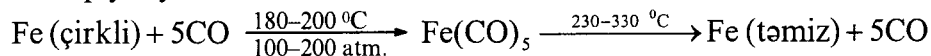


Reduksiya prosesi 278–340 °C-də aparıldıqda pirofor dəmir alınır. 550–650 °C-də səthi qismən oksidləşmiş dəmir, 700 °C-də əriyib bitişmiş dəmir parçası alınır.

Fe_2O_3 yaxud Fe_3O_4 -ü alüminiumla reduksiya etdikdə texniki dəmir alınır:



Ferroxrom, ferrovolfam, ferromolibden, ferroniobium, ferrosirkonium yaxud başqa metalların ferroxəlitələrini almaq üçün Fe_2O_3 -lə həmin metalların uyğun oksidlərinin qarışığı Cr_2O_3 , WO_3 , MoO_3 , Nb_2O_5 , ZrO_2 alüminiumla reduksiya edilir. Təmiz dəmir onun duzlarının məhlulunun elektrolizindən alınır. Saf dəmir pentakarbonilinin parçalanmasından alınır. Bu məqsədlə texniki dəmir yüksək təzyiqdə CO atmosferində qızdırılır, sonra alınan karbonil parçalanır. $\text{Fe}(\text{CO})_5$ -sarı rəngli uçucu mayedir, –20 °C-də əriyir, 103 °C-də qaynayır.



§ 3. Dəmirin karbonla xəlitələri

Sənaye miqyasında istehsal olunan dəmirin demək olar ki, hamısında karbon olur. Alınma üsulundan asılı olaraq karbon dəmir, dəmir-karbid – sementit Fe_3C formasında kimyəvi birləşmiş yaxud qrafit kristalları formasında olur. Dəmirə karbon ən çox miqdarında (6,67 %) sementit formasında olur. Tərkibində karbonun miqdarı artdıqca dəmirin xassələri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir: deformasiya qabiliyyəti azalır, bərkliyi və kövrəkliyi artır, ərimə temperaturu aşağı düşür. Təmiz dəmir 1530 °C-də əridiyi halda, tərkibində 4,28 % C olan dəmir 1145 °C-də əriyir. Həmçinin döyülüb yastılanma qabiliyyəti azalır, maye halda, tökməklə forma verilmə xassəsi yaxşılaşır. Tərkibindəki karbonun və digər elementlərin miqdarından asılı olaraq əsasını dəmir təşkil edən xəlitələr aşağıdakılardır.

Çuqun. Tərkibində 2,5 % C ; 0,3–5 % Si ; 1 %-ə qədər Mn ; 0,1 % S və 0,2 % P olan dəmir xəlitəsi çuqun adlanır. Maye çuqunu sürətlə soyutduqda rəngi ağ olur və ağ çuqun adlanır. Ağ çuqun əsasən sementitdən Fe_3C ibarət olur. Çuqunu tədricən soyutduqda boz çuqun alınır. Boz çuqun təmiz dəmir kristalları dənələrindən və qrafit laylarından ibarətdir. Ağ və boz çuqunun hər ikisi kövrəkdir. Ağ çuqunun kövrəkliyinin səbəbi onun əsasını təşkil edən sementitin kövrəkliyidir, boz çuqunun kövrəkliyinin səbəbi onda olan qrafit, laylarıdır. Onlar sanki çatlar şəklindədir.

Boz çuqunu termiki emal etməklə döyülə bilən çuqun almaq olur. Termiki emal prosesində çuqundakı qrafit layvari quruluşdan sferik formaya keçir. Döyülə bilən çuqunun kövrəkliyi az olur. Fosfor çuqunun qəliblənmə xassəsini (maye halda forma verilmə) yaxşılaşdırır. Tərkibində 3 %-ə qədər fosfor olan çuqunun maye halda axıcılığı yüksək olur. Ondən bəddii əşyalar hazırlanır. Silisium soyutduqda çuqundan karbonun qrafit şəklində ayrılmasına, manqan isə sementit formasında ayrılmasına və uyğun olaraq boz və ağ çuqun əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Polad. Tərkibində 2 %-ə qədər C ; 0,35 % Si ; 0,6 % Mn ; 0,06 % S və 0,07 % P olan dəmir xəlitəsi polad adlanır. Poladın çuqundan əsas fərqi onun yüksək temperaturda plastik deformasiyaya uğramasıdır. Başqa sözlə desək, bütövlüyü, quruluşu dəyişilmədən xarici qüvvənin təsirindən formasını dəyişir. Döyülüb yastılanması, prokat edilməsi və ştamplanması poladın bu xassələrinə əsaslanmışdır. Müasir metallurgiya kükürdsüz və fosforsuz polad istehsal edə bilmir. Kükürdün və fosforun çox az miqdarı belə poladın plastikliyini kəskin sürətdə azaldır. Kükürd poladda sulfid FeS şəklindədir və közərdilmiş halda onun plastikliyini azaldır. Bunun səbəbi FeS -in dəmirə asan əriyən qarışıq əmələ gətirməsi və polad bərkidikdə onun kristallik dənəcikləri arasında yerləşməsidir. Belə poladı prokat etmək üçün qızdırdıqda (1000–1300 °C) səthində çatlar əmələ gəlir. Yüksək

keyfiyyətli poladlarda kükürdün miqdarını 0,02 %-dən çox olmasına yol verilmir. Fosfor soyuq halda poladın kövrəkliyini kəskin surətdə artırır. XX əsrin əvvəllərində Rusiyanın dəmir yollarından birində sərt qışda tərkibində 0,1 % fosfor olan dəmir yolu relsi parça-parça olmuşdur və təsadüf nəticəsində qəza baş verməmişdir. Poladda fosfor kövrək Fe_3P fosfidi formasında olur. Yüksək keyfiyyətli poladda 0,02–0,03 % fosfor olur.

Poladın bəzi növlərində fosfor, kükürd və silisium olur. Karbonun miqdarı isə 0,1–1,5 % olur. Yumşaq (az karbonlu) poladda karbon 0,2 %-dən az olur. O, döyülüb yastılana bilir və dartıldıqda uzanır. Közərdilmiş halda sürətlə soyutduqda bərkliyi artmır, tablanmır. Yumşaq poladdan çox vaxt döyülüb yastılana bilən dəmir əvəzinə istifadə edilir. Orta karbonlu poladda 0,2–0,6 % karbon olur. Ondən relslər və dəmir-beton armaturları hazırlanır. Karbonu çox olan poladda 0,7–2 %-ə qədər karbon olur. Ondən müxtəlif tokar alətləri və s. hazırlanır. Parlaq-qırmızı rəng verənə qədər közərdilmiş yüksək karbonlu poladı tədricən soyutduqda yumşalır, tabı alınır. Əksinə, onu sürətlə soyutduqda, suya, yağa yaxud civəyə saldıqda tablanır, bərkliyi artır, şüşədən bərk olur. Bəzi hallarda polad əşyanın bir hissəsinin bərkliyini artırmaq digər hissəsinin isə bərkliyini azaltmaq lazım gəlir. Məsələn, kəsici alətin bilavasitə kəsən hissəsinin bərkliyi digər hissəsinə nisbətən daha çox olmalıdır. Tablanmış poladı termiki emalla bir qədər yumşaltmaq və onu tələb olunan bərklikdə saxlamaq olur. Poladın tabının azaldılmasının dərəcəsini közərdikdə aldığı rəngə əsasən gözəyari təyin etmək olur. Közərdikdə küləş rəngi aldıqda (230 °C) və həmin vəziyyətdə soyutduqda poladdan ülgüc (britva), sarı rəng (250 °C) bıçaqlar, qəhvəyi rəng (260 °C) qayçılar, kəsicilər, göy rəng (290 °C) saat yayları hazırlamağa uyğun gəlir. Poladın tablanması və tabının azaldılmasının səbəbi onda dəmir-karbon sistemində baş verən dəyişiklikdir. Karbon γ -dəmirdə həll olur. Belə forma 912 °C-dən yüksək temperaturda davamlıdır. Poladı həmin temperaturdan yüksəkdə tabladıqda, karbonun γ -dəmirdə bərk məhlulu əmələ gəlir. Belə material martensit adlanır. O, çox bərk və kövrək olur. Bərkliyi yüksək karbonlu poladın bərkliyi qədər olur. Otaq temperaturunda martensit davamsızdır. Lakin həmin temperaturda onun davamlı formaya çevrilməsinin sürəti çox kiçikdir, nəzərə almamaq olar. Martensit olan poladı tabladıqda yəni sürətlə soyutduqda bərkliyini yenidən qızdırılana qədər saxlayır. Poladın tabını azaltdıqda – tədricən qızdırdıqda və eyni qayda ilə soyutduqda martensit (γ -dəmirdə karbonun bərk məhlulu) daha davamlı formaya çevrilir. Həmin prosesin mexanizmi mürəkkəbdir.

Legirlənmiş poladlar. Poladların xassələrini yaxşılaşdırmaq üçün onların tərkibinə bəzi kimyəvi elementlər daxil edirlər. Belə poladlara legirlənmiş (latın sözü «liqarlı»– əlaqələndirmək, birləşdirmək mənası verir) poladlar, əlavə edilən elementlərə isə legirləyicilər deyilir. Tərkibində 12–14 % Mn olan polad xüsusi bərkliyi ilə fərqlənir ondən xırdalayıcı və üyüdücü aqreqlər hazırlanır. Xromvanadiumlu poladda 5–10 % Cr və 0,15 % V olur. Həmin polad elastikliyi və möhkəmliyi ilə fərqlənir. Ondən avtomobil oxları və ramaları hazırlanır.

Paslanmayan polad 80,6 % Fe; 0,4 % C; 18 % Cr və 1 % Ni-dən ibarətdir. Ondən mətbəx əşyaları, suvenirlər və s. hazırlanır. Korroziyaya qarşı davamlıdır. Molibden və volframlı poladdan metal emal edən kəsici dəzgahların hissələri düzəldilir. 2–4 % Ni olan poladdan aviasiyada və körpülər düzəldilməsində istifadə edilir. Avtomobil şamları hazırlanmasında tərkibində 4 % Cr və 17–20 % W olan poladdan istifadə edilir. Müasir sənaye 100-dən çox müxtəlif növ ferroxəlitələr istehsal edir. Bunlara yüngül (Al, Ba, B, Ca, Mg, Si, Ti), nadir (V, W, Y, Mo, Nb, Ce və digər nadir torpaq elementləri Sc, Ta, Zr), ağır (Co, Mn, Ni, Cr) metallar, həmçinin qeyri-metallar (Si, P) və azot aiddir. Ferroxəlitələrdə legirləyici metalların qiyməti onların təklidəki qiymətlərindən aşağıdır. Keçmiş sovet ölkələrində poladların kimyəvi tərkibi, markası vahid şərti işarələrlə göstərilir. Poladın tərkibindəki hər bir kimyəvi elementə müəyyən hərflər uyğun gəlir:

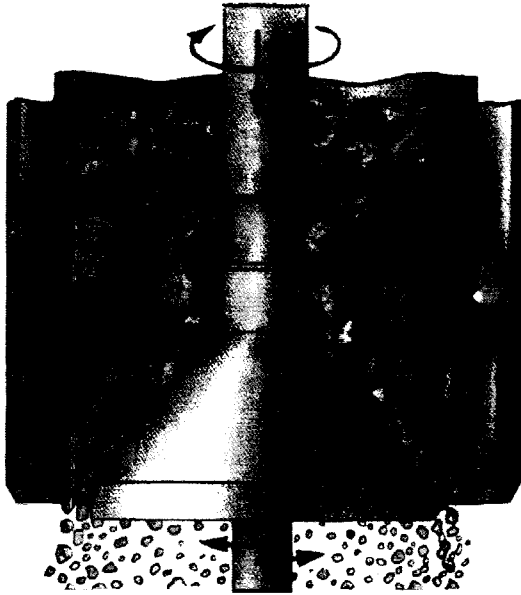
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Al	Ti
У	Г	С	Х	Н	М	В	Ф	Ю	Т

Poladın markasında hərflərdən solda karbonun faizini yüzdə biri ilə miqdarını göstərən ədəd olur. Rəqəmlərdən sonrakı hərflər poladda müvafiq elementi göstərir. Əgər həmin

hərfdən sonra rəqəm yoxdursa, onda həmin elementin miqdarı 1 %-dən çox deyil. Rəqəm olduqda isə o, həmin elementin faizlə miqdarını göstərir. Bütün simvolların sonunda A hərfi varsa, polad yüksək keyfiyyətlidir. Məsələn, 10X 3H4A onu göstərir ki, poladda 0,10 % ($\frac{10}{100} = 0,10$ %) karbon, 3 % xrom, 4 % nikel var və polad yüksək keyfiyyətlidir. 30XГT simvolu poladda 0,30 % karbon, 1 %-ə qədər xrom, manqan və silisium olduğunu göstərir.

§ 4. Çuqun istehsalı

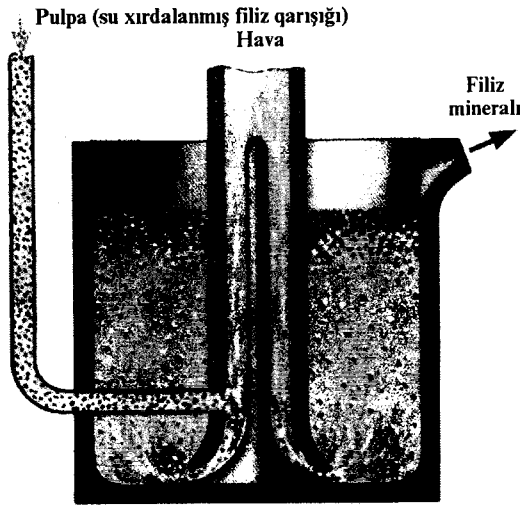
Sənaye miqyasında ən böyük həcmdə metalların karbon və karbon-monooksid vasitəsilə reduksiyası domna sobasında, çuqun istehsalında həyata keçirilir. Çuqun almaq üçün müxtəlif dəmir filizlərindən istifadə edilir. Digər faydalı qazıntılar kimi dəmir filizləri də bilavasitə istifadə etmək üçün yararlı olmur. Ən zəngin filizdə belə dəmirin miqdarı 50 %-dən çox olmur. Ona görə də həmin filizlər istifadə edilməzdən əvvəl lazımsız qarışıqlardan təmizlənir. Həmin proses filizin zənginləşdirilməsi adlanır. Proses daşdoğrayan maşınlarda iri filiz parçalarının xırdalanması ilə başlayır. Konusvari polad doğrayıcı daş parçalarını xırdalayır.



Şəkil XXI-8. Daş parçalarını xırdalayan konusvari polad doğrayıcı.

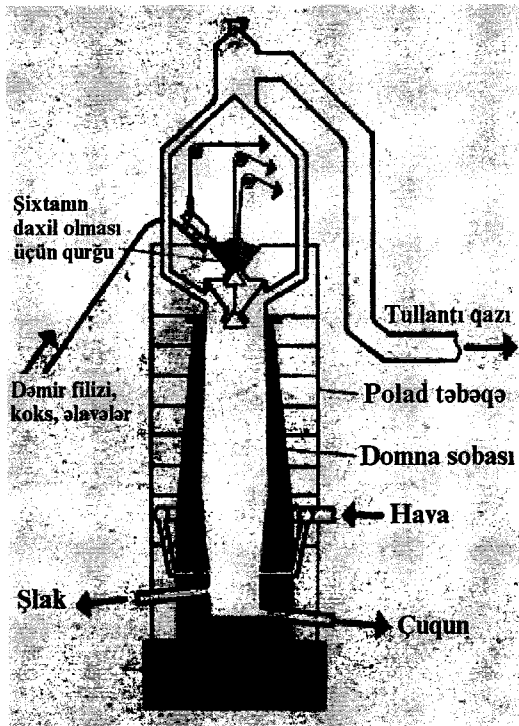
Filizin xırdalanmasının ikinci mərhələsi qəlibləmə, şadaraaldan keçirmədir. Toz halına salınmış filiz preslənir. Nisbətən iri hala salınır və zənginləşdirmə prosesinə daxil edilir. Filizlərin zənginləşdirilməsinin ən mütərəqqi və geniş yayılan üsulu flotasiyadır. İngiliscə «floteysn» üzmə, üzgüçülük mənasını verir. Maddələr hidrofily və hidrofob olmaqla iki yerə bölünür. Hidrofillər suya meyillidirlər suda həll olurlar. Hidrofoblar, əksinə, suya meyilli deyillər suda həll olmur. İçərisində su olan stəkana üzüm giləsinə atdıqda, dibə batır. Lakin tezliklə onun ətrafında hava qabarcıqları toplanır, onu əhatə edir və suyun səthinə qaldırır. Ona görə ki, üzüm giləsinin səthi hidrofobdur, su ilə islanmır. İstənilən hidrofob maddə ətrafında hava qabarcıqları toplanır və suyun səthinə qaldırır. Flotasiya maşınının iş prinsipi buna əsaslanmışdır. Böyük rezervuarda (çəndə) filiz su ilə qarışdırılır. Ona xüsusi maddə – köpükəmələgətirici əlavə edilir. Bu qarışıq hava ilə qovulur. Çox kiçik qabarcıqlardan ibarət köpük əmələ gəlir. Həmin qabarcıqlar boş süxurla deyil, filizlə yapışır və sudan ağır olmasına baxmayaraq onu suyun səthinə qaldırır. Flotasiya üsulunun əsas üstünlüyü onun vasitəsilə yoxsul filizin belə saflaşdırılmasıdır.

Müasir domna 30 mərtəbəli ev hündürlükdə çox böyük qurğudur. İçərisi odadavamlı kərpiclə hörülmüşdür. Mürəkkəb maşınlar və cihazlarla təchiz edilmişdir. Domna sobasına yuxarıdan koks, əhəngdaşı qırıntıları və Fe_2O_3 olan dəmir filizi qarışığı tökülür.



Şəkil XXI-9. Flotasiya qurğusu.

Koks daş kömürü havasız şəraitdə qızdırdıqda, alınan uçucu maddələrdən təmizlənmiş bərk qalıqdır. Sobaya aşağıdan oksigenlə zənginləşdirilmiş hava verilir. 1 ton çuqun istehsalı üçün təqribən 2 ton filiz, 1 ton koks və 0,3 ton əhəngdaşı sərf olunur. Bir domna sobasında bir gündə təqribən 2000 ton çuqun alınır. Koks, filiz və flyus üçü birlikdə şixta adlanır. Əhəngdaşı qırıntıları flyusdur. Onun rolu filizdə olan boş süxurları (qum və s.) asan əriyən qarışığa şlaka çevirməkdir. Əgər filiz turşu xarakterlidirsə, yəni onda SiO_2 və Al_2O_3 varsa, flyus olaraq CaCO_3 yaxud $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ -dən istifadə edilir. Əksinə, filiz əsasi xarakterlidirsə, yəni onda CaCO_3 və MgCO_3 varsa, turşu xarakterli flyusdan, yəni qum, yaxud qranit qırıntılarından istifadə edilir.



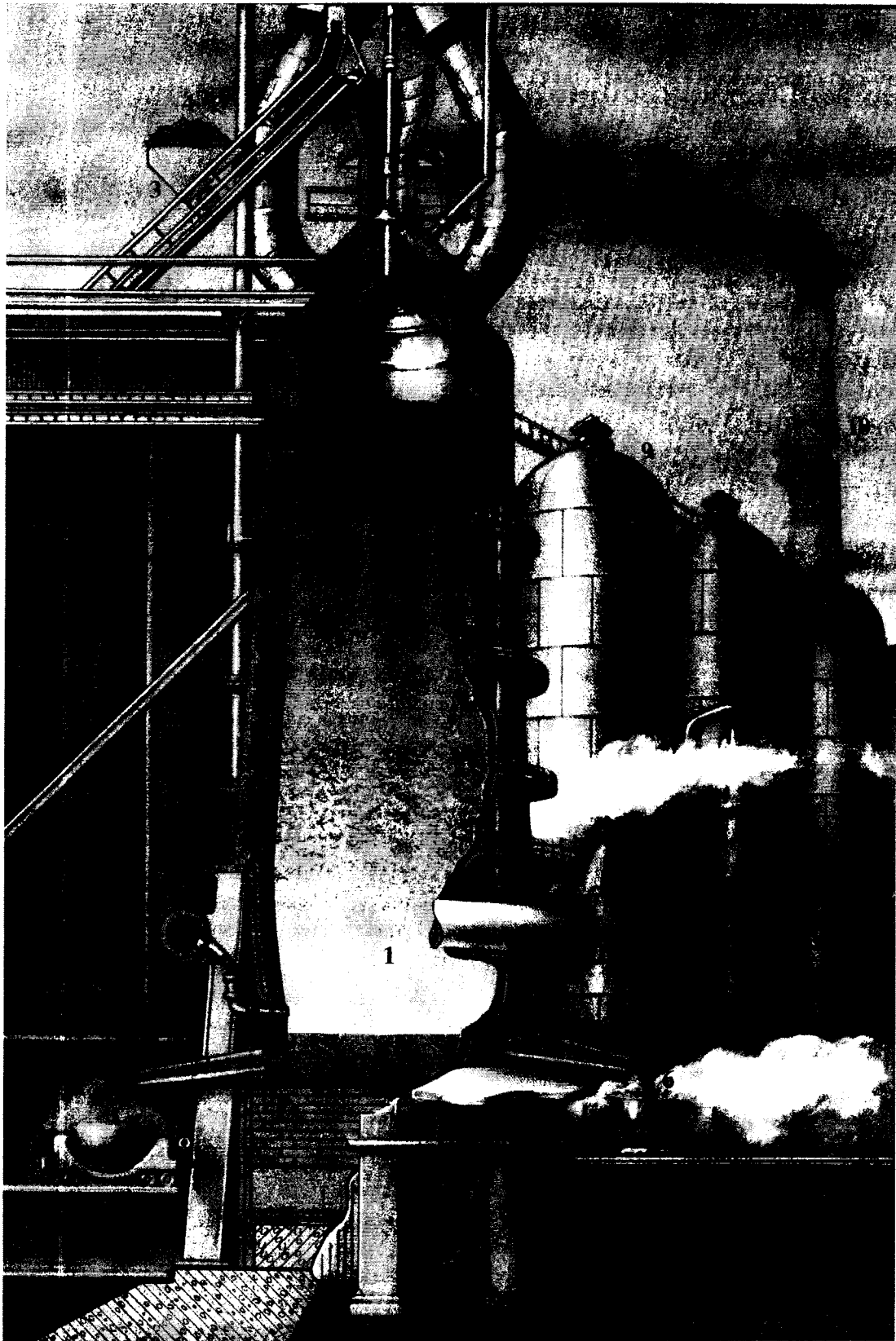
Şəkil XXI-10. Reaksiya qurğusu: domna sobası.

Havaqızdırıcılarda 800°C -yə qədər qızdırılmış oksigenlə zənginləşdirilmiş hava furmadan domna sobasına daxil edilir. Bu zaman koksun natamam yanması baş verir, karbon-monooksid əmələ gəlir:



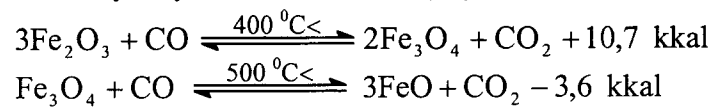
Alınan CO domna sobası boyunca yuxarı qalxır, dəmir oksidlərini reduksiya edir. Domna sobasının yuxarı hissəsində xammal 500°C -yə qədər qızır, rütubət və kimyəvi birləşmiş su kənar edilir. FeCO_3 və CaCO_3 termiki parçalanır:

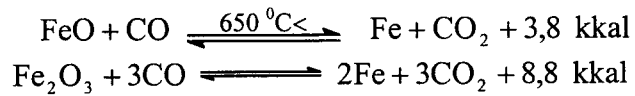




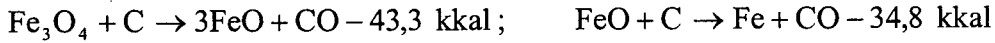
Şəkil XXI-11. Domna sobası, burada dəmir filizdən reduksiya olunur, karbonlaşır və çuquna çevrilir: 1-yanma; 2-şaxta; 3-skip (avtomatik sürətdə yüklənib boşalan böyük dəmir yeşik); 4-şixta; 5-doldurma qurğusu; 6-şlak; 7-çuqun; 8-istiliyin üfürülməsi qurğusu; 9-hava-qızdırıcısı (kauper); 10-tüstü borusu; 11-qaztəmizləyici.

Dəmir oksidlərinin reduksiyası yuxarı zonadan başlayır və çiyinlikdə başa çatır.





Bu reaksiyalar nəticəsində məsaməli bərk dəmir və CO_2 əmələ gəlir. İkinci reduksiya zonasında 900–950 $^\circ\text{C}$ -dən yüksək temperaturda Fe_3O_4 və FeO -nun koksla endotermik reaksiyası baş verir:



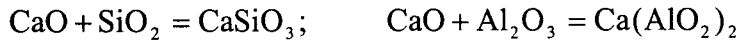
Digər elementlərin oksidləri də reduksiya olunur:



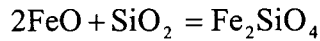
Domnanın orta zonasında məsaməli bərk dəmirdə karbon həll olur. Alınan xəlitədə 4,3 % karbon olur. Minerallarda dəmirlə birlikdə manqan olduqda tərkibində karbon çox olan çuqun, silisium və fosfor birləşmələri olduqda karbonu az olan çuqun alınır. Dəmirin sementitə qədər karbidləşməsi aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə gedir:



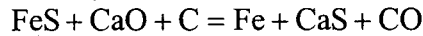
Məsaməli dəmir karbonla doyduqdan sonra alınan maye çuqun domnanın aşağı hissəsində toplanır və dövrü olaraq boşaldılır. Çuqun istehsalında ən vacib proseslərdən biri filizlə birlikdə domna sobasına daxil olan boş süxurun və koksun külünün şlaka çevrilməsidir. Boş süxura daxil olan oksidlərin ərimə temperaturu yüksəkdir: SiO_2 (1738 $^\circ\text{C}$), Al_2O_3 (2040 $^\circ\text{C}$), CaO (2570 $^\circ\text{C}$), MgO (2800 $^\circ\text{C}$). Həmin oksidlərin duzlarının ərimə temperaturu isə oksidlərinə nisbətən aşağıdır. Domna sobası temperaturunda əhəngdaşı və dolomit parçalanır, alınan kalsium-oksidi və maqnezium-oksidi boş süxurun əsasını təşkil edən oksidlərlə birləşir, şlak əmələ gəlir:



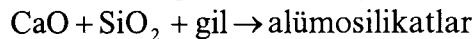
Dəmir 2-oksidi qismən şlaka keçməsi də istisna edilmir:



Filizdə olan kükürdün bir hissəsi şlaka keçir:



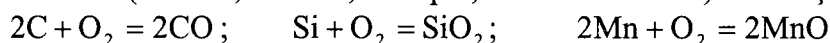
Şlakın əmələ gəlməsini əks etdirən yuxarıdakı reaksiya tənliklərini şərti qəbul etmək lazımdır. Ona görə ki, şlakın tərkibinin analizi göstərir ki, o, qeyri-stexiometrik tərkibli, alümosilikatların qarışığından ibarətdir. Bunları nəzərə alaraq şlakın əmələ gəlməsini ümumi şəkildə yazmaq olur:

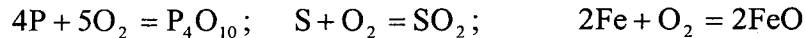


Şlakın ərimə temperaturu tərkibinə daxil olan oksidlərə nisbətən aşağıdır (1250–1300 $^\circ\text{C}$). Ərimiş çuquna nisbətən şlakın sıxlığı aşağıdır və domna sobasında çuqunun üzərində toplanır və dövrü olaraq kənar edilir. Şlakdan sement, beton, kərpic və panellər istehsalında istifadə edilir. Domna sobasından çıxan qaz qarışığı domna qazı adlanır. Onun temperaturu 200–400 $^\circ\text{C}$ olur, istilikötərmə qabiliyyəti 800 kkal/m³-dir və 30 %-ə qədər CO var. Qalan qazlar əsasən CO_2 , H_2 və N_2 -dən ibarətdir. Hidrogen domna sobasına verilən havadakı su buxarlarının parçalanmasından əmələ gəlir. Domna qazından ona verilən havanın qızdırılması üçün istifadə edilir. Hər bir domnanın 3–4 havaqızdırıcısı olur. İçərisinə kərpic qalaqları doldurulmuş hava qızdırıcısına domna qazı və onu yandırmaq üçün hava qarışığı daxil edilir. Yanma nəticəsində əmələ gələn istilikdən (əsasən CO -nun yanmasından) kərpic qalaqları təqribən 2 saat müddətində qızır. Sonra ora əksaxın prinsipi ilə domna sobasına verilən hava daxil edilir. Burada hava 800–900 $^\circ\text{C}$ -yə qədər qızır. Müasir domna sobalarında əməliyyatların demək olar ki, hamısı mexanikləşdirilib və avtomatik olaraq həyata keçirilir. Koksa qənaət etmək və məhsuldarlığı yüksəltmək üçün domna sobasına verilən hava təbii qaz və oksigenlə zənginləşdirilir.

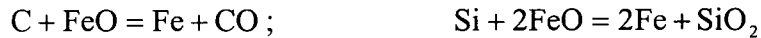
§ 5. Polad istehsalı

Metallurgiyada çuqun polada emal edilir. Əridilmiş çuquna hava yaxud oksigen üfürdükdə çuqunda olan elementlər (karbon, silisium, manqan, fosfor və kükürd) oksidləşirlər:

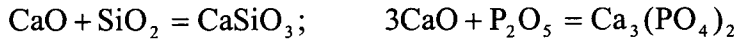




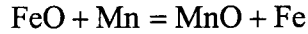
Alınan dəmir 2-oksiddə oksidləşmə prosesində iştirak edir:



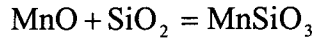
Silisiyum və fosforun oksidləri flyusla (CaO) şlak əmələ gətirirlər:



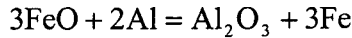
Əmələ gələn dəmir 2-oksiddən dəmiri reduksiya etmək üçün ferromanqan əlavə edilir:



Manqan 2-oksiddə şlaka keçir:

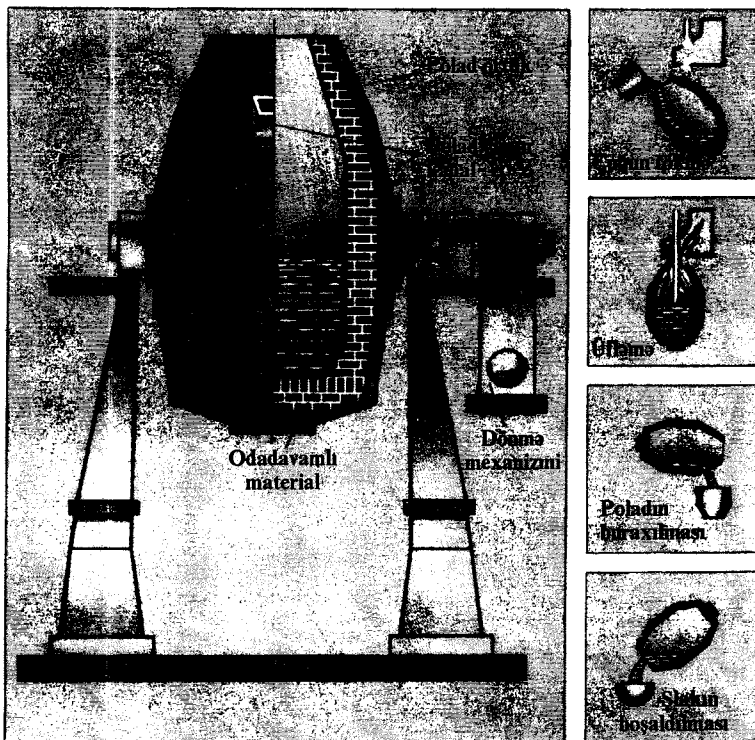


Xüsusi markalı poladlar almaq üçün reduksiyaedici olaraq alüminium, kalsium, nadir torpaq elementləri və s. istifadə edilir:



Sənayedə poladı üç üsulla alırlar: 1. Oksigen-konvertor üsulu. 2. Marten üsulu. 3. Elektrik sobalarında polad istehsalı. Bunların hər üçündə kimyəvi prosesin əsasını yuxarıdakı reaksiyalar təşkil edir.

Oksigen-konvertor üsulu. Konvertor armudaoxşar polad qabdır, içəri odadavamlı kərpiclə hörülmüşdür. Konvertora maye çuqun tökülür və yuxarıdan xüsusi furma vasitəsilə 0,7–1,0 MPa (7–10 atm.) təzyiqdə oksigen verilir. Oksigen iştirakı ilə ekzotermik reaksiyalar gedir. Bu üsuldə xarici istilik mənbəyindən istifadə edilmir. İstilik mənbəyi ekzotermik reaksiyaların istiliyidir. D.İ.Mendeleyev konvertoru yanacaqsız soba adlandırmışdır. Konvertorun daxilində temperatur 1600 °C-yə qədər qalxır. Silisiyum, manqan, karbon və digər qatışıqlar oksidləşir şlaka keçir. Konvertora flyus olaraq CaO əlavə edilir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, şlak poladın üzərində əmələ gəlir. Müasir oksigen konvertorunda 350–400 ton polad yerləşir. Proses təqribən 1 saata başa çatır. Oksigen-konvertor üsulunda bütün proseslər mexanikləşdirilmiş və avtomatlaşdırılmışdır. Bu üsuldə yalnız maye çuqundan deyil, bərk çuqundan və dəmir qırıntılarından da istifadə etmək olur. Polad istehsal olunan konvertor ilk dəfə 1856-cı ildə ingilis metallurqu Q.Bessemer tərəfindən düzəldilmişdir. Həmin konvertorda təmiz oksigendən deyil, havadan istifadə edilmişdir. Havadakı azot poladın keyfiyyətini aşağı saldığından və temperatur kifayət qədər yüksək olmadığından, Bessemer üsulu həmin dövrdə geniş yayla bilməmişdir. Onu Marten üsulu əvəz etmişdir. Yalnız XX əsrin 50-ci illərindən sonra sənaye oksigenlə təchiz edildikdən sonra bu üsul oksigen-konvertor üsulu adı ilə yenidən tətbiq edilmişdir.



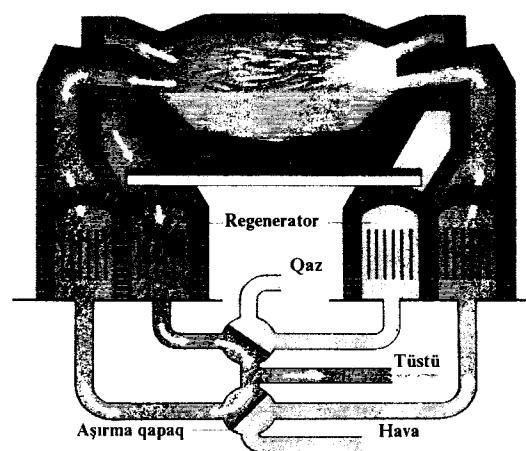
Şəkil XXI-12. Polad istehsalının sxemində oksigen-konvertorunun kəsiyi.

Marten üsulu. Marten sobası ilk dəfə 1864-cü ildən fransız metallurqu P.Marten tərəfindən düzəldilmişdir. Marten üsulunda çuqunla birlikdə metal qırıntılarından və zənginləşdirilmiş filizdən də istifadə edilir. Bunlardan başqa, Marten sobasında prosesin gedişinə nəzarət etmək olur, istənilən markalı polad almaq üçün lazımı əlavələr edilir. Marten sobası əksetdirici sobalara aiddir. Sobanın dibi, polad əridilən hissə odadavamlı kərpiclə hörülmüşdür. Vannanın üstü sferik tağtavandan ibarətdir. Yanacaq sobanın yuxarı hissəsində çuqunun, metal qırıntılarının, legirləyici elementlərin qarışığının, şixtanın üzərində yandırılır. Ayrılan istilik tavandan əks olunur və metalı əridir. Marten sobasında yanacaq təbii qazdır. Qaz və hava sobaya daxil olmazdan əvvəl qızdırılır. Temperatur sobada 1800–2000 °C-yə çatır, metallar tamamilə əriyir. Xammal sobanın qabaq tərəfindən qabın polad siyirtməsi olan doldurma pəncərəsindən doldurulur. Sobanın arxa divarında xaricətmə zonası var. Oradan hazır polad çalova tökülür. Polad əridilən müddətdə həmin zona odadavamlı gildən hazırlanan tıxacla qapanır. Marten sobasının işi bir neçə mərhələdə baş verir. Əvvəlcə sobaya metal qırıntıları, filiz və əhəngdən ibarət soyuq qarışıq (şixta) doldurulur. Həmin qarışıq mulda adlanan çalovaoxşar polad qutularda tökülür. Doldurma başa çatdıqdan sonra sobaya maksimum miqdarda qaz və hava verilir. Sonra sobaya çalovlarla domnadən çuqun doldurulur. Marten sobasında poladın əridilməsi 6–8 saata başa çatır. Həmin vaxtda poladəridən fəhlə uzun metallik «qaşıqla» sobadan az miqdarda metal çıxarır və onu ekspreslaboratoriyaya göndərir. Orada analiz aparılır və poladəridənə poladda karbonun, manqanın, silisiumun, kükürdün və fosforun miqdarı haqda məlumat verilir. Poladəridən bunlara əsasən sobaya çatışmayan maddələri daxil edir və lazımı tərkibdə polad alır. Axırncı mərhələdə poladın saflaşdırılması (zərərli qarışıqlardan təmizlənməsi) və reduksiya (metaldan oksigenin kənar edilməsi) prosesi həyata keçirilir. Bunun üçün vannaya reduksiyaedicilər, ferrosilisium, ferromanqan, alüminium əlavə edilir. Son vaxtlar ikivannalı domna sobaları qurulur. Onlarda hava əvəzinə təmiz oksigendən istifadə edilir. İkivannalı sobaların məhsuldarlığı birvannalı sobalara nisbətən 2–4 dəfə yüksəkdir, yanacaq sərf edilməsi isə 10–15 dəfə az olur.

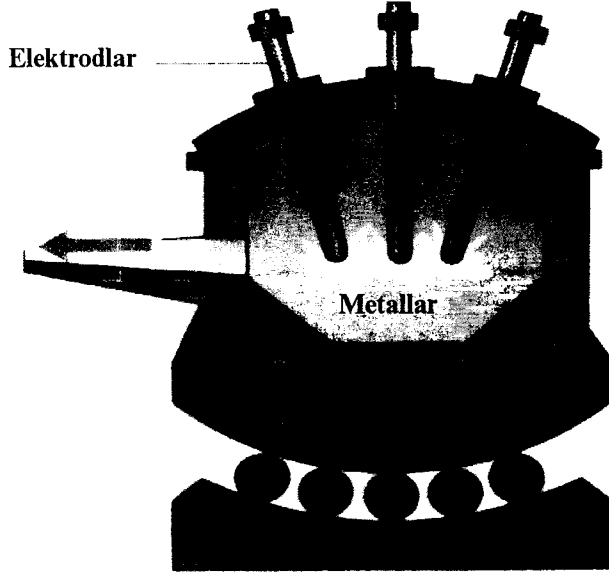


Şəkil XXI-13. Ukrayna. Jdanov şəhəri. «Azopolad» zavodunun marten sexində.

Marten sobasının sxemi



Elektrik sobalarında polad istehsalı. Kükürdün, fosforun, arsenin, oksigenin və digər elementlərin çox az miqdarı belə poladın keyfiyyətini aşağı salır, onu kövrək və zəif edir. Həmin elementlər qarışıq şəkildə filizdə və koksda olur. Çuqun və polad istehsalında həmin elementləri tamamilə yox etmək çətin olur. Marten sobalarında polada zərərli elementlər yanar qazlardan da keçir. Yüksək keyfiyyətli polad elektrometallurgiyada alınır. Metallurgiyanın metal və xəlitələrin elektrik cərəyanı vasitəsilə istehsal olunan sahəsi elektrometallurgiya adlanır. Yalnız polad istehsalı deyil, duzlarının ərintisindən metalların alınması və alüminium istehsalı da elektrometallurgiyaya aiddir. Yüksək keyfiyyətli ligerlənmiş polad qövslü elektrik sobalarında əridilir. Burada kömür elektrodlarla metal arasında güclü elektrik qövsü yaranır, yüksək temperatur alınır.



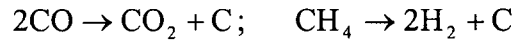
Şəkil XXI-14. Elektrik-qövs sobasında poladəritmə.

Elektrik sobasında polad əridilməzdən əvvəl sobanın kümbəzəbənzər tavanı kənara qoyulur və əridiləcək material, şixta doldurulur. Sonra qapaq (tavan) yerinə qoyulur, deşiklərdən sobaya elektrodlar daxil edilir və cərəyan verilir. Çuqun və metal qırıntıları çox tez əriyir. Sonra proses Marten sobasında olduğu kimi gedir. Lakin burada poladın alınması çox tez başa çatır. Böyük elektrik sobalarında vannada maye metalı qarışdırmaq üçün qurğu olur. Bu prosesin dəqiq getməsinə və eyni tərkibli polad alınmasını təmin edir. Elektrik sobalarında legirleyici elementlərin (poladın keyfiyyətini yüksəltmək üçün əlavə edilən xrom, nikel, molibden, volfram və s.) itkisi digər sobalara nisbətən az olur.

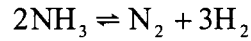
Bu üsulun çatışmayan cəhəti maye halda alınan poladla kömür elektrod toxunduqda kömürün çox az hissəsinin poladın tərkibinə keçməsidir. Bu isə poladda karbonun miqdarını faizin yüzdə biri miqdarında belə artmasına səbəb olur və onu müasir maşınqayırma sənayesi üçün yararsız edir. Ona görə də xüsusi təmiz polad induksiya sobalarında alınır. Həmin soba maqnit sahəsi yaratmaq üçün içərisindən elektrik cərəyanı keçirilən spiral məftilləri, sayğacları olan slindrik putadan ibarətdir. Burada polad kənar qarışıqlarla çirklənmir, elektromaqnit sahəsi yaradılır, bu isə polad ərintisinin sürətlə qarışdırılmasına və kimyəvi reaksiyaların tez getməsinə səbəb olur. Belə üstünlüklərinə baxmayaraq, induksiya sobasında oksigen, azot və hidrogen qazları qismən polada nüfuz edir və onun keyfiyyətini aşağı salır. Ona görə də yüksək keyfiyyətli polad xüsusi vakuum elektrik sobalarında əridilir. Lakin vakuum qurğusu mürəkkəbdir və onun yaradılmasının bir sıra texniki çətinlikləri var. Son vaxtlar elektroşüa və plazma qurğuları yaradılmışdır. Bunlarda istehsal olunan polad çox yüksək keyfiyyətli olur.

Polad məmulatlarının səthinin kimyəvi işlənməsi. Polad məmulatların bərkliyini, davamlılığını və sürtünməyə qarşı müqavimətini artırmaq üçün səthinə karbon, azot, kükürd, alüminium və digər metallarla zənginləşdirirlər. Poladın səthinə karbonla doydurulması sementasiya adlanır. Sementit Fe_3C çuqunda karbonun birləşmiş formalarından biridir. Qaz sementasiya daha geniş yayılmışdır. Sementator olaraq təbii qaz, propan-butan qarışığı, kerosin, spirt və s. istifadə edilir. Sementasiya xüsusi cihazlarda,

katalizatorlarla 930–950 °C-də 3–12 saat müddətində aparılır. Qazların termiki parçalanması nəticəsində karbon ayrılır:



Ayrılan karbon poladın səthinə diffuziya edir, sementit əmələ gətirir. Poladın səthinin azotla doydurulması azotlamaq adlanır. Azotlamaq nəticəsində poladın səthinin bərkliyi artır, sürtünməyə, istiliyə və korroziyaya qarşı davamlı olur. Azotlamaq prosesi ammonyak atmosferində 500–600 °C-də 10–90 saat müddətə aparılır. Qızdırdıqda ammonyak parçalanır:



Parçalanma prosesində atomar azot əmələ gələn anda poladın səthindəki dəmir, vanadium, xrom, molibden, alüminium və digər legerləmə elementləri ilə birləşir, nitridlər əmələ gəlir: FeN, VN, Cr₂N, Mo₂N, AlN və s. nitridləri poladın səthinə yuxarıda qeyd etdiyimiz müsbət keyfiyyətləri verir. Məsələn, vanadium-nitrid VN çox yüksək temperaturda 2570 °C-də əriyir, bərkliyi Moos şkalası ilə 9–10 arasında olur. Nitrid örtüyü poladın səthinə suyun və oksigenin təsirindən qoruyur, yəni onun korroziyaya qarşı davamlılığını artırır. Poladın səthinin eyni zamanda karbon və azotla doydurulması prosesi sianidləşdirmə prosesi adlanır. Bu məqsədlə polad əşya NaCN, KCN yaxud K₄[Fe(CN)₆] duzlarının ərintisində daxil edilir. Poladın səthinin alüminiumla örtülməsi alitirləmə adlanır. Proses germetik cihazda həyata keçirilir. Polad dəmir-alüminium xəlitəsi tozu, Al₂O₃ və NH₄Cl doldurulan cihazda 800–1000 °C-də qızdırılır. Alitirlənmiş poladın yüksək temperaturda kükürdə, kükürd 4-oksidadə və oksigenə qarşı davamlılığı artır. Bunun səbəbi poladın səthində Al₂O₃ və FeAl₂O₃ əmələ gəlməsidir.

Poladın səthinin titanla zənginləşdirilməsi onun aqressiv mühidə korroziyaya davamlılığını artırır. Bu məqsədlə diffuziya prosesində K[TiF₄]-dən istifadə edilir.

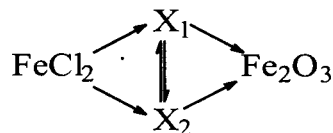
Məsələlər

Məsələ 277. Nisbi atom kütləsi 58,71 olan A metalının 1,49 qramı bəsit B maddəsinin 6,44 qramı ilə qalıqsız birləşir, AB₂ tərkibli birləşmə əmələ gətirir. AB₂ birləşməsini təyin edin.

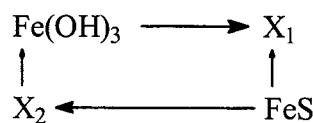
Məsələ 278. 60 q 10 %-li xlorid turşusu olan məhlulə 8 q dəmir ovuntusu tökdülər və açıq havada qoydular. Sonrakı gün analiz etdikdə stəkanda əmələ gəlmiş A maddəsinə təyin edin.

Məsələ 279. Dəmir və onun oksidləşmə məhsulunun 16 qramının həll edilməsinə 182,5 q 10 %-li xlorid turşusu sərf edilmişdir. Bu zaman 0,25 q hidrogen ayrılmışdır. Həll edilən qarışığın tərkibini təyin edin.

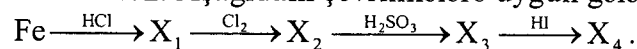
Məsələ 280. Sxemdə X₁ və X₂ maddələrini təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın:



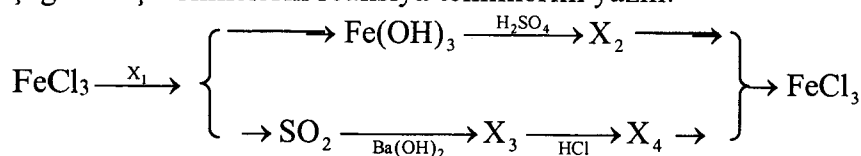
Məsələ 281. Sxemdə X₁ və X₂ maddələrini təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.



Məsələ 282. Aşağıdakı çevrilmələrə uyğun gələn reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 283. Aşağıdakı çevrilmələrin reaksiya tənliklərini yazın:



Məsələ 284. Dəmir və mis tozu qarışığının 3 qramının xlorlaşmasına 1,12 l (n. ş.-də) xlor sərf olunub. Həmin qarışıqla soyuqda neçə qram 83,3 %-li sulfat turşusu reaksiyaya girir?

Məsələ 285. Kütləsi 13,2 q olan mis lövhə kütlə payı 0,112 olan 300 q dəmir 3-nitrat məhluluna salınmışdır. Lövhəni məhluldan çıxardıqda əmələ gələn ikivalentli mis duzunun kütlə payı dəmir 3-nitratın kütlə payına bərabər olmuşdur. Məhluldan çıxardıqda lövhənin kütləsini təyin edin.

Məsələ 286. Qırmızı-qonur A maddəsini közərtədikdə qara rəngli B maddəsinə çevrilir və oksigen ayrılır. B maddəsi qızdırdıqda karbon-monooksidlə reaksiyaya girir, C maddəsinə çevrilir və karbon-dioksit ayrılır. A xlorid turşusunda həll olur, D duzunu əmələ gətirir. Həmin duzu C-nin xlorla reaksiyasından da almaq olur. D duzu sarı qan duzu ilə qarşılıqlı təsirdə olur, göy rəng əmələ gətirir. Maddələri təyin edin, reaksiya tənliklərini yazın.

Məsələ 287. Miss 2-sulfat məhlulunun 500 ml-nə 40 q dəmir lövhə salınmışdır. Müəyyən vaxtdan sonra lövhənin kütləsi 5 % artmışdır. Ayrılan misin kütləsini və əmələ gələn dəmir 2-sulfatın molyar qatılığını təyin edin.

Məsələ 288. Dəmir 2-sulfat və dəmir 3-sulfat qarışığının 10 qramı ilə reaksiyaya turş mühitdə 1,58 q kalium-permanqanat sərf edilmişdir. Qarışığın tərkibini təyin edin.

Məsələ 289. $K_4[Fe(CN)_6]$ duzunun keyfiyyət tərkibini necə sübut etmək olar? Onu əmələ gətirən elementlərin bəsit maddələr şəklində alınması reaksiyalarının tənliklərini yazın.

Məsələ 290. 500 q 10 %-li $FeCl_3$ məhluluna 6,35 q mis folqa salınmışdır. Reaksiyadan sonra məhlulda $FeCl_3$ -ün kütlə payını hesablayın.

Məsələ 291. Bərbərxanalarda istifadə edilən qandayandırıcı karandaşın tərkibi nədən ibarətdir? Onun tətbiqi nəyə əsaslanmışdır?

MƏSƏLƏLƏRİN HƏLLƏRİ

Həlli 1. Fərz edək ki, qarışıqın kütləsi m qramdır və onda x qram mis kuporosu və $(m-mx)$ qram kristallik soda olar. $Mr(H_2O)=18$; $Mr(CuSO_4 \cdot 5H_2O)=250$; $Mr(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)=286$.
 m qram qarışıqda $(0,38m)$ q su var. mx qram $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -da $mx \frac{5 \cdot 18}{250}$ qram, $(m-mx)$

qram $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ -da $(m-mx) \frac{10 \cdot 18}{286}$ q su var. Qarışıqdakı suyun kütləsi mis kuporosu və kristallik sodadakı suyun kütlələrinin cəminə bərabərdir:

$$0,38m = \frac{5 \cdot 18}{250} mx + \frac{10 \cdot 18}{286} (m - mx) \Rightarrow x = \frac{0,25m}{0,27m} = 0,925.$$

Deməli, qarışıqda 92,5 % $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ və $100-92,5=7,5$ % $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ var.

Həlli 2. a) $Mr(NO)=30$; $\omega = \frac{16}{30} \cdot 100 = 53,33$ % (O);

$Mr(Li_2O)=30$; $\omega = \frac{16}{30} \cdot 100 = 53,33$ % (O); $Mr(SiO_2)=60$; $\omega = \frac{32}{60} \cdot 100 = 53,33$ % (O)

b) $Mr(Na_2S)=78$; $\omega = \frac{46}{78} \cdot 100 = 59$ % (Na); $Mr(N_2O_2)=78$; $\omega = \frac{46}{78} \cdot 100 = 59$ % (Na)

c) $Mr(H_2S)=34$; $\omega = \frac{2}{34} \cdot 100 = 6,25$ % (H); $Mr(H_2O_2)=34$; $\omega = \frac{2}{34} \cdot 100 = 6,25$ % (H)

d) $Mr(TiO_2)=80$; $\omega = \frac{32}{80} \cdot 100 = 40$ % (O); $Mr(MgO)=40$; $\omega = \frac{16}{40} \cdot 100 = 40$ % (O)

e) $Mr(SiH_4)=32$; $\omega = \frac{4}{32} \cdot 100 = 12,5$ % (H); $Mr(LiH)=8$; $\omega = \frac{1}{8} \cdot 100 = 12,5$ % (H).

Həlli 3. Qarışığı suya tökdükdə ağac kömürü səthində qalır, kalium-xlorid isə tamamilə həll olur. Suyun səthində ağac kömürü toplanır. Filtrləməklə KCl məhlulu alınır. Filtratı buxarlandırmaqla təmiz KCl alınır. Filtr kağızında qalan CuO və HgO qarışığı qızdırılır, cıvə 2-oksidi parçalanır: $2HgO=2Hg+O_2$. Sonra soyuducuda toplanmış cıvə qızdırılır və yenidən HgO alınır: $2Hg+O_2=2HgO$.

Həlli 4. Ümumi şəkildə dəmir oksidlərinin formulunu Fe_xO_y kimi yazaq, faizlə miqdarına əsasən x və y təyin edək:

$$x:y = \frac{77,8}{56} : \frac{22,2}{16} = 1,39:1,39 = 1:1 \text{ oksid } FeO$$

$$x:y = \frac{70}{56} : \frac{30}{16} = 1,25:1,875 = 1:1,5 \text{ oksid } FeO_{1,5} \text{ yaxud } Fe_2O_3$$

$$x:y = \frac{72,4}{56} : \frac{27,6}{16} = 1,29:1,725 = 1:1,34 = 3:4 \text{ oksid } Fe_3O_4.$$

Həlli 5. Ümumi şəkildə xloridin formulunu $MeCl_n$. Burada n tam ədəddir, metalın valentliyidir.

$74,7\% = \frac{35,5n}{Ar(Me) + 35,5n} \cdot 100 \Rightarrow Ar(Me) = 12n$. Buna əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

n	Ar(Me)	Me	Xloridin formulu MgCl ₂ yaxud TiCl ₄ .
1	12	–	
2	24	Mg	
3	36	–	
4	48	Ti	
5	60	–	

Həlli 6. 1) Oksidin müasir formulu: $U:O = 84,8/238:15,2/16 = 0,353:0,950 = 3:8$ (U_3O_8).

2) Mendeleyevə görə, $U:O = 84,8/240:15,2/16 = 0,353:0,950 = 3:8$ (U_3O_8).

3) Armstronqa görə, $U:O=84,8/180:15,2/16=0,471:0,950=1:2$ (UO_2).

4) Bertseliusa görə, $U:O=84,8/120:15,2/16=0,707:0,950=3:4$ (U_3O_4).

Həlli 7. Zəyin ümumi formulu $MeMe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ -dur. Me birvalentli metal, Me üçvalentli metaldir. Birvalentli metal əvəzinə NH_4^+ ola bilər. Hidrogen və oksigenin faizlə miqdarına əsasən zəyin nisbi molekullar kütləsini hesablayaq: $MeMe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ -da 20 atom oksigen ($20 \cdot 16=320$) və 24 atom ($24 \cdot 1=24$) hidrogen var:

$$\left. \begin{array}{l} 51,76 (O) \text{ ----- } 100 \\ 320 (O) \text{ ----- } x \\ 4,53 (H) \text{ ----- } 100 \\ 24 (H) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=618,24.$$
$$\left. \begin{array}{l} 4,53 (H) \text{ ----- } 100 \\ 24 (H) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=529,8.$$

Göründüyü kimi, nəticələr fərqlidir. Deməli, zəyin tərkibində yenə hidrogen var, yəni Me əvəzinə NH_4^+ daxildir. Onda $NH_4^+ Me(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ yazmaq olar və nisbi molekullar kütləsini 684,24 hesab etmək olar: $Me = 618 - [18 (NH_4^+) + 2 \cdot 96 (SO_4)_2 + 12 \cdot 18 (H_2O)] = 192$. Nisbi atom kütləsi 192 olan üçvalentli metal iridiumdur (Ir). Zəyin formulu: $NH_4^+ Ir(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Həlli 8. a) $H_{2(q)} + Cl_{2(q)} = 2HCl_{(q)}$. Reaksiyaya daxil olan və alınan qazların həcmi eynidir. Ona görə də qabda təzyiqlə dəyişməmişdir. b) $2H_{2(q)} + O_{2(q)} = 2H_2O_{(q)}$. Reaksiyaya 3 həcm ($2H_2 + 1O_2$) daxil olur və 2 həcm su buxarı alınır. Qabda təzyiqlə azalır.

Həlli 9. a) HNO_3 b) CH_3F .

Həlli 10. Normal şəraitdə $6,02 \cdot 10^{23}$ (Avaqadro ədədi) hidrogen molekulu 22,4 l həcm tutur:

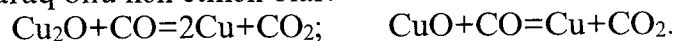
$$\left. \begin{array}{l} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ ----- } 22,4 \\ 18 \cdot 10^{23} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=67 \text{ l.}$$

Həlli 11. Hidrogen və bromun molları sayı: $Mr(H_2)=2$; $Mr(Br_2)=2 \cdot 80=160$. $\gamma = \frac{4}{2}=2$ mol

(H_2); $\gamma = \frac{160}{160}=1$ mol (Br_2). $H_2 + Br_2 = 2HBr$. Göründüyü kimi H_2 və Br_2 bir-birilə 1:1 olan

mol nisbətində reaksiyaya girirlər. 1 mol Br_2 -dən 2 mol HBr əmələ gəlir və 1 mol H_2 artıq qalır. Çıxım 50 % olduğundan 1 mol HBr alınır. $Mr(HBr)=1+80=81$. Deməli, 81 q hidrogen-bromid alınır.

Həlli 12. Məsələnin şərtində Cu_2O və CuO -nun hər birinin ayrılıqda miqdarı verilməyib. Lakin buna baxmayaraq onu həll etmək olar.



Reaksiya tənliklərindən göründüyü kimi, Cu_2O və CuO hər birinin bir moluna bir mol CO sərf olunur. Deməli, qarışıqda onların miqdarının dəyişməsi sərf olunan CO -nun həcmi dəyişdirmir. 1 mol Cu_2O və CuO qarışığının reduksiyasına 1 mol (n. ş.-də) CO sərf olunur.

Həmin qazın 546 K temperaturda həcmi hesablayaq: $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$ buradan $TP_0V_0 = T_0PV$.

$$P_0=P \text{ olduğundan } V = \frac{TV_0}{T_0}; T_0=273; T=546; V_0=22,4; V=? \quad V = \frac{546 \cdot 22,4}{273} = 44,8 \text{ l (CO).}$$

Həlli 13. Maddənin 1 molunda olan molekulların sayı $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ -ə (Avaqadro ədədi) bərabərdir. Metanın CH_4 1 molekulunda 5 atom var. Ona görə də $6,02 \cdot 10^{23}$ beş dəfə artırmaq lazımdır: $5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 30,1 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{24}$ atom.

Həlli 14. $Mr(He)=4$; $Mr(Ne)=20$. Naməlum qazın nisbi molekullar kütləsi; $Mr=4 \cdot 11=44$.

Həmin qazın neona görə sıxlığı: $D_{Ne} = \frac{44}{20}=2,2$.

Həlli 15. Məsələni həll etmək üçün birləşmiş qaz qanunu düsturundan istifadə edək:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}; P_0=P \text{ olduğundan } \frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}; TV_0=T_0V \Rightarrow V = \frac{TV_0}{T_0}.$$

$$30 \text{ }^\circ\text{C-də qazın molyar həcmi: } T_0=273; T=273+30=303; V_0=22,4 \text{ l} \Rightarrow V = \frac{303 \cdot 22,4}{273} = 24,86 \text{ l}.$$

$$90 \text{ }^\circ\text{C-də qazın molyar həcmi: } T_0=273; T=273+90=363; V_0=22,4 \text{ l} \Rightarrow V = \frac{363 \cdot 22,4}{273} = 29,8 \text{ l}.$$

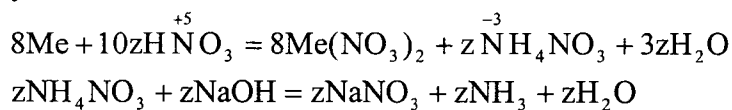
Sabit təzyiqdə temperaturu 30 $^\circ\text{C}$ -dən 90 $^\circ\text{C}$ -yə qədər artırıqda qazın molyar həcmi $\left(\frac{29,8}{24,86} = 1,2\right)$ 1,2 dəfə artır.

Həlli 16. Qazların nisbi sıxlıqları molyar kütlələrinin bir-birinə olan nisbəti kimidir: $\frac{M(A)}{M(B)} = x$.

Göründüyü kimi x tam ədəddir. Deməli, A-nın molyar kütləsi B-nin molyar kütləsindən böyükdür. Əksinə $\frac{M(B)}{M(A)}$ -da x-in qiyməti 1-dən kiçik $\left(\frac{1}{x}\right)$ olmalıdır.

Həlli 17. Məsələnin şərtindən görünür ki, metalın duru HNO_3 -lə reaksiyasından ammonium-nitrat əmələ gəlir. Onun da qələvi ilə reaksiyasından ayrılan qaz ammonyakdır.

Ümumi şəkildə reaksiya tənlikləri belədir:



$\text{N}^{\overset{+5}{\text{N}}} \xrightarrow{+8e^-} \text{N}^{\overset{-3}{\text{N}}}$ olduğuna görə ammonyakın ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi molekül kütləsini 8-ə bölmək lazımdır:

$$\text{Mr}(\text{NH}_3) = 17; \quad E(\text{NH}_3) = \frac{17}{8} = 2,125.$$

$$\left. \begin{array}{l} 17 \text{ q}(\text{NH}_3) \text{ ----- } 22,4 \text{ l} \\ 2,125 \text{ q}(\text{NH}_3) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2,8 \text{ l}.$$

Məsələnin şərtinə əsasən

$$\left. \begin{array}{l} 0,93 \text{ l}(\text{NH}_3) \text{ ----- } 4 \text{ q metala ekvivalentdir} \\ 2,8 \text{ l}(\text{NH}_3) \text{ ----- } E(\text{Me}) \end{array} \right\} \Rightarrow E(\text{Me}) = \frac{2,8 \cdot 4}{0,93} = 12.$$

Ar = EV düsturuna əsasən V = 2 olduqda Ar=24 olur. Bu isə maqnezium metalına uyğun gəlir.

Həlli 18. Nüvənin kütləsi onu təşkil edən proton və neytronların kütlələrinin cəmindən kiçikdir. Ona görə də $m(\text{nüvə}) < Zm(p) + Nm(n)$ yazılmalıdır. Bunun səbəbi proton və neytronlardan atom nüvəsi əmələ gələrkən külli miqdarda enerji ayrılmasıdır. Enerji ayrılması kütlə defektinə səbəb olur.

Bunu aşağıdakı cədvəldən görmək olar:

Nuklid	Nüvənin kütləsi, a.k.v. ilə	Fərdi nuklidlərin kütləsi a.k.v. ilə	Kütlə defekti
^4_2He	4,00150	4,03190	0,0304
$^{56}_{26}\text{Fe}$	55,92066	55,44938	0,52872
$^{238}_{92}\text{U}$	238,0003	239,9356	1,9353

Həlli 19. Ar(U)=238; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

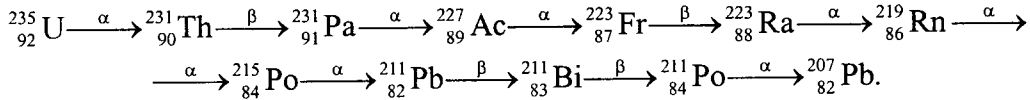
$$\left. \begin{array}{l} 238 \text{ q} \text{ ----- } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom var} \\ 10^{-8} \text{ q}(\text{U}) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2,53 \cdot 10^{13} \text{ atom}.$$

Həlli 20. Birinci izotopun kütləsi=10(p)+10(n)=20. İkinci izotopun kütləsi=10(p)+12(n)=22. Yüngül izotop 90 %, ağır izotop 10 %-dir. Elementin orta atom kütləsi:

$$A_r = \frac{90 \cdot 20 + 10 \cdot 22}{100} = 20,20 \text{ (Ne)}.$$

Həlli 21. Element α -hissəcik buraxdıqda nüvəsinin yükü iki vahid azalır, dövrü sistem cədvəlində iki xana soldakı elementə çevrilir. β -hissəcik buraxdıqda isə nüvənin yükü bir xana sağdakı elementə çevrilir. Bir α -hissəcik buraxdıqda nüvənin yükü 2 vahid azalıb, 2β -hissəcik buraxdıqda isə iki vahid artıb. Nəticədə uranın dövrü sistem cədvəlindəki yeri dəyişməyib, başqa elementə çevrilməyib. Yalnız kütləsi 4 vahid azalıb (α -hissəciyin yükü +2 və kütləsi 4-ə bərabərdir) ^{234}U izotopu alınıb.

Həlli 22.



Həlli 23.

$$\frac{V_{(\text{atom})}}{V_{(\text{nüvə})}} = \frac{\frac{4}{3} \pi r_{(\text{atom})}^3}{\frac{4}{3} \pi r_{(\text{nüvə})}^3} = \frac{r_{(\text{atom})}^3}{r_{(\text{nüvə})}^3} = \frac{(10^{-8})^3}{(10^{-12})^3} = \left(\frac{1}{10^{-4}} \right)^3 = 10^{12}.$$

10^{12} dəfə böyükdür.

Həlli 24. $[_{11}\text{Cl } 2; 8; 8]^{-}$, $[_{16}\text{S } 2; 8; 8]^{2-}$, $[_{19}\text{K } 2; 8; 8]^{+}$, $[_{20}\text{Ca } 2; 8; 8]^{2-}$. Ca^{2+} ionunun nüvəsinin yükü böyük olduğundan elektron buludu daha güclü sürətdə cəzb olunur. Ona görə də energetik səviyyələr və onlardakı elektronların sayı eyni olmasına baxmayaraq Cl^{-} , S^{2-} , K^{+} ionlarına nisbətən Ca^{2+} -in ion radiusu kiçikdir.

Həlli 25. (3) və (6) əsas; (1) və (5) həyəcanlanmış; (2) və (4) qadağan olunmuş vəziyyətləri əks etdirir.

Həlli 26. Kürələr arasındakı məsafəni artırıqda bir-birini dəfətmə qüvvələri azalır.

Qüvvələrin məsafədən asılılığı $\frac{1}{r^2}$ qanunu ilə müəyyən edilir. Əgər məsafəni 4 dəfə artırısaq,

qüvvələr $\left(\frac{1}{4}\right)^2$ qədər dəyişir, $\left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}$ yəni 16 dəfə azalır.

Həlli 27. Kütləsi olan cismlərin bir-birini cəzb etməsi materiyanın əsas xassələrindəndir. Bu xassəni hər hansı modelə əsaslanmaqla izah etmək olmaz. Cismlərin bir-birini aralarındakı qravitasiya qüvvələrinə əsasən cəzb etməsi fikri də hadisənin mahiyyətini izah etmir, yalnız cəzətmə faktını verir. Lakin onun səbəbi hələlik aydınlaşdırılmayıb.

Həlli 28. Atom, ion və nüvənin ümumi adı *nuklidlərdir*. Kimyəvi element nüvəsinin yükü (nüvədə protonların sayı) eyni olan nuklidlərin toplusudur.

Həlli 29. $1 - 0,582 = 0,418 \text{ (Z)}.$

$$\left. \begin{array}{l} 1 - \dots\dots\dots 0,418 \text{ (Z)} \\ 127 - \dots\dots\dots x \end{array} \right\} \Rightarrow x=53.$$

$^{127}_{53}\text{I}$ yaxud $^{127}_{53}\text{E}$.

Həlli 30. I-VII qrupların başlanğıcında olan elementlər (dövrü sistem cədvəlində qısa-dövrüli forması) baş elementlər adlanırlar. Bunlar 2-ci dövr elementləridir. Onlar bəzi xassələrinə görə eyni yarımqrupdakı analoqlarından fərqlənirlər. Bunun səbəbi həmin elementlərin atomlarının həcmnin analoqlarına nisbətən kiçik olması, elektromənfiliklərinin, və ionlaşma enerjisinin böyük olmasıdır. Litium və berilliumun halogenidlərində, digər qələvi və qələvi-torpaq metallarına nisbətən kovalentlik yüksəkdir. Digər qələvi metallardan fərqli olaraq litium bərk halda hidrokarbonat əmələ gətirmir. Digər qələvi metalların nitratlarını qızdırdıqda nitritə və oksigenə parçalandığı halda, litium-nitratı qızdırdıqda litium-oksidə, azot 4-oksidə və oksigenə parçalanır. Qələvi metalların hidrosidləri termiki cəhətdən davamlıdırlar. Litium-hidroksidi qızdırdıqda litium-oksidə və suya parçalanır.

Həlli 31. Molun kütləsini ifadə etmək üçün hansı kütlə vahidindən istifadə edilməsindən asılı

olmayaraq, hər bir fərdi atomun real kütləsi dəyişmir, sabitdir. İstənilən maddənin bir molunda eyni sayda hissəcik olur. Ona görə də hər hansı maddənin bir moluna uyğun gələn kütlə həmin maddə üçün həmişə dəyişməz qalır.

Həlli 32.

Xassələr	Dəyişməsi	
	Əsas yarımqruplarda	Dövlərdə
Metal xassələri	Artır ↓	<u>Artır</u>
Qeyri-metal xassələri	Artır ↑	<u>Artır</u>
Oksigenə görə baş valentliyi	Sabitdir	<u>Artır</u> — ^{I-VII} →
Hidrogenə görə valentliyi	Sabitdir	<u>Artır</u> I-IV-I → ←
Nüvənin yükü	Artır ↓	<u>Artır</u>
Elektromənfilik	Əsasən artır ↑	
Sıxlıq	Əsasən artır ↓	<u>Artır</u> ← ^{I-IV} ^{VII} →
Metalların ərimə və qaynama temperaturu	Əsasən artır ↑	
Qeyri-metalların ərimə və qaynama temperaturu	Əsasən artır ↓	

Həlli 33. Metalın hidridinin formulunu MeH_x -la işarə edək. Məsələnin şərtinə əsasən aşağıdakı tənəsübü qurmaq olar:

$$\left. \begin{array}{l} (Me + x) \text{ ----- } x \text{ (hidrogen var)} \\ 100 \text{ ----- } 22,22 \end{array} \right\} \Rightarrow Me = \frac{77,77x}{22,22} = 3,5x.$$

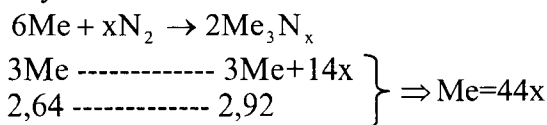
x -metalın valentliyidir. Fərz edək ki, $x = 1$ onda $Me = 3,5$ belə metal yoxdur. $x = 2$ olduqda $Me = 7$. Bu litiuma uyğun gəlir, lakin birvalentli metaldır. $x = 3$ olduqda $Me = 10,5$ olur. Belə metal yoxdur, $x = 4$ olduqda $Me = 14,0$. Nisbi atom kütləsi 14 olan dördvalentli metal yoxdur. Belə hesab etmək olar ki, hidrid deyteriumun metalla qarşılıqlı təsirindən əmələ gəlmişdir.

$$Mr(MeD_2) = Me + 2x$$

$$\left. \begin{array}{l} (Me + 2x) \text{ ----- } 2x \\ 100 \text{ ----- } 22,22 \end{array} \right\} \Rightarrow Me = 7x$$

$x = 1$ olduqda $Me = 7$ (Li). Hidridin formulunu LiD yaxud Li^2H .

Həlli 34. Reaksiya tənliyi:



$x = 1$ olduqda $Me = 44$ belə metal yoxdur. $x = 2$ olduqda $Me = 88$ (Sr) Sr_2N_3 .

Həlli 35. Atomun radiusunun nüvənin radiusundan neçə dəfə böyük olduğunu tapmaq:

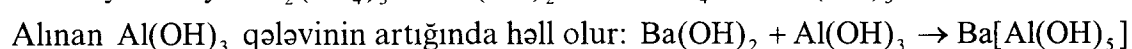
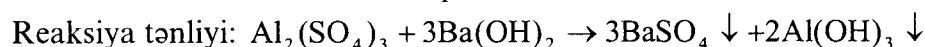
$$\frac{10^{-8} \text{ sm}}{10^{-13} \text{ sm}} = 10^5. \text{ Bizim misalda «nüvənin» radiusu } 30 \text{ sm-dir. Onda «atomun» radiusu}$$

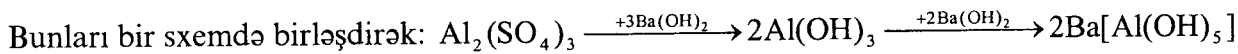
$30 \text{ sm} \cdot 10^5 = 3000000 \text{ sm} = 30 \text{ km}$ olar. Deməli, arılar arı yeşiyinin (pətəyinin) ətrafından 30 km məsafəyə uça bilərlər.

Həlli 36. Məhlulda olan $Al_2(SO_4)_3$ -ün molları sayı:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 4,56 \\ 150 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{150 \cdot 4,56}{100} = 6,84 \text{ q } Al_2(SO_4)_3$$

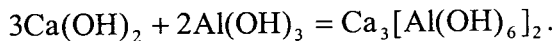
$$Mr(Al_2(SO_4)_3) = 342; \gamma = \frac{6,84 \text{ q}}{342 \text{ q/mol}} = 0,02 \text{ mol.}$$





Deməli, 1 mol $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ilə maksimum 5 mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ } $\Rightarrow x = \frac{0,02 \cdot 5}{1} = 0,1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2$
 0,02 mol ilə ----- x mol

Alüminium-hidroksidin NaOH və KOH -la reaksiyasından (qızdırmadıqda) uyğun olaraq $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ və $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ tərkibli birləşmələr əmələ gəlir. Kalsium-hidroksidlə reaksiyada $\text{Ca}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]_2$ tərkibli birləşmə alınır:



Həlli 37. Qallium dövrü sistem cədvəlində şaquli vəziyyətdə alüminiumla indium arasında yerləşir. Bunların sıxlıqlarının orta qiyməti: $\frac{7,3 + 2,7}{2} = 5$. Deməli, qalliumun sıxlığı

təqribən 5 q/sm^3 olmalıdır. Qalliumun sıxlığı isə $5,9 \text{ q/sm}^3$ -dir və bizim aldığımız nəticə (5) eksperimental faktdan (5,9) xeyli fərqlidir. Üfiqi vəziyyətdə qallium sinklə germaniumun arasında yerləşir. Bunların sıxlıqları uyğun olaraq $7,14 \text{ q/sm}^3$ və $5,32 \text{ q/sm}^3$ -dir. Orta qiymət: $\frac{7,14 + 5,32}{2} = 6,23$. Bu nəticə (6,23) qalliumun sıxlığına ($5,9 \text{ q/sm}^3$) daha yaxındır.

Deməli, sıxlığına görə qallium sinkə və germaniuma daha yaxındır.

Həlli 38. Protonun kütləsi $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ q}$ -dır. Bu $1,007825$ atom kütlə vahidinə bərabərdir.

Neytronun kütləsi $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ q}$ -dır. Bu $1,008665$ atom kütlə vahidi edir. Elektronun kütləsi $9,1 \cdot 10^{-28} \text{ q}$ -dır, $0,00055$ atom kütlə vahididir. $A_r(\text{Li})=6,941$. Litium atomunun nüvəsində 3 proton və 4 ($7-3=4$) neytron var. Nüvənin ətrafında üç elektron var. Litium atomunda bunların hər birinin kütləsini hesablayaq:

Protonların birlikdə kütləsi $= 3 \cdot 1,007825 = 3,023475$.

Neytronların birlikdə kütləsi $= 4 \cdot 1,008665 = 4,03466$.

Elektronların kütləsi $= 3 \cdot 0,00055 = 0,00165$.

Bunların hər birinin kütlə payını hesablayaq:

$$\omega(p) = \frac{3,023475}{7} = 0,4319 \approx 43,2 \%$$

$$\omega(n) = \frac{4,03466}{7} = 0,5763 \approx 57,63 \%$$

$$\omega(e) = \frac{0,00165}{7} = 0,0002357 = 0,02357 \%$$

Göründüyü kimi, bunların cəmi: $43,2 \% + 57,63 \% + 0,02357 \% = 100,85357 \%$ edir. Bu isə 100% -dən çoxdur. Məsələnin bizim tərtib etdiyimiz həllini o vaxt doğru hesab etmək olardı ki, litiumun nisbi atom kütləsi proton, neytron və elektronların kütlələrinin cəminə bərabər olsun: $3,023475 + 4,03466 + 0,00165 = 7,059785$. Lakin litiumun nisbi atom kütləsi $6,941 \approx 7$ -yə bərabərdir. Bunun səbəbi proton və neytronlardan atomun nüvəsi əmələ gəldikdə külli miqdarda enerji ayrılması və ona müvafiq kütlənin azalmasıdır.

Həlli 39. Bu elementlərin əmələ gətirdikləri bəsit maddələrdə almaz, silisium və germaniumda kristal qəfəsin tipi eynidir. Onların nisbi atom kütləsi artdıqca kristal qəfəsdə atomların rabitə enerjisi azalır. Qalay və qurğuşunda kristal qəfəsin tipi onlardan yuxarıda yerləşən analoqlarının kristal qəfəsinin tipindən fərqlidir. Ona görə də onların ərimə temperaturu yuxarıdakı qanunauyğunluğa tabe olmur.

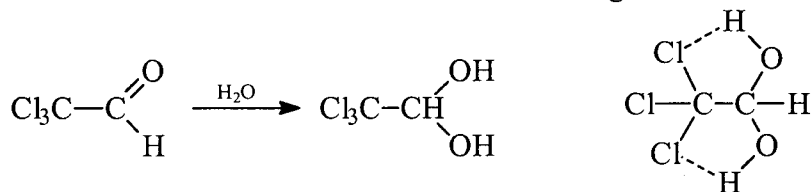
Həlli 40.

Orbital kvant ədədi (ℓ)	0	1	2	3	4	5
Hərfi işarəsi	s	p	d	f	g	h

ℓ -in qiyməti ($n-1$)-ə əsasən təyin edilir. Deməli, $\ell = 4$ (g) olduqda baş kvant ədədi $n=5$ olur. Məlum olan elementlərin heç birinin g orbitalında elektronu yoxdur. Hələlik belə element sintez edilməmişdir.

Həlli 41. a) qazlar: H_2 , He , N_2 , O_2 , F_2 , Ne , Cl_2 , Ar , Kr , Xe , Rn . b) maye: Br_2 . c) bərk maddələr: B , C , Si , P_4 , S_8 , As , Se , Te , I_2 , At_2 .

Həlli 42. Xlorhidrat xloralın (trixloretranal) hidratasiyasından alınır. Onun davamlı olmasının səbəbi hidrogen və xlor atomları arasında molekul daxili hidrogen rabitələrinin olmasıdır:



Həlli 43. İonların vacib xarakteristikalarından biri kristal qəfəsin enerjisidir. Qaz halında ionlardan birləşərək bir mol bərk maddə əmələ gəldikdə ayrılan enerji ion kristal qəfəsinin enerjisidir. Li^+ , Cs^+ , F^- və I^- ionlarının eyni olmasına baxmayaraq ion potensialları fərqlidir. İon potensialı ionun yükünün radiusuna olan nisbətidir. Məsələn, litium ionunun ion potensialı $\frac{1}{0,71} \approx 1,4$, seziyumun ion potensialı $\frac{1}{1,74} \approx 0,57$. Hər hansı ionun onu əhatə edən digər ionla qarşılıqlı təsiri ion potensialından asılıdır. Litium ionunun ion potensialı seziyumun ion potensialından təqribən 2,5 dəfə böyükdür. Ona görə də onun flüoridinin kristal qəfəsinin enerjisinin qiyməti böyükdür.

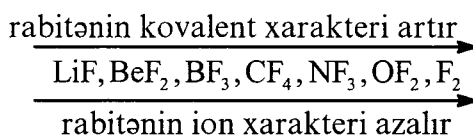
Həlli 44. $\Delta E = \frac{N_A hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{N_A hc}{\Delta E} = \frac{(6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1})(6,626 \cdot 10^{-34} \text{ C} \cdot \text{san})(3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{san}^{-1})}{243000 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}} =$
 $= (4,926 \cdot 10^{-7} \text{ m}) \left(\frac{10^9 \text{ nm}}{\text{m}} \right) = 492,6 \text{ nm}.$

Həlli 45. İon birləşmələrində valentliyin təyin edilməsi çətinlik törədir. Həmin birləşmələrdə valentliyi rabitə əmələ gətirə bilən orbitalların sayına əsasən təyin etmək olmur. İonlarda belə orbitallar yoxdur. Onlarda valentlik həmin ionu bilavasitə əhatə edən ionların sayına əsasən təyin edilir. Bu kristalda ionun koordinasiya ədədi adlanır. Qaz halında olan Na^+Cl^- ion cütündə natrium ionu birvalentlidir. Kristalında natrium ionu altıvalentlidir. Kovalent birləşmələrdən fərqli olaraq ion birləşmələri doymamışlığı ilə xarakterizə olunurlar. Ona görə də valentliyin koordinasiya ədədi vasitəsilə ifadə olunması çox şərtidir.

Həlli 46. a) BeH_2 molekulunda berillium atomunun valent orbitalları sp hibridləşməsi vəziyyətindədir, valent bucağı 180° -dir.

b) BF_3 molekulu triqonal quruluşdadır, valent bucağı 120° -dir, simmetrik quruluşda olduğundan molekul qeyri-polyardır, bor atomunun orbitalları sp^2 hibridləşməsi vəziyyətindədir.

Həlli 47.

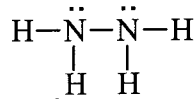


Həlli 48. Hər iki ionun (Li^+ və H^-) elektron quruluşu $1s^2$ -dir. Hidrogenin nüvəsinin yükü $+1$, litiumun nüvəsinin yükü isə $+3$ -dür. Deməli, litium ionunun elektronları nüvə tərəfindən daha güclü cəzb olunmalıdır. Ona görə də litium ionunun ölçüsü hidrid ionuna (H^-) nisbətən kiçik olmalıdır. Həqiqətən də hidrid ionunun radiusu $0,136 \text{ nm}$, litium ionunun radiusu isə $0,068 \text{ nm}$ -ə bərabərdir.

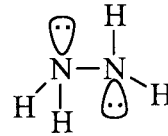
Həlli 49. $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ kompleksində $[\text{HgI}_4]^{2-}$ ionu məhlulda və kristalda rəngsizdir. K^+ ionunu güclü polyarlaşdırıcı xassəyə malik olan Cu^{2+} , yaxud Ag^+ ionu ilə əvəz etdikdə qırmızı rəngli $\text{Cu}[\text{HgI}_4]$, sarı rəngli $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ alınır. Bu birləşmələrdə yodid ionu Ag^+ və Cu^{2+} kationlarının güclü təsirinə məruz qalır. İon birləşmələrdə kationun müsbət yükü aniondan elektronu özünə tərəf cəzb edir. Nəticədə anionun elektron buludu dəyişikliyə uğrayır və proses polyarlaşma adlanır. $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ və $\text{Cu}[\text{HgI}_4]$ istiliyə həssas birləşmələrə aiddir. $80-90^\circ\text{C}$ -də sarı $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$ qırmızı rəngə çevrilir, qırmızı $\text{Cu}[\text{HgI}_4]$ qaralır. Soyutduqda həmin birləşmələr əvvəlki rəngini alır. Qızdırdıqda rəngin tündləşməsi polyarlaşmanın güclənməsidir, temperaturu artırıqda atomların elektron buludunun

mütəhərriqliyinin, hərəkətinin artmasıdır. İstiliyə həssas boyaqlardan praktikada temperatur indikatoru kimi istifadə edilir. Zavodlarda termiki cəhətdən davamsız maddələr sintez edilən reaktorları istiliyə həssas boyaqla boyayırlar. Reaktorda temperatur müəyyən həddi keçdikdə üzərindəki boyaqın rəngi dəyişir. Məsələn, rəng qırmızıdan qaraya çevrilir. Bunu nəzərə alan operator temperaturun yüksəlməsinin qarşısını alan tədbir görür. Temperatur dəyişdikdə rəngi dönməyə başlayan maddələrə $Ag_2[HgI_4]$ və $Cu[HgI_4]$ -dən əlavə ZnO , TiO_2 , $InCl_3$ və s. göstərmək olar. Bu sonuncular adi temperaturda rəngsizdirlər, qızdırdıqda saralırlar, soyutduqda yenidən rəngsizləşirlər.

Həlli 50. Hidrazinin kimyəvi formulu N_2H_4 -dür. Onun molekuluğunun elektron quruluşu belədir:

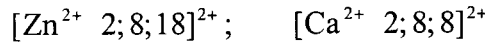


Bu formul N_2H_4 molekuluğunun həndəsi formasına aid təsvür yaratmır. Hər azot atomunun ətrafındakı rabitələr triqonal-piramidal vəziyyətdədir. Ona görə də molekuluğun quruluşu belədir:



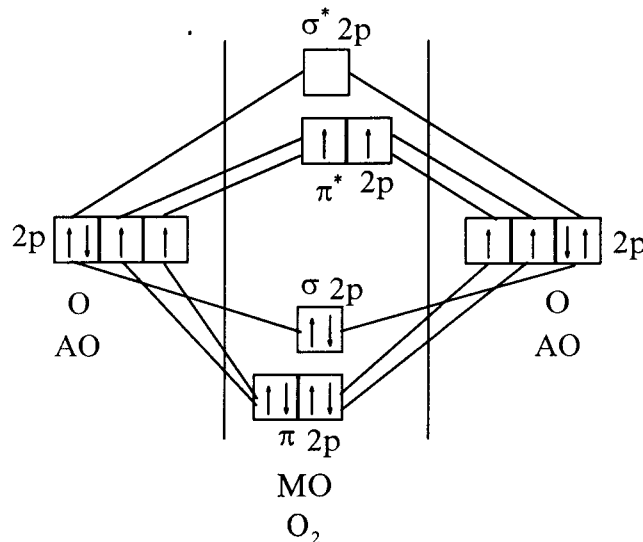
Molekuluğun hər iki tərəfdən sonu N-N rabitəsinin ətrafında fırlanır. Ammonyak molekuluğunda olduğu kimi hidrazin molekuluğunda da azot atomlarının orbitalları sp^3 hibridləşməsi vəziyyətindədir, rabitələrin hamısı siqma σ rabitəsidir.

Həlli 51. Sink və kalsium eyni dövrdə yerləşirlər, yəni atomlarının energetik səviyyələrinin sayı (baş kvant ədədi) eynidir. Həmin ionların elektron quruluşu belədir:

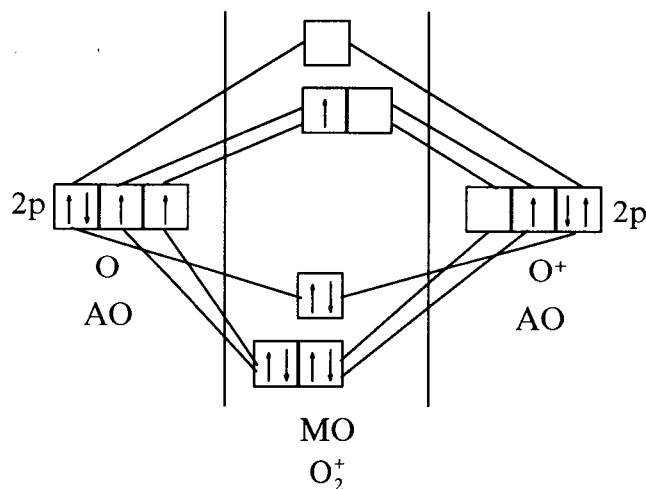


Zn^{2+} ionunun 10 elektronu artıqdır deməli, nüvəsinin yükü də 10 vahid çoxdur. Əlavə 3d elektronları ilə nüvənin artan yükü tam ekranlaşdırılmadığından effektiv yük Zn^{2+} ionunda Ca^{2+} ionuna nisbətən böyük olur. Ona görə də Zn^{2+} ionunun radiusu Ca^{2+} -ionuna nisbətən kiçik olur.

Həlli 52. Oksigen molekuluğunda kimyəvi rabitənin əmələ gəlməsində hər atomdan 2p yarım səviyyəsində olan dörd elektron iştirak edir. Deməli, molekulyar orbitalda səkkiz elektron olmalıdır. Bunlardan altısı rabitə əmələ gətirə bilən orbitalda, qalan ikisi isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda olmalıdır. Ona görə ki, atom orbitallarında altı orbital var (hər oksigen atomunda üç pi orbitalı), bunlardan üçü rabitə əmələ gətirə bilən orbitalı, üçü isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalı əmələ gətirir. Hər orbitalda spinləri antiparalel olan iki elektron yerləşə bildiyindən rabitə əmələ gətirə bilən orbitallarda yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi altı, elektron yerləşir. Enerjisi az olduğundan əvvəlcə rabitə əmələ gətirə bilən orbital tamamlanır. Qalan iki elektron isə rabitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda yerləşir:

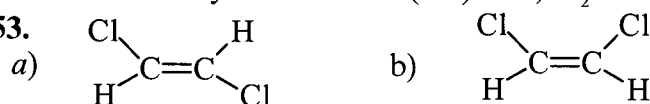


Molekulyar oksigen ionunda O_2^+ rəbitə əmələ gətirə bilməyən orbitalda O_2 molekulundan bir elektron az olur. Bu molekulun möhkəmliyini artırır:



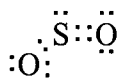
O_2 molekulunda kimyəvi rəbitə $\nu=(6-2):2=2$; O_2^+ ionunda kimyəvi rəbitə $\nu=(6-1):2=2,5$.

Həlli 53.



Xlor atomunun hər ikisi etilen molekulunda C-C rəbitəsinin bir tərəfindədirsə, Cl-C rəbitələri bir-birini kompensasiya etmir. Molekul polyar olur. Deməli, b) forma (sis izomer) polyardır. Müsbət və mənfi yükləri bir-birinin üzərinə düşməyən molekul polyardır. Molekulun polyarlığının ölçüsü dipol momentidir. Dipol momenti (μ) bir-birindən (r) məsafədə olan yüklərin (q) həmin məsafəyə olan hasilinə bərabərdir: $\mu=qr$. Bunların hər ikisinin qiyməti böyük olduqda molekulun polyarlığı da böyük olur. Molekulun dipol momentinin vahidi Debaydır (D). Sis izomerin dipol momenti 1,74 D-ya bərabərdir. Trans izomer qeyri-polyardır.

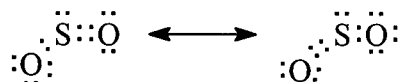
Həlli 54. Kovalent molekulaların çoxu üçün yeganə elektron quruluşu mövcuddur. Bəzi anlarda bir molekul üçün iki yaxud daha çox elektron formulu yazmaq olur və bu formulaların hər biri onun quruluşuna uyğun gəlir. Həmin formulalar rezonans quruluş formulaları adlanır. Məsələn, SO_2 -nin elektron formulu belədir:



Eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir ki, kükürdlə oksigen atomları arasındakı rəbitələr uzunluğuna və enerjilərinə görə eynidir. Deməli, SO_2 -nin yuxarıda yazılan formulu doğru deyil.

Onda $\begin{array}{c} \ddot{S}::\ddot{O}: \\ \vdots \\ :\ddot{O}: \end{array}$ şəkildə yazmaq olar. Lakin bu formul birincidən nə yaxşı deyil, nə də pis deyil.

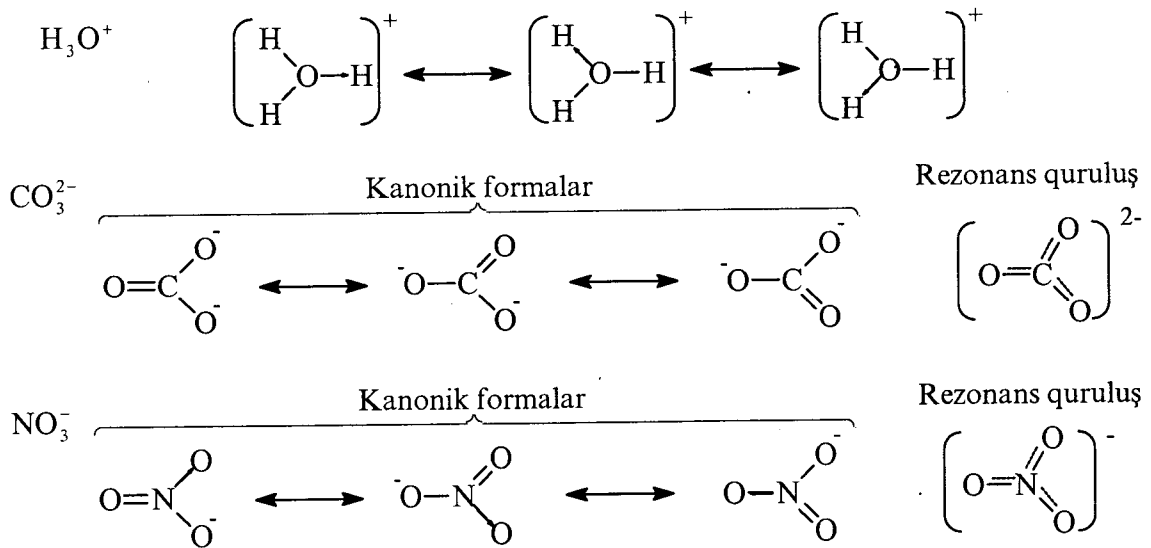
Ona görə də SO_2 -nin molekulunun elektron quruluşunu şərti olaraq aşağıdakı kimi yazmaq qəbul olunmuşdur:



Bu yazılış onu göstərmir ki, bir forma çox tez digərinə çevrilir. Bunların heç biri molekulun real quruluşunu əks etdirmir. Əslində elektronlar hər iki oksigenə görə simmetrik yerləşmişlər.

Bu formulalar rezonans sistemini təsvir etmək üçün yazılır.

H_3O^+ , CO_3^{2-} və NO_3^- ionlarının rezonans quruluşlarını və kanonik formalarını aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Kanon – musiqi mövzusunun bir neçə səs tərəfindən ardıcıl surətdə təkrar edilməsi. *Rusca-azərbaycanca lüğət. I cild, səh-511 Bakı-1990.*

Həlli 55. Buxara nisbətən mayenin enerjisi az olur. Ona görə də maye buxarlanarkən enerji udulmalıdır. Maye qaynayarkən enerji onu təşkil edən molekulların arasındakı cazibə qüvvəsini qırmaq üçün sərf olunur. Mayenin udduğu enerji buxar halına keçən molekulların potensial enerjisinə çevrilir. Buxarlanma istiliyi mayedən ayrılan molekulların kinetik enerjisinin artmasına sərf olunur fikri səhvdir. Ona görə ki, maye və buxarın temperaturu eynidir və onların molekullarının kinetik enerjisi eynidir.

Həlli 56. Suyun buxarlanma istiliyi 10 kkal/mol-dur. Yəni 1 mol (18 q/mol) suyu maye haldan buxar halına keçirmək üçün 10 kkal enerji udulur. 1 q suyun neçə mol etdiyini

hesablayaq: $1 \text{ q} \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ q}} = 0,056 \text{ mol}$; $0,056 \text{ mol} \cdot 10 \text{ kkal/mol} = 0,56 \text{ kkal}$. Qeyd etmək lazımdır

ki, 10 kkal/mol suyun buxarlanma istiliyinin orta qiymətidir. 100 °C-də həmin kəmiyyət 9,7 kkal/mol, 37 °C-də 10 kkal/mol-dur. Deməli, daha dəqiq cavab almaq üçün biz 0,056-nı 10-a deyil, 10,4-ə vurmalyıq $0,056 \text{ mol} \cdot 10,4 \text{ kkal/mol} = 0,58 \text{ kkal}$.

Həlli 57. Su buxarı daha güclü yanığa səbəb olur. Su soyuduqda enerji ayrılır. Bundan əlavə, buxar kondensləşdikdə (maye hala keçdikdə) enerji ayrılır.

Həlli 58. Yanma kamerasının divarının istiliyinin bir hissəsi yanacağın buxarlanmasına sərf olunur, bu işə raketin mühərrikinin istismar müddətini uzadır. İkinci üstünlük, buxar halına keçən yanacaq maye yanacağıya nisbətən daha asan yanır. Ona görə ki, yanacağın buxar halına keçməsi üçün istilik sərf olunur. Yanacaq artıq yanma kamerasına daxil olana qədər buxar halına keçmişdir.

Həlli 59. Suyu onda həll olmuş qazlardan və ən kiçik toz dənələrindən təmizlədikdə, silkələməmək şərtilə tədricən qızdırmaqla qaynamadan 100 °C-dən yüksək temperatura qədər qızdırmaq olur. Adi təzyiqdə suyu qaynatmadan 270 °C-yə qədər qızdırmaq mümkün olmuşdur.

Həlli 60. Suda həll olan qarışıqlar onun donma temperaturunu əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salır. Məsələn, çox az miqdarda aseton əlavə etməklə su damlasını -72 °C-yə qədər soyutmaq mümkün olmuşdur. Belə qarışıqların soyuqqanlı heyvanların qanında olduğunu güman etmək olar. İstiqlanlı heyvanların qanını çox soyutmaq olmur. Onların qanında olan su kristallaşır, toxumaları dağıdır.

Həlli 61. Natrium metalı 98 °C-də əriyir, 889 °C-də qaynayır. 1 mol natriumun əriməsinə 0,63 kkal, buxarlanmasına isə 24,1 kkal enerji sərf olunur. 1 kq natriumun əriməsinə və buxarlanmasına sərf olunan istiliyin miqdarını hesablayaq:

$M(\text{Na})=23 \text{ q/mol}$ və $\gamma = \frac{1000 \text{ q}}{23 \text{ q/mol}}$. Bu qədər natriumun əriməsinə sərf olunan istilik

$43,5 \text{ mol} \cdot 0,63 \text{ kkal/mol} = 0,56 \text{ kkal}$. $43,5 \text{ mol}$ natriumun buxarlanmasına sərf olunan istilik

43,5 mol · 24,1 kkal/mol = 1050 kkal . Bunların cəmi 27+1050= 1077 kkal edir.

Həlli 62. 1 kq suyun neçə mol etdiyini tapmaq: $M(H_2O)=18$ q/mol və

$$\gamma = \frac{1000 \text{ q}}{18 \text{ q/mol}} = 55,5 \text{ mol.}$$

Suyun buxarlanma istiliyi 9,7 kkal/mol-dur. 55,5 mol suyu

buxarlandırmaq üçün $55,5 \text{ mol} \cdot 9,7 \text{ kkal/mol} = 538 \text{ kkal}$ enerji lazımdır və bu enerji (538 °C) demək olar ki, eyni miqdarda natriumun buxarlanmasına sərf olunan enerjiden (1050 °C) iki dəfə azdır. Natriumun üstünlüyü suya nisbətən geniş temperatur intervalında (800 °C) istifadə edilməsidir. Natriumun çatışmayan cəhəti onun çox tez bərk hala keçməsidir. Su isə adi şəraitdə maye haldadır. Sudan təkrar istifadə etmək çətinlik törətmir, natriumu isə yenidən maye hala salmaq lazımdır.

Həlli 63. 10 kq suyun neçə mol etdiyini tapmaq: $10 \text{ kq}=10000 \text{ q.}$ $\gamma = 10000 \text{ q} \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ q}} = 555,55 \text{ mol.}$

1 mol su donduqda 1,44 kkal enerji udulur. $555,55 \text{ mol} \cdot 1,44 \text{ kkal/mol} = 800 \text{ kkal.}$ Bu hadisədən bəzi hallarda ərzaq məhsullarını donmaqdan qorumaq üçün istifadə edilir. Kartof, yaxud kələm saxlanan ambara bir neçə çəllək su qoyduqda onları soyuqdan qorumuş oluruq.

Həlli 64. Torpaq mayesi turş reaksiyalı olur. Bunun səbəbi torpaqda bitki qalıqlarının çürüməsi və bitkilərin yeraltı orqanlarının tənəffüsü nəticəsində əmələ gələn karbon qazının suda həll olması nəticəsində alınan karbonat turşusunun qismən dissosiasiyasından əmələ gələn H_3O^+ ionlarıdır. $Ca_3(PO_4)_2$ distillə edilmiş suda həll olmur. Torpaqda fosfor olmasına baxmayaraq bitki fosfordan aqlıq çəkir. Lakin turş torpaqda bu duz həll olan formaya, hidroduza çevrilir və bitki tərəfindən mənimsənilir.

Həlli 65. $T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15$ formulundan $t(^{\circ}C) = T(K) - 273,15$ yazmaq olar:

$$t_{(He) \text{ qaynama}} = 4 - 273,15 \approx -269 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(H_2) \text{ ərimə}} = 14 - 273,15 \approx -259 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(H_2) \text{ qaynama}} = 20 - 273,15 \approx -253 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(N_2) \text{ ərimə}} = 63 - 273,15 \approx -210 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(N_2) \text{ qaynama}} = 77 - 273,15 \approx -196 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(O_2) \text{ ərimə}} = 54 - 273,15 \approx -219 \text{ }^{\circ}C$$

$$t_{(O_2) \text{ qaynama}} = 90 - 273,15 \approx -183 \text{ }^{\circ}C$$

Həlli 66. Qabda qazların mollarının cəmi $2+3=5$ mol.

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ mol qaz olduqda təzyiq } 4 \text{ atm.-dir} \\ 5 \text{ mol } \text{-----} P \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10 \text{ atm.}$$

Həlli 67. «Molyar həcm» ifadəsi göstərir ki, həmin maddənin bir molu nəzərdə tutulur. Məlum olduğu kimi, hansı şəraitdə olmasından asılı olmayaraq maddənin bir molunda $6,02 \cdot 10^{23}$ molekul var.

Həlli 68. Suyun molyar kütləsi 18 q/mol-dur. a) su bərk halda buzdur, buzun sıxlığı

$\rho = 0,915 \text{ q/sm}^3$ -dir. $V = \frac{m}{\rho}$ düsturuna əsasən buzun molyar həcmi:

$$V_m = \frac{18 \text{ q/mol}}{0,915 \text{ q/sm}^3} = 19,7 \text{ sm}^3 / \text{mol.}$$

b) 0 °C-də suyun sıxlığını $\rho = 1,00 \text{ q/sm}^3$ hesab etmək olar. Əslində 4 °C-də suyun sıxlığı $\rho = 1,00 \text{ q/sm}^3$ -dir:

$$V_m = \frac{18 \text{ q/mol}}{1,00 \text{ q/sm}^3} = 18,00 \text{ sm}^3 / \text{mol.}$$

c) 100 °C-də su buxarının sıxlığı $\rho = 5,88 \cdot 10^{-4} \text{ q/sm}^3$ -dir:

$$V_m = \frac{18 \text{ q/mol}}{5,88 \cdot 10^{-4} \text{ q/sm}^3} = 3,06 \cdot 10^4 \text{ sm}^3 / \text{mol}.$$

Həlli 69. Kolbadakı oksigenin kütləsi: 109,56-108,11=1,45 q.

Vulkan qazının kütləsi 111,01-108,11=2,90 q. Oksigenin molyar kütləsi $M(\text{O}_2) = 32 \text{ q/mol}$.

$$\left. \begin{array}{l} 1,45 \text{ q oksigenə } 2,90 \text{ q vulkan qazı uyğun gəlir} \\ 32,00 \text{ q} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{32,00 \cdot 2,90}{1,45} = 64,0 \text{ q/mol}.$$

Molyar kütləsi 64,0 q/mol olan qaz kükürd qazıdır (SO_2). Bununla da məsələni həll edilmiş hesab etmək olardı. Vulkan qazı yalnız bir qazdan ibarət olmaya da bilər. Ona görə də məsələnin şərtini molları sayı bərabər olmaq şərtilə CO_2 və Kr qarışığı da ödəyir:

$$\left. \begin{array}{l} M(\text{CO}_2) = 44 \text{ q/mol} \\ M(\text{Kr}) = 83,89 \text{ q/mol} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{44,0 + 83,89}{2} = 63,9 \approx 64.$$

Həlli 70. Məsələni həll etmək üçün $PV = nRT$ düsturundan istifadə etmək əlverişlidir:

$$P = 130 \text{ atm}; \quad V = 40 \text{ l}; \quad T = t + 273,15 = 25 + 273,5 = 298,15; \quad R = 0,082 \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}};$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{130 \text{ atm} \cdot 40 \text{ l}}{0,082 \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 212,7 \text{ mol}$$

Həlli 71. Aerostat yerin səthindən yuxarıya qalxdıqca təzyiq kəskin sürətdə azalır. Onun içərisindəki qazın həcmi buna müvafiq olaraq genişlənir. Belə olmasaydı, aerostat partlayardı. Ona görə ki, PV hasilı sabit olmalıdır. Burada temperaturun dəyişməsi cüzi dərəcədə olduğundan onu nəzərə almamaq olar.

Həlli 72.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{2,1 \cdot 15}{2,8} = 11,25 \text{ l}.$$

Həlli 73. Normal şəraitdə 4 l CO_2 -nin neçə mol etdiyini hesablayaq: $\frac{4 \text{ l}}{22,4 \text{ l/mol}} = 0,18 \text{ mol}.$

0,18 mol CO_2 neçə qram etdiyini tapaq: $0,18 \text{ mol} \cdot 44 \text{ q/mol} = 7,9 \text{ q } \text{CO}_2.$

7,9 q maye CO_2 -nin həcmi hesablayaq: $V = \frac{m}{\rho} = \frac{7,9 \text{ q}}{0,89 \text{ q/sm}^3} \approx 10 \text{ sm}^3.$

Həlli 74. Qarışıqda qazların molekullarının cəmi:

$$\begin{array}{r} 6,08 \cdot 10^{20} \text{ molekul } \text{N}_2 \\ 0,76 \cdot 10^{20} \text{ molekul } \text{O}_2 \\ 0,50 \cdot 10^{20} \text{ molekul } \text{CO}_2 \\ \hline 7,34 \cdot 10^{20} \text{ molekul} \end{array}$$

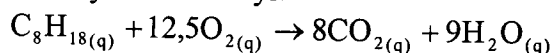
Pasial təzyiq=Qazın mol payı×ümumi təzyiq. Deməli, hər qazın pasial təzyiqini hesablamaq üçün onun mol payını tapıb ümumi təzyiqə vurmaq lazımdır:

$$\text{N}_2 \text{ -nin mol payı} = \frac{6,08 \cdot 10^{20}}{7,34 \cdot 10^{20}} = 0,828; \quad \text{N}_2 \text{ -nin pasial təzyiqi} = 0,828 \cdot 764 = 633 \text{ mm. c. s.}$$

$$\text{O}_2 \text{ -nin mol payı} = \frac{0,76 \cdot 10^{20}}{7,34 \cdot 10^{20}} = 0,104; \quad \text{O}_2 \text{ -nin pasial təzyiqi} = 0,104 \cdot 764 = 79 \text{ mm. c. s.}$$

$$\text{CO}_2 \text{ -nin mol payı} = \frac{0,50 \cdot 10^{20}}{7,34 \cdot 10^{20}} = 0,068; \quad \text{CO}_2 \text{ -nin pasial təzyiqi} = 0,068 \cdot 764 = 52 \text{ mm. c. s.}$$

Həlli 75. Benzinin yanma reaksiyasının tənliyi:



Qeyd etmək lazımdır ki, benzin karbohidrogenlərin qarışığından ibarətdir. Onun tərkibinə

C_8H_{18} -dən başqa digər karbohidrogenlər də daxildir. Siz bunlarla üzvi kimyanı öyrəndikdə daha ətraflı tanış olacaqsınız.

1 mol C_8H_{18} yandıqda 12,5 mol O_2 sərf olunur, 8 mol CO_2 və 9 mol H_2O buxarları alınır. Reaksiyaya $1+12,5=13,5$ mol daxil olur, $8+9=17$ mol qaz qarışığı alınır. Bu zaman təzyiq $\frac{17}{13,5} = 1,26$ dəfə artır. Temperaturun artması təzyiğin $\frac{1500}{300} = 5$ dəfə armasına səbəb

olur. Deməli, silindrlərdə təzyiğin artmasının əsas səbəbi temperaturun artmasıdır.

Həlli 76. Qaynama temperaturu yüksək olmayan maddələrin xassələri ideal qazların xassələrindən az fərqlənir. Normal şəraitdə onların molyar həcmi 22,414 l olur. Qaynama temperaturu $0^\circ C$ -yə yaxın olan qazların molyar həcmi 22,4 l-dən az olur. Bunun səbəbi qaynama temperaturu yüksək olan qaz molekulları arasında cazibə qüvvəsinin kifayət qədər olmasıdır. Temperaturu artırıqda yaxud təzyiği azaltdıqda qaz molekulları bir-birindən uzaqlaşır, ona görə də onların xassələri ideal qazlara yaxınlaşır.

Həlli 77. $1 \text{ l} = 1000 \text{ ml}$; $100 \text{ ml-də} \dots\dots\dots 1 \text{ ml } O_2 \text{ var}$
 $1000 \text{ ml-də} \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 1}{100} = 10 \text{ ml } O_2$

$22,4 \text{ l} = 22400 \text{ ml}$;

$2400 \text{ ml } (O_2) \dots\dots\dots 6,02 \cdot 10^{23} \text{ molekul var}$
 $10 \text{ ml-də} \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = 2,68 \cdot 10^{20} O_2 \text{ molekulu var.}$

Həlli 78.

$0,0834 \text{ q } CO_2 \dots\dots\dots 1 \text{ ml həcm tutur}$
 $44 \text{ q } CO_2 \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = \frac{44 \cdot 1}{0,0834} = 528 \text{ ml.}$

1 mol üçün 528 ml ilk baxışda çox kiçikdir və inandırıcı deyil. Ancaq CO_2 -nin olduğu şəraiti nəzərə aldıqda burada qeyri-adi heç nə yoxdur. Hər hansı maddənin 1 molunda $6,02 \cdot 10^{23}$ struktur hissəcikləri, bizim misalda molekul olur.

Həlli 79. $P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$; $P_1 = 127 \text{ atm}$. $V_1 = 0,172 \text{ sm}^3$; $V_2 = 125 \text{ sm}^3$; $P_2 = ?$

$$P_2 = \frac{127 \text{ atm} \cdot 0,172 \text{ sm}^3}{125 \text{ sm}^3} = 0,174 \text{ atm.}$$

Həlli 80. $T_1 = 273 - 15 = 258^\circ K$; $P_1 = 2,2 \text{ atm}$; $T_2 = 273 + 31 = 304^\circ K$
 $P_2 = 2,2 \text{ atm}$; $V_1 = 28500 \text{ fut}^3$; $V_2 = ?$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad V_1 T_2 = V_2 T_1 \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{28500 \text{ fut}^3 \cdot 304 \text{ K}}{258 \text{ K}} = 33600 \text{ fut}^3$$

fut ingilis ölçü sistemində aiddir, $1 \text{ fut}^3 = 28,3 \text{ l}$.

$1 \text{ fut}^3 \dots\dots\dots 28,3 \text{ l}$
 $33600 \text{ fut}^3 \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = \frac{33600 \text{ fut}^3 \cdot 28,3 \text{ l}}{1 \text{ fut}^3} = 950880 \text{ l} = 950,88 \text{ m}^3.$

Həlli 81.

$1 \text{ l-də} \dots\dots\dots 1,45 \text{ q qaz var}$
 $6,50 \text{ l-də} \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = \frac{6,50 \text{ l} \cdot 1,45 \text{ q}}{1 \text{ l}} = 9,425 \text{ q.}$

$3,2 \text{ l-də} \dots\dots\dots 9,425 \text{ q qaz var}$
 $1 \text{ l-də} \dots\dots\dots x$ } $\Rightarrow x = \frac{1 \text{ l} \cdot 9,425 \text{ q}}{3,2 \text{ l}} = 2,945 \text{ q.}$

Deməli, yeni şəraitdə qazın hər litrində 2,945 q qaz olur. Bu onun sıxlığıdır.

Həlli 82. Məsələni həll etmək üçün $PV = \frac{m}{M} RT$ düsturundan istifadə etməliyik. Əvvəlcə 4 mm.c.s. təzyiqdə evdəki su buxarının kütləsini tapaq:

$$P = 4 \text{ mm.c.s.} = 0,005263 \text{ atm.}; \quad V = 368,16 \text{ m}^3 = 368160 \text{ l}; \quad T = 273 + 22 = 295 \text{ K}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}; \quad M = 18 \text{ q/mol}; \quad m = ?$$

$$m = \frac{PVM}{RT} = \frac{0,005263 \cdot 368160 \cdot 18}{0,082 \cdot 295} = 1440 \text{ q (H}_2\text{O)}.$$

Təzyiq 9 mm.c.s.-na (0,012 atm.) bərabər olduqda evdəki su buxarının kütləsi:

$$m = \frac{PVM}{RT} = \frac{0,012 \cdot 368160 \cdot 18}{0,082 \cdot 295} = 3283,4 \text{ q (H}_2\text{O)}.$$

Sonra sərf olunan suyun kütləsi = 3283,4 – 1440 = 1843,4 q.

Həlli 83. Kolbanın kütləsini m həcmi V ilə işarə etsək, aşağıdakıları yazmaq olar:

$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l (CH}_4\text{)} \text{ ----- } 16 \text{ q edir} \\ V \text{ (CH}_4\text{)} \text{ ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = \frac{16V}{22,4}$$

$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l (O}_2\text{)} \text{ ----- } 32 \text{ q edir} \\ V \text{ (O}_2\text{)} \text{ ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = \frac{32V}{22,4}$$

$$\text{Kolbanın metanla birlikdə kütləsi:} \quad m + \frac{16V}{22,4} = 57 \quad (1)$$

$$\text{Kolbanın oksigenlə birlikdə kütləsi:} \quad m + \frac{32V}{22,4} = 59 \quad (2)$$

Buradan sistem tənlik alırıq:

$$\left. \begin{array}{l} m + \frac{16V}{22,4} = 57 \\ m + \frac{32V}{22,4} = 59 \end{array} \right\} \Rightarrow V = 2,8 \text{ və } m = 55 \text{ alırıq.}$$

Oksigen və metan qarışığının kütləsi: $57,5 - 55 = 2,5 \text{ q (CH}_4 \text{ və O}_2\text{)}$

Fərz edək ki, qarışıqda $x \text{ l (CH}_4\text{)}$ və $y \text{ l (O}_2\text{)}$ var.

$$x + y = 2,8 \quad (1)$$

$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l (CH}_4\text{)} \text{ ----- } 16 \text{ q} \\ x \text{ l ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = \frac{16x}{22,4}$$

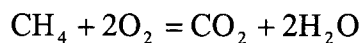
$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l (O}_2\text{)} \text{ ----- } 32 \text{ q} \\ y \text{ l ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = \frac{32y}{22,4}$$

$$\text{Bunların cəmi:} \quad \frac{16x}{22,4} + \frac{32y}{22,4} = 2,5 \quad (2)$$

(1) və (2)-ci tənlikləri birləşdirdikdə sistem tənlik alınır:

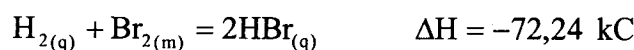
$$\left\{ \begin{array}{l} x + y = 2,8 \\ \frac{16x}{22,4} + \frac{32y}{22,4} = 2,5 \end{array} \right.$$

Tənliyi həll edərək $x = 2,1 \text{ l (CH}_4\text{)}$ və $y = 0,7 \text{ l (O}_2\text{)}$ olduğunu tapırıq. Metanın yanma reaksiyası:



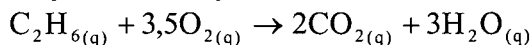
Bir həcm CH_4 -ün yanmasına iki həcm oksigen sərf olunur. Deməli, kolbadakı oksigen metanın tam yanmasına kifayət etmir.

Həlli 84.

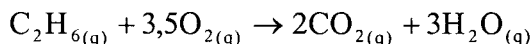
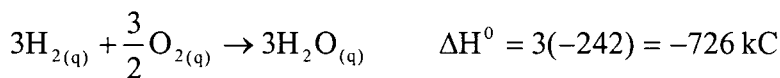
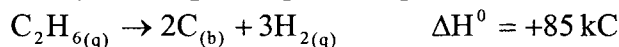


Reaksiya tənliyində iştirak edən maddələri iki dəfə artırıqda ayrılan istilik iki dəfə artır. Enerji maddənin ekstensiv xassəsidir. Reaksiyada çoxlu miqdar maddə iştirak etdikdə ona müvafiq miqdarda istilik ayrılır (endotermik reaksiyalarda udulur). Maddənin digər xassələri belə deyil, məsələn, hər hansı maddənin sıxlığı onun miqdarından asılı deyil.

Həlli 85. Etanın yanma reaksiyasının tənliyi:

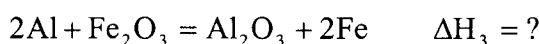


Bu tənliyi aşağıdakı reaksiyaları toplamaqla almaq olar:



$$\Delta H^0 = (-786) + (-726) - (-85) = -1427 \text{ kC}$$

Həlli 86. Reaksiya tənliyi:



$$\Delta H_{1\text{Fe}_2\text{O}_3}^0 = -824 \text{ kC/mol}; \quad \Delta H_{2\text{Al}_2\text{O}_3}^0 = -1675 \text{ kC/mol}$$

$$\Delta H_3^0 = \Delta H_2^0 - \Delta H_1^0 = -1675 - (-824) = -851 \text{ kC}.$$

Həlli 87. 1 q suyu 0 °C-dən 100 °C-yə qədər qızdırmaq üçün 420 C istilik sərf edilməlidir. Müvafiq olaraq 1000 q suyun həmin temperatura qədər qızdırılması üçün 420 kC istilik tələb olunur. Alüminiumun yanma reaksiyası:



Deməli, 1680 kC istilik almaq üçün 54 q Al yandırılmalıdır } $\Rightarrow x = \frac{420 \cdot 54}{1680} = 13,5 \text{ q (Al)}$.

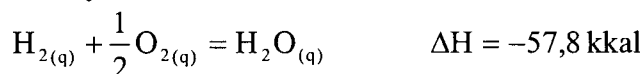
Bunlar məsələnin dəqiq həlli deyil. Ona görə ki, alüminium tozu saf alüminiumdan ibarət deyil, alüminium tozunun üzəri oksidləşmiş vəziyyətdədir. Deməli, alüminium tozu adı ilə işlədiyimiz kütlə Al və Al₂O₃ qarışığından ibarətdir. Bundan başqa, verilən istiliyin bir hissəsi su saxlanan qabın qızmasına və s. sərf olunur.

Həlli 88. Yazda və yayda günəşli günlərdə biz su hövzələrinin ətrafında qurbağaların səsküyünü az eşitməmişik. Onlar vaxtaşırı suya tullanırlar. Günəşli gündə suya nisbətən quruda temperatur xeyli yüksək olur. Çimərlikdə qum ayağımızı yandırdığı halda suya girdikdə əvvəlcə ani vaxtda üşüyürük. Lakin bu hal tez aradan qalxır. Bizim bədəniniz kifayət qədər böyük olduğundan gec soyuyur. Bundan əlavə, biz istiqanlılara aidik və xarici mühitdən asılı olmadan bədən temperaturumuz sabit qalır. Qurbağa soyuqqanlılara aiddir. Onların bədən temperaturu xarici mühitdən asılıdır. İkinci səbəb quruda qurbağanın bədən temperaturunun xarici mühitə nisbətən təqribən 10 °C az olmasıdır. Onların dərisi həmişə rütubətli olur, ondan su filtr kağızından keçən kimi xaric olur, buxarlanır. 1 l su buxarlandıqda 580 kkal istilik sərf olunur. Ona görə də qurbağanın bədəni ətraf mühitə nisbətən soyuq olur və onlar suda özlərini rahat hiss edirlər. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, onlar suda çox qalmırlar və suya dərilərini islatmaq üçün girirlər.

Həlli 89.



Hidrogenin yanma reaksiyasının tənliyi:



$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ q/mol}$$

57,8 kkal enerji almaq üçün 2 q (H₂) yandırmaq lazımdır

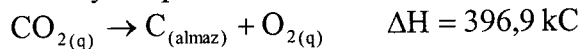
$$4,05 \cdot 10^7 \text{ kkal} \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{4,05 \cdot 10^7 \text{ kkal} \cdot 2q}{57,8 \text{ kkal}} = \frac{91,0 \cdot 10^6}{57,8} = 1574400 q = 1,5744 \text{ ton (H}_2\text{)}.$$

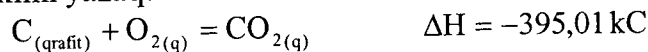
Göründüyü kimi, nüvə reaksiyasında kimyəvi reaksiya ilə müqayisə edilməyəcək dərəcədə çox enerji ayrılır.

Həlli 90. Nüvə reaksiyalarının entalpiyası çox böyük olduğundan c) $\Delta H = -1,7 \cdot 10^6$ kkal yazmaq olar. UF_6 -nın maye haldan qaz halına keçməsi üçün enerji udulur a) $\Delta H = +7,2$ kkal. Uranın flüorla reaksiyası ekzotermik reaksiyadır b) $\Delta H = -505$ kkal.

Həlli 91. Birinci tənliyin əksini yazaq:



İkinci tənliyi olduğu kimi yazaq:



Yekun tənlik



Qrafitin almaza çevrilməsi istilik udulması ilə gedir. Lakin bu (1,89 kC) yanma reaksiyasının entalpiyası ilə müqayisədə kiçikdir. Ona görə də qrafitin almaza çevrilməsi prosesində çətinlik enerji effekti ilə əlaqədar deyil. Almaz qrafitə və karbonun digər modifikasiyalarına (karbin, fulleron) nisbətən atomları daha sıx olan formadır. Le-Şatelye prinsipinə əsasən təzyiqli artırıqda qrafitə nisbətən almazın davamlılığı artır. Ona görə də qrafitin almaza çevrilməsi 2000 °C-də, 10^5 atm. təzyiqdə həyata keçirilir.

Həlli 92. Soyuqqanlı heyvanlardan fərqli olaraq, istiqanlı heyvanların orqanizmi böyük olduqca onlarda maddələrin mübadiləsinin sürəti artır və orqanizminin daha çox qızması təhlükəsi artır. Ona görə də quruda yaşayan məməli heyvanlar nəsliləri kəsilmiş nəhəng reptililər (kərtənkəllər və s.) böyüklükdə ola bilməzlər. Ekvatora yaxın sulara da kifayət qədər qida olmasına baxmayaraq nəhəng balinalar Arktika və Antraktidanın soyuq sularında yaşaya bilirlər. Onlar heç vaxt isti sulara yaxınlaşmırlar. Onu da qeyd etmək maraqlıdır ki, balinalar suyun altına keçdikdə özləri ilə oksigen ehtiyatını ağ ciyərlərində, yaxud qan və əzələlərində götürür. Həmin oksigen ehtiyatı orqanizmin kütləsinə mütənasib olur. Ehtiyat oksigenin çox hissəsi homioqlobin və mioqlobinlə kimyəvi birləşmə formasında olur.

Həlli 93.

$$\frac{\text{uranın parçalanma enerjisi}}{\text{kömürün yanma istiliyi}} = \frac{1 \cdot 10^{13} \text{ kal} / 500q}{5 \cdot 10^6 \text{ kal} / 500q} = 2 \cdot 10^6 = 2000000 \text{ dəfə.}$$

Həlli 94. Reaksiyanın sürətinin reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılıqlarından asılılığını aşağıdakı formulla ifadə etmək olar: $v = kC_{(A)} \cdot C_{(B)}^2$

k-reaksiyanın sürət sabitidir. Fərz edək ki, maddələrin ilkin qatılıqları $C_{(A)} = a \text{ mol} / \ell$, $C_{(B)} = b \text{ mol} / \ell$. Bu zaman reaksiyanın sürəti: $v_1 = kab^2$ olar.

Maddələrin qatılıqlarını 2 dəfə artırıqda $C_{(A)} = 2 \text{ mol} / \ell$, $C_{(B)} = 2 \text{ mol} / \ell$ olur.

Reaksiyanın sürəti: $v_2 = k2a(2b)^2 = 8kab^2$ olur.

$$\text{Sürətin artması: } \frac{v_2}{v_1} = \frac{8kab^2}{kab^2} = 8.$$

Həlli 95. Reaksiya tənliyi: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$

$$\text{Reaksiyaya daxil olan xlorun miqdarı: } \frac{0,5 \cdot 40}{100} = 0,2 \text{ mol.}$$

Reaksiya tənliyinə əsasən həmin miqdarda (0,2 mol) hidrogen sərf olunur və ondan iki dəfə çox (0,4 mol) hidrogen-xlorid əmələ gəlir. Uyğun olaraq hidrogen və xlorun sərf olunmamış hissələri: $1 - 0,2 = 0,8 \text{ mol} / \ell$ (H_2), $0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ mol} / \ell$ (Cl_2).

Xlorun 40 %-i reaksiyaya daxil olduğdan sonra qabda $0,8 \text{ mol} / \ell$ hidrogen, $0,3 \text{ mol} / \ell$ xlor qalır və $0,4 \text{ mol} / \ell$ hidrogen-xlorid əmələ gəlir.

Həlli 96. Hər $10 \text{ }^\circ\text{C}$ -də reaksiyanın sürəti 3 dəfə artdığından temperaturu $50 \text{ }^\circ\text{C}$ artırıqda

reaksiyanın sürəti 243 dəfə ($3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 3^5$) artar. Reaksiyanın sürətinin temperaturdan asılılığı ümumi şəkildə

$$v_{(\text{son})} = v_{(\text{ilkin})} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

Vant-Hoff formulu ilə ifadə edilir. Reaksiyanın ilkin temperaturu $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatur əmsalının $\gamma=2$, ilkin sürətini $v_{\text{ilkin}}=1$ olduğunu qəbul etsək, temperaturu hər $10 \text{ }^\circ\text{C}$ artırıqda reaksiyanın sürəti aşağıdakı kimi artır:

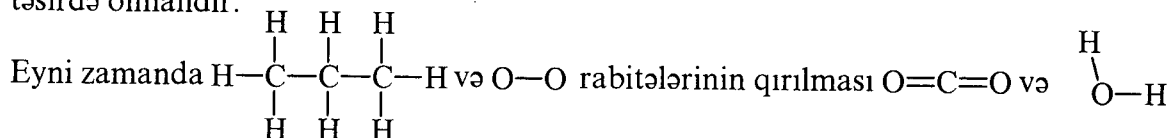
$$\begin{array}{c}
 v_{20^\circ} = 1 \\
 \begin{array}{c}
 \downarrow \text{ədədi silsilə} \\
 v_{30^\circ} = 1 \cdot 2^{\frac{30-20}{10}} = 2^1 = 2 \\
 v_{40^\circ} = 1 \cdot 2^{\frac{40-20}{10}} = 2^2 = 4 \\
 v_{50^\circ} = 1 \cdot 2^{\frac{50-20}{10}} = 2^3 = 8 \\
 v_{60^\circ} = 1 \cdot 2^{\frac{60-20}{10}} = 2^4 = 16 \\
 \hline
 v_{120^\circ} = 1 \cdot 2^{\frac{120-20}{10}} = 2^{10} = 1024 \\
 \downarrow \text{həndəsi silsilə}
 \end{array}
 \end{array}$$

(Siz yuxarı siniflərdə riyaziyyat kursunda ədədi və həndəsi silsilə haqqında ətraflı məlumat alacaqsınız).

Həlli 97. Yüksək dağ zirvələrində hava seyrək olduğundan dəniz səviyyəsinə nisbətən təzyiq aşağıdır. Ona görə də orada su $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -dən aşağı temperaturda qaynayır. Temperatur aşağı olduqca yumurtanı təşkil edən zülal molekulları denaturasiyaya uğramaq (yemək üçün yararlı hala düşməsi) üçün kifayət qədər enerji ala bilmirlər. Suyun qaynamasına baxmayaraq həmin şəraitdə yumurtanı bişirmək üçün bir qədər çox vaxt tələb olunur.

Həlli 98. Birinci diaqramda reaksiya məhsullarının enerjisi reaksiyaya daxil olan maddələrin enerjisindən çoxdur. Ona görə də reaksiya enerjinin udulması ilə gedir. Başqa sözlə desək, endotermik reaksiyadır. İkinci diaqramda isə əksinədir, reaksiya məhsullarının enerjisi reaksiyaya daxil olan maddələrin enerjisindən azdır. Reaksiyanın gedişində həmin enerjilərin fərqi qədər enerji ayrılır. Reaksiya ekzotermik reaksiyadır.

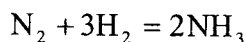
Həlli 99. Reaksiya tənliyinə əsasən eyni zamanda altı hissəcik ($1 \text{ C}_3\text{H}_8$ və 5 O_2) qarşılıqlı təsirdə olmalıdır.



rabitələrinin əmələ gəlmə ehtimalı azdır. Deməli, həmin tənlik reaksiyanın mexanizmini əks etdirmir, yalnız ilkin maddələri və son məhsulları göstərir.

Həlli 100. Yanan şamı sıxılmış hava olan şəraitdə yerləşdirməklə, alovuna oksigen verməklə, şamın parafininə yanarkən oksigen ayrılan maddələr əlavə etməklə və yanma reaksiyasını sürətləndirən katalizator tətbiq etməklə şamın yanma reaksiyasını sürətləndirmək olar.

Həlli 101.



Reaksiya tənliyinə əsasən 2 mol NH_3 əmələ gəlməsi üçün 1 mol N_2 və 3 mol H_2 sərf olunur. 4 mol NH_3 əmələ gəlməsi üçün x mol N_2 və y mol H_2 sərf olunur.

$$x = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol } \text{N}_2; \quad y = \frac{4 \cdot 3}{2} = 6 \text{ mol } \text{H}_2$$

N_2 və H_2 qalan miqdarı; $4 - 2 = 2 \text{ mol } (\text{H}_2)$; $8 - 6 = 2 \text{ mol } (\text{N}_2)$ edir.

Tarazlıq yaranmamışdan əvvəl qabda $12 \text{ mol}/\ell$, tarazlıq yarandıqdan sonra $8 \text{ mol}/\ell$ [$2(\text{N}_2) + 2(\text{H}_2) + 4(\text{NH}_3) = 8$] qazlar qarışığı olmuşdur. Göründüyü kimi, həcm azalmışdır. Deməli, qabda təzyiq $0,67$ ($8/12 \approx 0,67$) dəfə azalmışdır.

Həlli 102. Dönən reaksiyalarda təzyiqli artırıqda tarazlıq həcmi azalması istiqamətinə yönəlir (qaz halındakı maddələrin əmsalları həcmələrinə bərabərdir). Birinci reaksiyada həcm dəyişmədiyindən təzyiqli dəyişməsi tarazlığa təsir etmir. İkinci ($2+1>2$) və üçüncü ($1+1>1$) reaksiyalarda təzyiqli artırıqda tarazlıq sağa, dördüncü reaksiyada ($0 < 1$) isə sola yönəlir. Temperaturu artırıqda birinci və dördüncü reaksiyalarda tarazlıq sağa, ikinci və üçüncü reaksiyalarda isə sola doğru yönəlir.

Həlli 103.



Məsələnin şərtinə əsasən $k = \frac{1}{64}$. Fərz edək ki, x mol HI parçalanmışdır. Onda uyğun olaraq $0,5x$ mol H_2 və $0,5x$ mol I_2 əmələ gəlir, $(2-x)$ mol HI qalır. Bunları (1) tənliyində nəzərə alaq:

$$\begin{aligned} \frac{1}{64} &= \frac{0,5x \cdot 0,5x}{(2-x)^2} = \frac{0,25x^2}{(2-x)^2} \\ 64 \cdot 0,25x^2 &= (2-x)^2 \\ 16x^2 &= 4 - 4x + x^2 \\ 15x^2 + 4x - 4 &= 0 \\ x_{1,2} &= \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 240}}{30} = \frac{-4 \pm 16}{30} \\ x_1 &= \frac{-4 + 16}{30} = 0,4 \end{aligned}$$

Deməli, $0,4$ mol HI parçalanmışdır. Reaksiya tənliyinə əsasən 2 mol HI-dan 1 mol H_2 əmələ gəlir, $0,4$ mol HI-dan isə $0,2$ mol H_2 əmələ gəlir.

Həlli 104. Qrafikdə 30 saniyəyə uyğun nöqtədən sürət əyrisinə toxunan çəkilmişdir. Həmin toxunan bucağının tangensini (bucaq əmsalını) yəni 30 saniyə sonra sürətini tapırıq:

$$\text{Toxunan bucağın tangensi} = \frac{43}{40} = 1,075 \text{ mol}/(\text{dm}^3 \cdot \text{san}).$$

Həlli 105. Kibrit çöpünü kibrit qutusunun yaxmasına sürtdükdə kibrit yanır. Kibrit çöpünü kibritin qutusuna sürtdükdə ayrılan istilik həmin yanma reaksiyalarından birinin baş verməsi üçün tələb olunan aktivləşmə enerjisi üçün kifayət edir. Şam düzəldilən maddə (əsasən parafin) belə xassəyə malik deyil. Şamın fitilinin sürtünməsindən alınan enerji onun yanma reaksiyalarının qarşısını alan enerji baryerini aradan qaldırmağa kifayət etmir. Ona görə də şamın yanması üçün kənardan istilik enerjisi verilməlidir. Həmin enerji yanan kibrit çöpünün enerjisidir.

Həlli 106. $1,5 \text{ kq} = 1500 \text{ q}$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 5 \text{ q həll olan maddə var} \\ 1500 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1500 \cdot 5}{100} = 75 \text{ q.}$$

Məsələnin şərtində həll olan maddənin adı göstərilməyib. Həmin maddənin nisbi molekulyar kütləsi 750 -dən böyük olarsa, onun $0,1$ molu 75 -dən böyük olar və 1 l məhlulda həll olan maddənin kütləsi çox olar. Əksinə, həmin maddənin nisbi molekulyar kütləsi 750 -dən kiçik olarsa, $1,5 \text{ kq}$ məhlulda həll olan maddənin kütləsi çox olar. Deməli, məsələnin konkret həlli yoxdur.

Həlli 107. 2 l məhlulda olan NaOH-ın molları sayı:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ l ----- } 5 \text{ mol (NaOH)} \\ 2 \text{ l ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 10 \text{ mol (NaOH)}$$

3 l məhlulda olan NaOH-ın molları sayı:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ l ----- } 8 \text{ mol (NaOH)} \\ 3 \text{ l ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 24 \text{ mol (NaOH)}$$

NaOH-ın mollarının cəmi: $10 + 24 = 34 \text{ mol}$. Qarışdırdıqdan sonra məhlulun həcmi:

$2\ell + 3\ell = 5\ell$. Qarışdırıldıqdan sonra alınan məhlulun molyar qatılığı:

$$\left. \begin{array}{l} 5 \ell\text{-də} \text{-----} 34 \text{ mol NaOH var} \\ 1 \ell\text{-də} \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1 \cdot 34}{5} = 6,8 \text{ mol}/\ell.$$

Lakin bu məsələnin dəqiq həlli deyil. Ona görə ki, məsələnin şərtində məhlulları qarışdırıldıqda alınan məhlulun həcmi göstərilməyib. Əgər məhlulun həcmi 5 l olardısı, məsələnin həlli yuxarıdakı kimi olardı. Məhlulun həcmi 5 l-dən fərqli olduqda bizim tapdığımız cavab səhv olardı.

Həlli 108. Məhlulun kütləsi:

$$m = \rho \cdot V = 1,14 \text{ kq}/\ell \cdot 1 \ell = 1,14 \text{ kq} = 1140 \text{ q}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 15 \text{ q KOH var} \\ 1140 \text{ q -----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1140 \cdot 15}{100} = 171 \text{ q KOH.}$$

Suyun kütləsi: $1140 - 171 = 969 \text{ q H}_2\text{O}$. Suyun sıxlığını $1 \text{ q}/\text{sm}^3$ hesab edərək həcmi

$$\text{hesablayaq: } V = \frac{m}{\rho} = \frac{969 \text{ q}}{1 \text{ q}/\text{sm}^3} = 969 \text{ sm}^3 = 969 \text{ ml.}$$

Həlli 109. Məhlulun kütləsi: $m = 1000 \cdot 1,33 = 1330 \text{ q}$. 1330 q məhlulda olan KOH-ın kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 30 \text{ q KOH var} \\ 1330 \text{ q -----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1330 \cdot 30}{100} = 399 \text{ q KOH.}$$

Fərz edək ki, məhlula $x \text{ q}$ su əlavə etmişik. Onda məhlulun kütləsi $(1330+x) \text{ q}$ olar.

$$\left. \begin{array}{l} (1330+x) \text{ q məhlulda -----} 399 \text{ q KOH var} \\ 100 \text{ q məhlulda -----} 15 \text{ q KOH var} \end{array} \right\} \Rightarrow x = 1330 \text{ q H}_2\text{O}$$

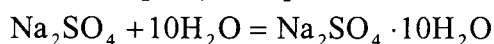
Deməli, $x = 1330 \text{ q H}_2\text{O}$ əlavə etmək lazımdır. Məsələnin həllinin doğruluğunu yoxlayaq.

Su əlavə edildikdən sonra məhlulun kütləsi: $1330 + 1330 = 2660 \text{ q}$.

Məhlulun faizlə qatılığı:

$$\left. \begin{array}{l} 2660 \text{ q məhlulda -----} 399 \text{ q KOH var} \\ 100 \text{ q məhlulda -----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{100 \cdot 399}{2660} = 15 \text{ \%}.$$

Həlli 110. Maqnezium-sulfat məhlulunun buxarlanmasından ayrılan su natrium-sulfat tərəfindən tutulur, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratı alınır:



$$\left. \begin{array}{l} 142 \text{ -----} 180 \\ 20 \text{ -----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 25,35 \text{ q H}_2\text{O}.$$

400 q maqnezium-sulfat məhlulunda olan duzun və suyun kütləsi:

$$100 (\text{H}_2\text{O}) + 35,5 (\text{MgSO}_4) = 135,5 \text{ q məhlul.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 135,5 \text{ q məhlulda } 35,5 \text{ q MgSO}_4 \text{ var} \\ 400 \text{ q -----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{400 \cdot 35,5}{135,5} = 104,8 \text{ q MgSO}_4.$$

$$400 - 104,8 = 295,2 \text{ q H}_2\text{O}.$$

Məhlulda qalan suyun kütləsi: $295,2 - 25,35 = 269,85 \text{ q}$.

Fərz edək ki, $x \text{ q MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ çöküntü şəklində ayrılır:

$$246 (\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \text{ -----} 120 (\text{MgSO}_4)$$

$$x \text{ -----} n_1$$

$$n_1 = \frac{120x}{246} = 0,488 x \text{ MgSO}_4 \text{ kristalhidratın tərkibinə keçir.}$$

$$246 (\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \text{ -----} 126 (\text{H}_2\text{O})$$

$$x \text{ -----} n_2$$

$$n_2 = \frac{126x}{246} = 0,5122 x \text{ H}_2\text{O kristalhidratın tərkibinə keçir.}$$

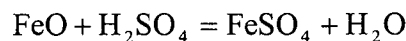
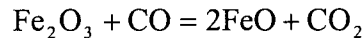
Məhlulda qalan MgSO_4 ($104,8 - 0,488x$). Məhluldakı suyun kütləsi ($269,85 - 0,5122x$).

Bunlara əsasən aşağıdakı tənəsübü qurmaq olar:

$$\left. \begin{array}{l} (269,85-0,5122x) \text{ q suda} \text{ --- } (104,8-0,488x) \text{ q MgSO}_4 \text{ həll olur} \\ 100 \text{ q suda} \text{ --- } 35,5 \text{ q MgSO}_4 \text{ həll olur} \end{array} \right\} \Rightarrow x = 29,4 \text{ q}$$

$x = 29,4 \text{ q MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ çöküntü şəklində ayrılır.

Həlli 111. Reaksiya tənlikləri:



$$\left. \begin{array}{l} 160 (\text{Fe}_2\text{O}_3) \text{ ----- } 144 (2\text{FeO}) \\ 8 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{8 \cdot 144}{160} = 7,2 \text{ q } (2\text{FeO}).$$

$$\left. \begin{array}{l} 72 (\text{FeO}) \text{ ----- } 98 (\text{H}_2\text{SO}_4) \\ 7,2 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{7,2 \cdot 98}{72} = 9,8 \text{ q } (\text{H}_2\text{SO}_4).$$

$$\left. \begin{array}{l} 24,8 \text{ q } (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } 100 \text{ məhluldadır} \\ 9,8 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{9,8 \cdot 100}{24,5} = 40 \text{ q məhlul.}$$

Alınan FeSO_4 -ün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 72 (\text{FeO}) \text{ ----- } 152 (\text{FeSO}_4) \\ 7,2 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{7,2 \cdot 152}{72} = 15,2 \text{ q } (\text{FeSO}_4).$$

Dəmir 2-oksidi həll etdikdən sonra məhlulun kütləsi: $7,2 + 40 = 47,2 \text{ q}$. Məhluldakı suyun kütləsi: $47,2 - 15,2 = 32 \text{ q}$. Fərz edək ki, soyutduqda $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kristalhidratı çökmüşdür. $x \text{ q FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -da olan FeSO_4 və H_2O -un kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 278 (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \text{ ----- } 152 (\text{FeSO}_4) \\ x \text{ ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = \frac{152x}{278} = 0,5468x (\text{FeSO}_4).$$

$$\left. \begin{array}{l} 278 (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \text{ ----- } 126 (7\text{H}_2\text{O}) \\ x \text{ ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = \frac{126x}{278} = 0,4532x (\text{H}_2\text{O}).$$

Məsələnin şərtinə əsasən $86,4 \text{ q}$ suda $13,6 \text{ q FeSO}_4$ ($100-13,6=86,4$) həll olur. Buna əsasən aşağıdakı tənəsübü qurmaq olar:

$$\left. \begin{array}{l} (32 - 0,4532x) \text{ q suda} \text{ ----- } (15,2 - 0,5468x) \text{ q FeSO}_4 \text{ həll olur} \\ 86,4 \text{ q suda} \text{ ----- } 13,6 \text{ q FeSO}_4 \text{ həll olur} \end{array} \right\} \Rightarrow x = 21,4 \text{ q FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}.$$

Həlli 112. Mütləq mənada suda həll olmayan maddə yoxdur. Bizim təcrübədən aydın olur ki, şüşə çox az da olsa suda həll olur. Şüşə qələvi və qələvi-torpaq metallarının silikatlarından ibarətdir. Onların suda həll olması nəticəsində qələvi mühit yaranır. Qələvilər fenolfaleini moruğu rəngə boyayır. Biz gündəlik praktikada bunu son dərəcədə az olduğuna görə nəzərə almırıq. Lakin dəqiq kimyəvi analizlərdə bunu nəzərə almaq lazım gəlir və təcrübəni aparmaq üçün başqa materiallardan hazırlanan cihazlardan (qablardan) istifadə edilir.

Həlli 113. Məhlulun 1 l-nin kütləsi:

$$m = 1000 \text{ sm}^3 \cdot 1 \text{ q/sm}^3 = 1000 \text{ q}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 3 \\ 1000 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 3}{100} = 30 \text{ q sirkə turşusu } (\text{CH}_3\text{COOH}).$$

30 q sirkə turşusu nə qədər 9% -li məhlulda olduğunu tapmaq:

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ q } (\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ ----- } 100 \text{ q məhluldadır} \\ 30 \text{ q } (\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{30 \cdot 100}{9} = 333,3 \text{ q məhlul.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 1 \text{ q xörək duzu var} \\ 1000 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 1}{100} = 10 \text{ q xörək duzu var.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 10 \text{ q şəkər var} \\ 1000 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 10}{100} = 100 \text{ q şəkər.}$$

Deməli, ev şəraitində məsələnin şərtində göstərilən qatılıqlı marinad hazırlamaq üçün 1

litirlik qaba əvvəlcə 333 qram 9 %-li sirkə turşusu tökməli (bunun üçün 100 qramlıq stəkandan istifadə etmək olar), sonra 1/3 xörək qaşığı xörək duzu və üç xörək qaşığı şəkər tozu tökməli, bir qədər suda həll etməli və 1 litrlik işarəsinə qədər qaynamış su əlavə etmək lazımdır.

Həlli 114. 1 l məhlulun kütləsi:

$$m = 1000 \text{ sm}^3 \cdot 1 \text{ q/sm}^3 = 1000 \text{ q}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 6 \text{ q sirkə turşusu } \text{CH}_3\text{COOH var} \\ 1000 \text{ q } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 6}{100} = 60 \text{ q (CH}_3\text{COOH)}.$$

$$\left. \begin{array}{l} 9 \text{ q (CH}_3\text{COOH) } \text{-----} 100 \text{ q məhluldadır} \\ 60 \text{ q (CH}_3\text{COOH) } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{60 \cdot 100}{9} = 666,6 \text{ q məhlul.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ q məhlulda } 6 \text{ q NaCl var} \\ 1000 \text{ q } \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{1000 \cdot 6}{100} = 60 \text{ q NaCl.}$$

$666,6 + 60 = 726,6$. Ev şəraitində tərkibində 6 % CH_3COOH və 6 % NaCl olan məhlul hazırlamaq üçün 1 litrlik qaba təqribən 667 q 9 %-li sirkə turşusu məhlulu və iki xörək qaşığı xörək duzu əlavə etməli və litrlik işarəsinə qədər qaynamış su əlavə etmək lazımdır.

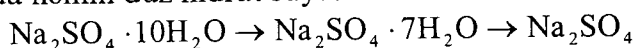
Həlli 115. Maddə yaxud qarşılıqlı təsirdə olan maddələr kimyəvi sistem adlanır. Məsələn, şəkərin suda məhlulu kimyəvi sistemdir. Deməli, məhlul kimyəvi birləşmə deyil, kimyəvi sistemdir.

Həlli 116. Havanı ona görə məhlul hesab etmək olar ki, onu təşkil edən maddələrin səth ayrıcı yoxdur, homogen sistemdir. Onu təşkil edən maddələrin (oksigen, azot və s.) hər biri öz xassələrini saxlayırlar və onları fiziki üsullarla bir-birindən ayırmaq olur. Bunlar qarışıqları xarakterizə edən əlamətlərdir.

Həlli 117. Saf həllediciyə nisbətən məhlulun donma temperaturu aşağı olur. Qışda buz bağlamış yollara NaCl tökdükdə, buz əriyir. Bu yolla buzun ərimə temperaturunu $-21,1 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə qədər aşağı salmaq olur. Duz tökdükdə buzdakı suyun bir hissəsi duzun həllolmasına sərf olunur, buz əriyir. Yolda qəza təhlükəsi aradan qalxır. Məhlulun donma temperaturunun həllediciyə nisbətən aşağı düşməsinin səbəbi həll olan maddənin həlledicinin normal donmasını pozmasıdır. Saf həllediciyə nisbətən məhlulda və onun səthində həllolan maddənin hissəcikləri var. Həmin hissəciklər məhlulun səthindən qaz halına keçən həlledici molekullarının sayını azaldır, buxarlanma az olur. Buxarlanma az olduqca su buxarının bərk hala keçməsi (donması) sürəti az olur, bunların arasında tarazlıq aşağı temperaturda yaranır. Lakin, yollardakı buz bu üsulla $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ -yə çatana qədər əritmək olur. Bundan aşağı temperaturda duzdan (NaCl) istifadə etmək olmaz. Ona görə ki, əmələ gələn məhlul özü donur. Kalsium-xloriddən istifadə etdikdə daha aşağı temperatur ($-55 \text{ }^\circ\text{C}$) almaq olur.

Həlli 118. Heç biri. İlk baxışda bu cavabı bizim çoxlarımız səhv hesab edərik və deyər bilərik ki, şəkər kristal halında və məhlulda şirindir. Bunu kim təcrübədən keçirmişdir? Dilimizin üzərini təmiz dəsmalla silək və onun üzərinə bir şəkər parçası qoyaq. Şəkərin şirin dadını hiss etmirik. Şirin dad o vaxt hiss edilir ki, ağız suyu şəkəri həll etsin, məhlul əmələ gəlsin. Deməli, şirin dad şəkər kristalının deyil, onun hidratlaşmış (su molekulları ilə əhatə olunmuş) molekullarının xassəsidir. Şəkər məhlulda ərimə temperaturundan xeyli aşağı temperaturda maye haldadır. Məhlulda şəkər molekulları saxlanmışdır, lakin onlar bir-birindən aralı vəziyyətdədir və şəkər maddəsi yox olmuşdur. Qarışıqda onu təşkil edən maddələr saxlanır, məhlul əmələ gəldikdə maddə yox olur, lakin onu təşkil edən molekullar (ion tipli birləşmələrdə ionlar) isə saxlanır.

Həlli 119. Həmin maddələrə misal olaraq CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 və s. göstərmək olar. Temperaturu artırıqda çox vaxt onlar az hidratlaşmış formaya keçirlər. Məsələn, qızdırdıqda gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristallaşma suyunu itirir CaSO_4 -ə çevrilir. Kalsium-sulfatın suda həllolması qızdırdıqda azalır. Eyni ilə natrium-sulfatda da belə olur. Temperaturu artırıqda həmin duz hidrat suyunu itirir:



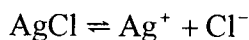
Temperaturu artırdıqda natrium-sulfatın suda həllolması artır (32 °C-yə qədər) sonra azalır.

Həlli 120. a) $[H^+][OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$ olduğuna görə $[H^+] = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{[OH^-]}$ yazmaq olar.

$$[OH^-] = 0,010 \text{ M}, \quad \text{buradan} \quad [H^+] = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{0,01} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{10^{-2}} = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ M}.$$

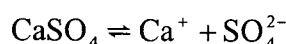
$$\text{b) } [OH^-] = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ M}; \quad [H^+] = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{2,0 \cdot 10^{-9}} = \frac{10,0 \cdot 10^{-15}}{2,0 \cdot 10^{-9}} = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

Həlli 121. Gümüş-xloridin həllolma tənliyi:



100 °C-də gümüş-xloridin həllolma hasili $HH_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,4 \cdot 10^{-4}$ -ə bərabərdir və $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-]$ olduğundan $[\text{Ag}^+] = \sqrt{1,4 \cdot 10^{-4}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$. Deməli, qaynayan suda AgCl-in həllolması $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$ -ə bərabərdir.

Həlli 122. CaSO₄-ün həllolma tənliyi:



$$HH_{\text{CaSO}_4} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = (4,9 \cdot 10^{-3})^2 = 24,0 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-5}$$

Həlli 123. 0,0200-nin onluq loqarifmi $\lg(2 \cdot 10^{-2}) = 0,301 - 2 = -1,699$. Məhlulun pH-ı hidrogen ionlarının tarazlıq qatılığının $[H^+]$ əks işarə ilə götürülən onluq loqarifminə ($-\lg = p$) bərabərdir. Deməli, məhlulun pH-ı 1,699-a bərabərdir.

Həlli 124. pH-ı 4,30 olan məhlul üçün $\lg[H^+] = -4,30$ yaxud $0,70 - 5$. 0,70-in antiloqarifmi 5,0-ə bərabərdir. -5-in antiloqarifmi 10^{-5} -ə bərabərdir. Hidrogen ionlarının qatılığı $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ -ə bərabərdir.

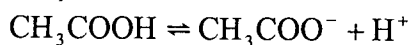
Həlli 125. Turşunun elektrolitik dissosiasiya tənliyi:



Dissosiasiya sabiti:

$$K = \frac{[H^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Tarazlıqda iştirak edən ion və molekulların ilkin və tarazlıq qatılığını yazaq. Bunun üçün hidrogen ionlarının qatılığını x-la işarə edək:



$$\text{İlkin qatılıq:} \quad 0,10 \text{ M} \quad 0 \text{ M} \quad 0 \text{ M}$$

$$\text{Tarazlıq qatılığı:} \quad (0,10 - x) \text{ M} \quad x \text{ M} \quad x \text{ M}$$

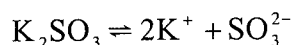
Deməli, dissosiasiyadan əvvəl turşunun ilkin qatılığı 0,1 mol/l-dir, bu zaman CH_3COO^- və H^+ ionlarının hər birinin qatılığı sıfır mol/l-dir. x mol turşu dissosiasiyaya uğrayıbsa $(0,10 - x)$ mol CH_3COOH qalır və x mol H^+ ionu və x mol CH_3COO^- ionu əmələ gəlir. Bunları tarazlıq sabitinin ifadəsində nəzərə alaq:

$$K = \frac{[H^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x \cdot x}{0,10 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}.$$

Dissosiasiya sabitinin qiymətindən görünür ki, məhlulda H^+ ionlarının qatılığı çox azdır, turşu molekullarının çox az hissəsi dissosiasiyaya uğrayıb. Ona görə də $(0,10 - x)$ əvəzinə 0,1 yazmaq olar:

$$K = \frac{x \cdot x}{0,10} = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow x^2 = 0,10(1,8 \cdot 10^{-5}) = 1,8 \cdot 10^{-6} \Rightarrow x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-6}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ M} = [H^+].$$

Həlli 126. Kalium-sulfitin dissosiasiya tənliyi:

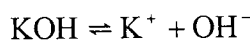


Fərz edək ki, x mol K_2SO_3 dissosiasiyaya uğrayıb. İonlara ayrılan molekulların sayının həll olan molekulların ümumi sayına olan nisbəti dissosiasiya dərəcəsi olduğunu bilərək $\frac{x}{1} = 0,75$ yazmaq olar. Buradan $x = 0,75$. Deməli, 0,75 mol K_2SO_3 dissosiasiyaya uğrayıb.

Bir mol K_2SO_3 -dən 2 mol K^+ ionu əmələ gəlir. 0,75 mol K_2SO_3 -dən 1,5 mol K^+ ionu əmələ gəlir.

Həlli 127. $[OH^-] = 0,001 \text{ mol/l}$ və $pOH = 3$. $pH + pOH = 14$ olduğundan $pH + 3 = 14$ və $pH = 14 - 3 = 11$.

Həlli 128. KOH qüvvətli elektrolitdir, ona görə duru məhlulda o tamamilə dissosiasiya edir:



Məhlulda OH^- ionlarının molyar qatılığı 10^{-2} mol/l -ə bərabərdir. H^+ ionlarının qatılığı x-la işarə edək:

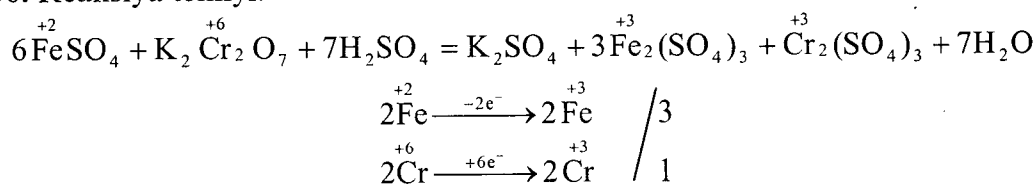
$$x \cdot 10^{-2} = 10^{-14}; \quad x = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}.$$

Deməli, 0,01 mol/l KOH məhlulunda H^+ ionlarının qatılığı 10^{-12} mol/l -ə bərabərdir. Bu

OH^- ionlarının qatılığından $\frac{10^{-2}}{10^{-12}} = 10^{10}$ dəfə azdır. Ona görə də mühit qələvi xassəlidir.

Həlli 129. $pH=7$ olan su almaq çətindir. Ona görə ki, havada olan karbon qazı suda həll olur və alınan karbonat turşusunun dissosiasiyası nəticəsində mühit çox az da olsa turşu xassəli olur.

Həlli 130. Reaksiya tənliyi:



200 ml məhlulda neçə qram $K_2Cr_2O_7$ olduğunu tapmaq. Bu reaksiyada $K_2Cr_2O_7$ -nin ekvivalentini təyin etmək üçün onun nisbi molekul kütləsini 6-ya bölmək lazımdır. Ona görə ki, oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedicinin ekvivalentini tapmaq üçün onların nisbi molekul kütləsini verilən, yaxud qəbul edilən elektronların sayına bölmək lazımdır.

$$Mr(K_2Cr_2O_7) = 294,24; \quad E_{K_2Cr_2O_7} = \frac{294,24}{6} = 49,04$$

1 N $K_2Cr_2O_7$ məhlulu 1000 ml-də 49,04 q duz olan məhluldur:

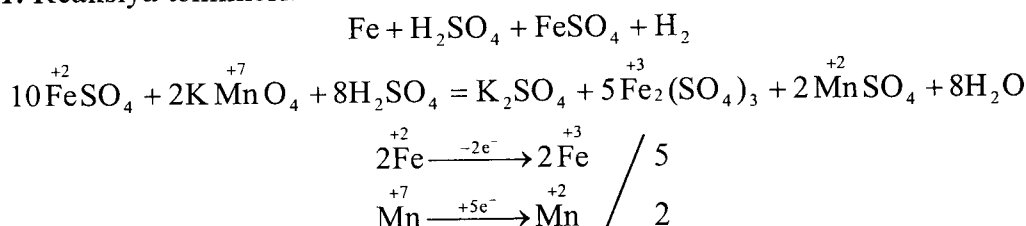
$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ N} \text{ ----- } 49,04 \\ 0,25 \text{ N} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 12,26 \text{ q } K_2Cr_2O_7$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml məhlulda } 12,26 \text{ q var} \\ 200 \text{ ml} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2,452 \text{ q } K_2Cr_2O_7$$

Reaksiya tənliyinə əsasən

$$\left. \begin{array}{l} 294,24 \text{ q } K_2Cr_2O_7 \text{ ----- } 6 \cdot 151,9 \text{ q } FeSO_4 \\ 2,452 \text{ q} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{2,452 \cdot 6 \cdot 151,9}{294,24} = 7,595 \text{ q } FeSO_4.$$

Həlli 131. Reaksiya tənlikləri:



$$Mr(\text{KMnO}_4) = 158; E_{\text{KMnO}_4} = \frac{158}{5} = 31,6$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ N KMnO}_4 \text{ ----- } 31,6 \\ 0,1 \text{ N ----- } x \\ 1000 \text{ ml məhlulda } 3,16 \text{ q var} \\ 49,7 \text{ ml ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 3,16 \text{ q KMnO}_4$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml məhlulda } 3,16 \text{ q var} \\ 49,7 \text{ ml ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,157 \text{ q KMnO}_4$$

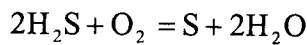
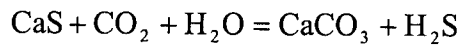
Reaksiya tənliyinə əsasən

$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot 158 \text{ q KMnO}_4 \text{ } 10 \cdot 152 \text{ q FeSO}_4 \text{ -lə reaksiyaya girir} \\ 0,157 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,755 \text{ q (FeSO}_4)$$

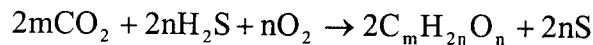
$$\begin{array}{l} \text{Fe} \longrightarrow \text{FeSO}_4 \\ 56 \text{ ----- } 152 \\ x \text{ ----- } 0,755 \end{array} \left. \right\} \Rightarrow x = 0,278 \text{ q (Fe)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,28 \text{ q-da ----- } 0,278 \\ 200 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 99,3 \% \text{ (Fe)}$$

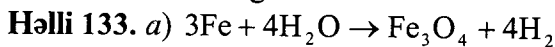
Həlli 132. Kükürdün təbiətdə dövrünün əsasını oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları təşkil edir. Havanın və suyun təsirindən sulfidli filizlər tədricən aşınır, hidrogen-sulfidə çevrilirlər:



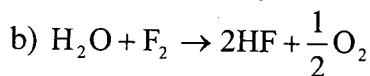
Hidrogen-sulfidin çox hissəsini kükürd bakteriyaları oksidləşdirir. Ayrılan kükürd bakteriyaların orqanizmində toplanırlar, bəzi hallarda sərbəst kükürd bakteriyasının kütləsinin 95 %-ni təşkil edir. Həmin bakteriyaların bəzi növləri hidrogen-sulfidi oksidləşdirərək üzvi maddə sintez edirlər:



Vulkan püskürməsində hidrogen-sulfidlə yanaşı kükürd qazı da ayrılır. Bunların reaksiyasından sərbəst kükürd alınır. Kükürd tədricən oksidləşir, son nəticədə sulfat turşusuna çevrilir. Bu da öz növbəsində müxtəlif süxurlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq sulfat mineralları əmələ gətirir.

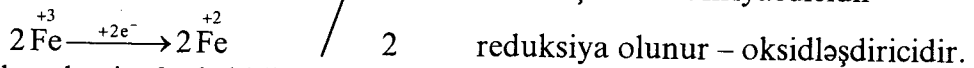
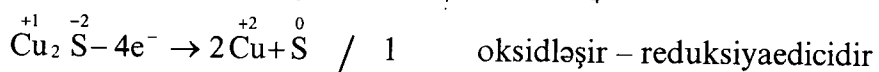
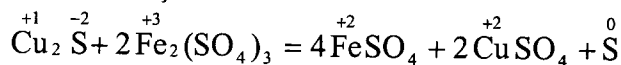


Dəmir oksidləşir, su reduksiya olunur. Deməli, su oksidləşdiricidir.

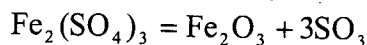
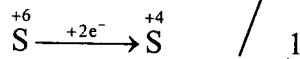
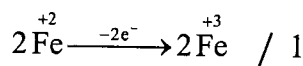
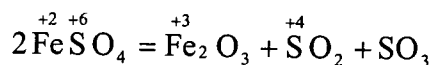


Bu reaksiyada su oksidləşir, flüor reduksiya olunur, su reduksiyaedicidir.

Həlli 134. Filizdə mis əsasən Cu_2S şəklində olur.



Həlli 135. Bərk qalıq dəmir 3-oksiddir ona görə ki, dəmirin sulfatlarının hər ikisini qızdırdıqda dəmir 3-oksit alınır:



İlkin qarışıqda sulfatların hər birinin molları sayını x -la işarə edək. Reaksiya tənliklərinə əsasən x mol FeSO_4 -dən $0,5x$ mol Fe_2O_3 və x mol $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -dən eyni miqdarda, yəni x mol Fe_2O_3 alınır. Bunların cəmi $0,5x + x = 1,5x$ mol Fe_2O_3 edir.

Deməli, $1,5x = 0,015 \Rightarrow x=0,01$. İlkin qarışıq 0,01 mol FeSO_4 və 0,01 mol $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -dən ibarətdir.

$$\text{Mr}[\text{FeSO}_4] = 152$$

$$m = 0,01 \cdot 152 = 1,52 \text{ q FeSO}_4$$

$$\text{Mr}[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = 400$$

$$m = 0,01 \cdot 400 = 4 \text{ q Fe}_2(\text{SO}_4)_3$$

Ümumi kütlə: $1,52+4=5,52$.

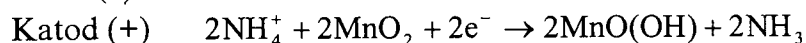
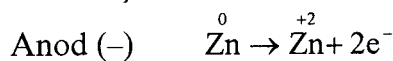
$$\frac{1,52 \cdot 100}{5,52} = 27,54 \% (\text{FeSO}_4)$$

$$\frac{4 \cdot 100}{5,52} = 72,46 \% (\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)$$

Həlli 136. Leklanşe elementində sink silindr anoddur, eyni zamanda batareyanın xarici örtüyüdür. Mərkəzdə manqan 4-oksüd və kömür qarışığından ibarət olan çubuq katoddur. Ortada az miqdarda ZnCl_2 qarışığı olan NH_4Cl , su və doldurucu maddə (diatomu torpağı) qarışığı-pasta elektrolitdir.

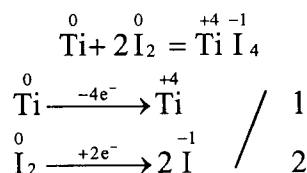
Elektrolizdən fərqli olaraq qalvanik elementlərdə mənfi yüklü elektrod anod, müsbət yüklü elektrod katod adlanır. Oksidləşmə prosesi gedən elektrod anod, reduksiya prosesi gedən elektrod katoddur. Qalvanik elementlərdə elektrik cərəyanı onda gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları hesabına alınır.

Leklanşe elementi birinci, ilkin enerji mənbəyinə aiddir. Akkumulyatordan fərqli olaraq ondan yalnız bir dəfə istifadə etmək olur. Yəni onu elektrik cərəyanı ilə doldurub yenidən istifadə etmək olmur. Leklanşe elementinin elektrodlarında aşağıdakı reaksiyalar gedir.

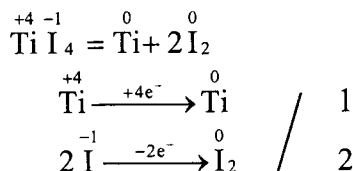


Katodda hidrogen də əmələ gəlir. MnO_2 onu suya oksidləşdirir. Əmələ gələn Zn^{2+} katodda ayrılır ammoniyakla birləşir $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ kompleks ionunu əmələ gətirir. Bu element 1,48 V-a qədər elektrik potensialı verir.

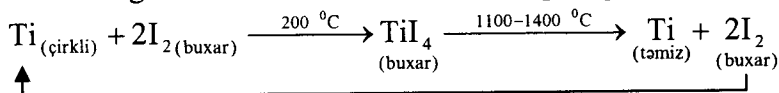
Həlli 137. Elektrik sobasında texniki titan ilə I_2 tozlarının qarışığı yerləşdirilir və hava kənar edilir. Qab elektrik cərəyanı ilə 600 °C-yə qədər qızdırılır. 200 °C-də titan yodla birləşir, TiI_4 əmələ gəlir:



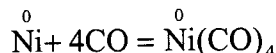
377 °C TiI_4 sublimasiyaya uğrayır. TiI_4 buxarları 1100–1400 °C-yə qədər isti titan məftilə toxunduqda parçalanır:



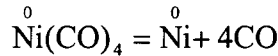
Metal titan məftilin üzərində toplanır, yod yenidən toz halında olan titanla birləşir. Bu yolla çox təmiz titan alınır. İlkin titanda olan qarışıqlar yodla birləşmir, yaxud həmin şəraitdə (377 °C-də) yodla uçucu birləşmə əmələ gətirmir. Prosesi sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar:



Həlli 138. Yüksək təmiz nikel karbonil üsulu ilə alınır. Bu üsuldə çirкли nikel karbon-monooksidlə qızdırılır:

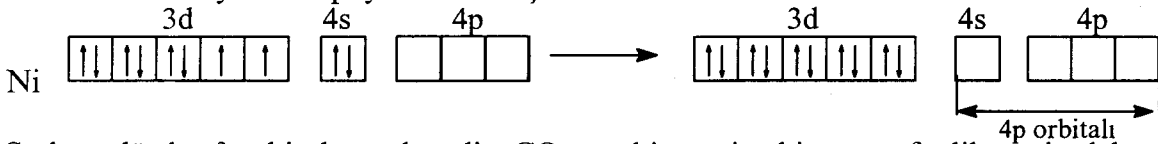


Alınan nikel-tetrakarbonil (43 °C-də qaynayır) qızdırılır, qarışıqlardan ayrılır. Sonra onu 150–200 °C-də qızdırdıqda parçalanır, təmiz nikel alınır:



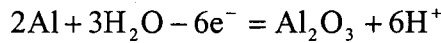
Ayrılan karbon-monooksiddən yenidən nikel-tetrakarbonil almaq üçün istifadə edilir.

Karbonillərdə metalların oksidləşmə dərəcəsi sifra bərabərdir ${}^0\text{Ni}(\text{CO})_4$, ${}^0\text{Fe}(\text{CO})_5$ və s. Ona görə də yuxarıdakı reaksiyaları oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları hesab etmək olmaz. Karbonil molekulu əmələ gəldikdə CO molekulu təsirinə nikel atomunda valent elektronlarının yenidən paylanması baş verir:



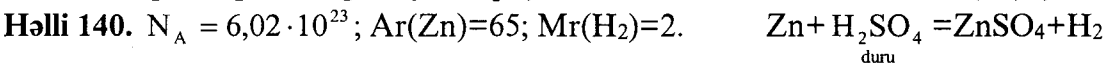
Sərbəst dörd sp^3 orbitalı əmələ gəlir. CO-nun kimyəvi rəbitəyə sərf edilməmiş elektron cütü hesabına donor-akseptor rəbitəsi yaranır.

Həlli 139. Alüminium çox fəal metaldir, lakin üzərindəki möhkəm qoruyucu oksid təbəqəsi onun bir çox maddələrlə reaksiyasının qarşısını alır. Həmin oksid təbəqəsi adi şəraitdə 0,01–0,1 mkm qalınlıqda olur. Alüminiumun karroziyaya qarşı davamlılığını artırmaq və xarici görkəmini yaxşılaşdırmaq üçün qoruyucu oksid təbəqəsini süni surətdə artırır. Bu məqsədlə alüminium detal duru (25 %-li) sulfat turşusu məhluluna salınır və anodla birləşdirilir. Anod həll olur və oksidləşməkdə davam edir. Oksid təbəqəsi 20 mkm-ə çatır. Anodda alüminium oksidləşir:

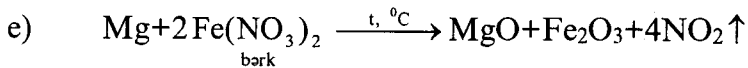
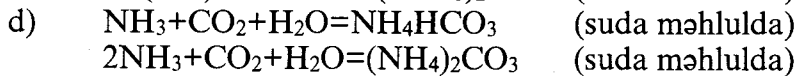
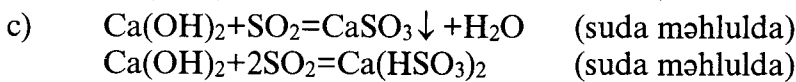
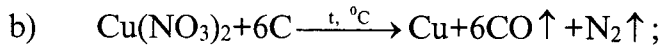
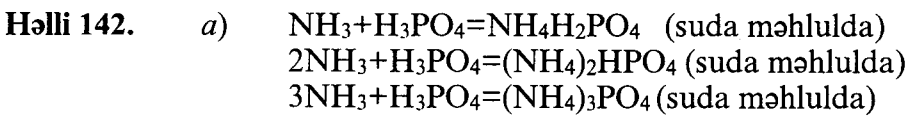
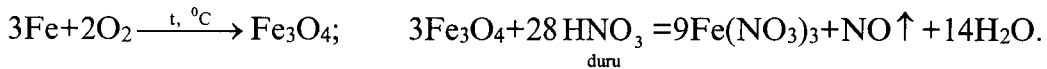
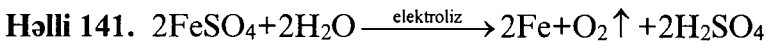


Alüminiumun parlaqlığını artırmaq üçün bu proseddən əvvəl elektrolitik cilalama həyata keçirilir (75 %-li H_3PO_4 məhlulu və CrO_3 qarışığı olan məhlula salınır və anodla birləşdirilir).

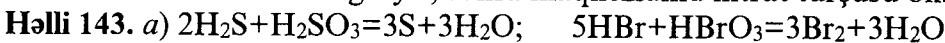
Oksid təbəqəsini qızılı rəngə boyamaq üçün trioksalat-ammonium ferratla(III) işlənir.



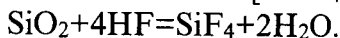
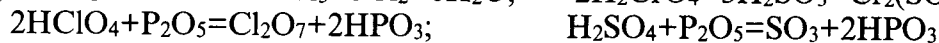
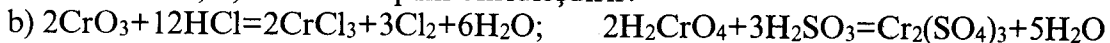
$$\left. \begin{array}{l} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom Zn} \text{ ----- } 2 \text{ q H}_2 \text{ çıxarır} \\ 6,02 \cdot 10^{22} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,2 \text{ q H}_2.$$



$4\text{Mg} + 10\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 4\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 10\text{Fe}(\text{OH})\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ suda məhlulda dəmir 2-nitrat hidrolizə uğrayır, sonra maqneziumu nitrat turşusu oksidləşdirir.



$5\text{HI} + \text{HIO}_3 = 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$; $3\text{HCl} + \text{HNO}_3 = \text{NO} + 3\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Bu reaksiyada alınan atomar xlor (Cl) nəcib metalları, o, cümlədən qızılı oksidləşdirir.



Həlli 144. Dəmiri xlorid turşusuna saldıqda FeCl_2 əmələ gəlir və H_2 ayrılır:

$\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$. Bu zaman lövhənin kütləsi azalır, sonra lövhəni CuSO_4 məhluluna saldıqda kütləsi azalır: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$. Birinci reaksiyada lövhənin kütləsinin azalmasını Δm_1 ilə ikinci reaksiyada isə Δm_2 ilə işarə edək və nəzərə alaq ki, dəmirin ilkin kütləsi m ilə müqayisədə kütləsinin artması onun səthinə çökən mislə əlaqədardır Δm_3 . Bunlara əsasən material balansını tərtib edirik:

$$\Delta m = (m - \Delta m_1) - \Delta m_2 + \Delta m_3 - m = -\Delta m_1 - \Delta m_2 + \Delta m_3; \quad \Delta m_1 = n(\text{Fe}_{(1)}) \cdot \text{Ar}(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) \cdot \text{Ar}(\text{Fe}).$$

$$\Delta m_2 = \Delta(\text{Fe}_{(2)}) \cdot \text{Ar}(\text{Fe}); \quad \Delta m_3 = n(\text{Cu}) \cdot \text{Ar}(\text{Cu}) = n(\text{Fe}_{(2)}) \cdot \text{Ar}(\text{Cu}).$$

Bu tənliklər sistemindən ikinci reaksiyada sərf olunan dəmirin molları sayını tapaq:

$$n(\text{Fe}_{(2)}) = \frac{\Delta m + n(\text{H}_2) \cdot \text{Ar}(\text{Fe})}{\text{Ar}(\text{Cu}) - \text{Ar}(\text{Fe})} = \frac{3,2 + \frac{0,56}{22,4} \cdot 56}{64 - 56} = 0,575 \text{ mol. Hər iki reaksiyada iştirak edən}$$

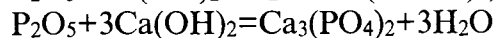
dəmirin kütləsini tapaq: $m(\text{Fe}) = [n(\text{Fe}_{(1)}) + n(\text{Fe}_{(2)})] \cdot \text{Ar}(\text{Fe}) = 0,56 : 22,4 + 0,575 \cdot 56 = 33,6$.

Bu məsələni daha asan üsulla həll etmək olar. Xlorid turşusu ilə reaksiyaya sərf olunan dəmirin kütləsi $\frac{0,56 \cdot 56}{22,4} = 1,4$ q edir. Bu kütlə azalmasını CuSO_4 -lə reaksiyadakı kütlə

artımına əlavə etməliyik ($1,4 + 3,2 = 4,6$). 8 qram [$64 (\text{Cu}) - 56 (\text{Fe}) = 8$] kütlə artımı olduqda 56 q Fe reaksiyaya girir, 4,6 q olduqda x q Fe reaksiyaya girir: $x = \frac{4,6 \cdot 56}{8} = 32,2$ q (Fe). Birlikdə

reaksiyaya girən dəmirin kütləsi $= 1,4 + 32,2 = 33,6$ q Fe.

Həlli 145. Fosforun yanma reaksiyası: $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$. Kalsium-hidroksidlə reaksiya tənlikləri:



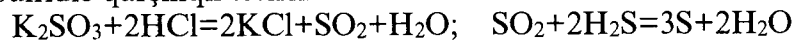
Məhluldakı $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -in və alınan P_2O_5 -in molları sayı:

$$n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = m(\text{Ca}(\text{OH})_2) : \text{Mr}[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 370 \cdot 1 \cdot 0,01 : 74 = 0,05 \text{ mol.}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,5n = 0,5m(\text{P}) : \text{Mr}(\text{P}) = 3 \cdot 1 \cdot 0,5 : 31 = 0,05 \text{ mol.}$$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ və P_2O_5 bir-birilə 1:1 olan mol nisbətində reaksiyaya girmişlər. Bu isə birinci reaksiyaya uyğun gəlir. Deməli, 0,05 mol $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ əmələ gəlmişdir. $\text{Mr}[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = 234$; $m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 234 \cdot 0,05 = 11,7$ q.

Həlli 146. Kalium-sulfidin xlorid turşusu ilə reaksiyasından alınan qaz kükürd-dioksiddir. Onun hidrogen-sulfidlə qarşılıqlı təsirindən sərbəst kükürd alınır:

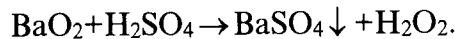


Alınan kükürdün molları sayı $n = \frac{14,4}{32} = 0,45$ mol. Reaksiya tənliyinə əsasən 3 mol kükürd

almaq üçün 1 mol SO_2 sərf olunur: $\frac{1}{3} \cdot 0,45 = 0,15$ mol SO_2 . 1 mol SO_2 almaq üçün 1 mol

K_2SO_3 sərf olunur. Deməli, 0,15 mol K_2SO_3 lazımdır. Onun kütləsi: $0,15 \cdot 158 = 23,7$ q K_2SO_3 .

Həlli 147. Reaktivlərin heç birinin xarakterik reaksiya verməməsi mayenin su olduğunu göstərir. Prosesin qeyri-tam tənliyi: $\dots + \text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Belə hesab etmək olar ki, sol tərəfdə hidrogen-peroksidin formulu çatışmır: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Sulfat turşusunun təsirindən alınan və həll olmayan çöküntü barium-sulfatdır. Deməli, ilkin maddə barium-peroksiddir:



Ozonun təsiri ilə H_2O_2 parçalandıqdan sonra məhlulda sudan başqa heç nə qalmır.

Həlli 148. Qazın normal şəraitdəki həcmi təyin edək: $V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{T_1 P_0} = \frac{750 \cdot 2,58 \cdot 273}{623 \cdot 760} = 1,12 \text{ l.}$

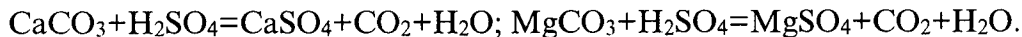
Qaz halındakı məhsullar 0,05 mol edir. Qızdırmağa qarşı davamlı maddə (B maddəsi) xloriddir. Onun məhlulundan gümüş-sulfat ammoniyakda həll olan gümüş-xloridi çökdürür. Çöküntünün bir hissəsi həll olmur, deməli, onda sulfat ionu var. Məsələnin şərtinə əsasən demək olar ki, 11,65 q çöküntü B duzundakı kationla əmələ gələn sulfatdır. Həll olmayan sulfatları yalnız ikivalentli kationlar əmələ gətirirlər. Ona görə sulfatın formulunu MeSO_4 yazmaq olar. MeCl_2 ilə Ag_2SO_4 reaksiyasından 1 mol MeSO_4 və 2 mol AgCl alınır:

$$\frac{m\text{MeSO}_4}{m\text{MeSO}_4 + 2m\text{AgCl}} = \frac{11,65}{26} \Rightarrow \frac{\text{Me} + 195}{\text{Me} + 96 + 2 \cdot 143,5} = \frac{11,65}{26} \Rightarrow \text{Me} = 137 \text{ (Ba)}. 0,05 \text{ mol qaz}$$

halında məhsullar H_2SO_4 ($\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$). $11,65:0,05=233$. Bu BaSO_4 -ün molyar kütləsinə uyğun gəlir. Reaksiya tənliyi: $\text{BaSO}_4 + 2\text{HCl} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{BaCl}_2 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Yüksək temperatur və HCl -un artıq miqdarı tarazlığı sağa yönəldir.

Həlli 149. $\text{Mr}(\text{CaCO}_3)=100$; $\text{Mr}(\text{MgCO}_3)=84$; $\text{Mr}(\text{CaSO}_4)=136$; $\text{Mr}(\text{MgSO}_4)=120$.

Reaksiya tənlikləri:



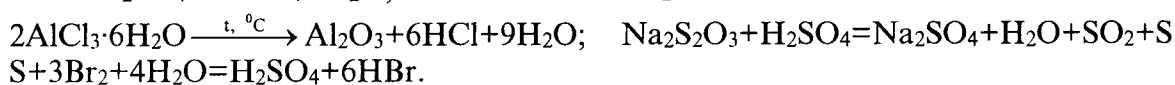
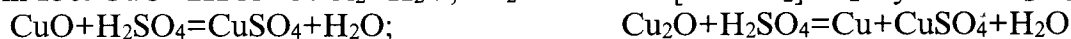
Fərz edək ki, dolomitdə x mol CaCO_3 və y mol MgCO_3 var:

$$\begin{cases} 100x + 84y = 1,2005 \\ 136x + 120y = 1,665 \end{cases}$$

Buradan $x=0,007163$ mol $\text{CaCO}_3=0,007163 \cdot 100=0,7163$ q CaCO_3 ;

$y=0,00577$ mol $\text{MgCO}_3=0,00577 \cdot 84=0,4846$ q MgCO_3 .

Həlli 150. $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}_2\text{O} + 4\text{HCl} = 2[\text{HCuCl}_2] + \text{H}_2\text{O}$ yaxud $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Həlli 151. $\text{Mr}(\text{C}_2\text{H}_6)=30$; $\text{Mr}(\text{qaz qarışığı})=\frac{30}{10}=3$. Qaz qarışığını təşkil edən qazlardan

birinin nisbi molekül kütləsi orta qiymətdən kiçik digəri böyük olmalıdır. Deməli, qarışığı təşkil edən qazlardan biri hidrogendir.

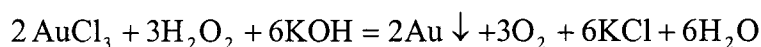
$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \text{ l } (\text{H}_2) \text{ ----- } 2 \text{ q edir} \\ 11,2 \text{ l } (\text{H}_2) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=1 \text{ q}.$$

Qarışığı təşkil edən ikinci qazın $11,2$ l-i 2 q ($3-1=2$) edir.

$$\left. \begin{array}{l} 11,2 \text{ l} \text{ ----- } 2 \\ 22,4 \text{ l} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=4 \text{ q (He)}.$$

Qaz qarışığı hidrogen və heliumdan ibarətdir.

Həlli 152.



$\text{Ar}(\text{Au})=197$.

$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot 197 \text{ (Au)} \text{ ----- } 3 \cdot 22,4 \text{ l } (\text{O}_2) \\ 5,863 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=1 \text{ l } (\text{O}_2).$$

Həlli 153. Reaksiya tənlikləri: $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

İlk baxışda qarışıqda oksidlərin hər birinin miqdarı göstərilmədiyindən məsələnin həlli olmadığını demək olar. Lakin, reaksiya tənliklərindən görünür ki, qarışıqda oksidlərin miqdarı məsələnin həllinə təsir etmir. Ona görə ki, onların hər ikisinin reaksiyasına eyni həcmdə H_2 sərf olunur. Deməli CuO və Cu_2O qarışığının 2 molunu reduksiya etmək üçün 2 mol H_2 sərf olunur.

Həlli 154. Yüksək (ulduz) temperaturda molekullar parçalanırlar. Ulduzlararası fəzada isə atomlar bir-birindən çox aralıdırlar, hidrogenin qatılığı 1 atom/ sm^3 -dir. Bunu bir-biri haqqında məlumatları olmayan iki adamın Saturn planetinə atılmasına bənzətmək olar. Yer səthi Saturnun səthindən 4 dəfə kiçikdir. 1 sm^3 yer havasında isə təqribən $3 \cdot 10^{19}$ molekül var.

Həlli 155. İstilikkeçirmə molekullar bir-birilə görüşdükdə enerjinin birindən digərinə verilməsi ilə həyata keçirilir. H_2 molekulları bir-birilə $5 \cdot 10^{-9}$ saniyə müddətində yeni saniyənin milyardda birində görüşürlər. Molekulların hərəkət sürəti yüksək olduqca istilikkeçirməsi yüksək olur. Kütləsi m olan cisim v sürəti ilə hərəkət etdikdə kinetik enerjisi

$$E = \frac{mv^2}{2} \text{-yə bərabər olur. Aydındır ki, cisimin kütləsi az olduqca sürəti böyük olur.}$$

Hidrogen molekulları yüngüldür. Ona görə də hərəkət sürəti və buna müvafiq istilikkeçirmə qabiliyyəti böyükdür.

Həlli 156. İlk baxışda cavab çox sadədir və deyəcəyik ki, su donacaq və qab partlayacaqdır. Bu nəticəyə gəlməzdən əvvəl su donduqda baş verənləri izləyək. Buzun sıxlığı suyun

sıxlığından azdır $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də $0,92\text{ q/sm}^3$ -dir və həcmi suyun həcmindən böyükdür. Donduqda 1 litr sudan $1:0,92=1,09\text{ } \ell$ buz alınır. Havadan fərqli olaraq su çox çətinliklə sıxılır və qapalı qabın daxilində çox nazik buz təbəqəsi yarandıqda təzyiq kəskin surətdə artır. Onu

$$\Delta P = \frac{\Delta V}{V_0 \beta}$$

formulu ilə hesablamaq olur. Burada ΔV sıxıldıqda suyun həcmi dəyişməsidir, V_0 sıxılmış suyun ($P=1\text{ atm.}$) həcmidir, β suyun sıxılma qabiliyyətidir və $5 \cdot 10^{-5}\text{ atm}^{-1}$ -ə bərabərdir. Bu onu göstərir ki, təzyiqi 1 atmosfer artırıqda suyun həcmi əvvəlki həcmi yüz mində biri qədər sıxılır. Fərz edək ki, $10\text{ } \ell$ sudan x litri donmuşdur. x litr donan sudan $1,09x\text{ } \ell$ buz alınır. Təzyiq altında olan suyun həcmi $(10-1,09x)\text{ } \ell$ olur. Suyun həcmi dəyişməsi $\Delta V=(10-x)-(10-1,09x)=0,09x\text{ } \ell$ olur. Bunları yuxarıdakı formulda

$$\text{yerinə yazaq: } P = \frac{0,09x}{(10-x) \cdot 5 \cdot 10^{-5}} = \frac{2000x}{10-x} \text{ atm. alırıq. Suyun } 1\% \text{-i yəni } 0,1 \text{ litri donduqda}$$

qabın daxili divarında $0,5\text{ mm}$ qalınlığında buz əmələ gəlir. Bu kiçik buz təbəqəsi

$$P = \frac{2000x}{10-x} = \frac{2000 \cdot 0,1}{10-0,1} = \frac{200}{9,9} \approx 20 \text{ atm. təzyiq yaradır. Suyun } 99\% \text{-i (} x=9,9\text{ } \ell) \text{ donduqda}$$

$$P = \frac{2000 \cdot 9,9}{10-9,9} = \frac{19800}{0,1} = 198000 \text{ atm. Əslində belə təzyiqi almaq olmur. Təzyiq artdıqca}$$

bizim formul «işləmir». Çox yüksək təzyiqdə buzun kristal (heksaqonal forma) forması dəyişilir, buz-I daha sıx formaya (tetraqonal formaya) buz-III-ə çevrilir. Bu proses 2060 atm. təzyiqdə $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ -də baş verir. Alınan buz-III suda batır. Onu da qeyd edək ki, hazırda buzun şəkildəyişməsi alınmışdır. Antraktidada buz təbəqəsinin qalınlığı 4 km -ə çatır. Deməli, təbii şəraitdə yalnız buz-I mövcud ola bilər.

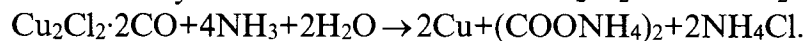
Həlli 157. Topun diametrini 25 sm hesab edək onu 100000 dəfə artıraraq. Ona görə ki, atomun diametri nüvənin diametrindən 100000 dəfə böyükdür. $25\text{ sm} \cdot 100000 = 2500000 = 25\text{ km}$. Diametri 25 km olan futbol stadionu yoxdur və nüvəyə müvafiq böyüdülmüş hidrogen atomu (əlbəttə fikrimizdə) futbol stadionuna yerləşməzdi.

Həlli 158. Dövri sistem cədvəlində texnesium Tc, astat At, fransium Fr, prometium Pm və protaktiniumdan Pa başqa uran U (92) olan elementlər $92-5=87$ yerdə tapılmışdır.

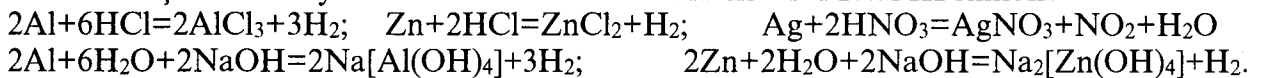
Həlli 159. a) CO_2 qələvi məhlulu ilə udulur: $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

b) C_2H_4 bromlu su ilə tutulur: $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$.

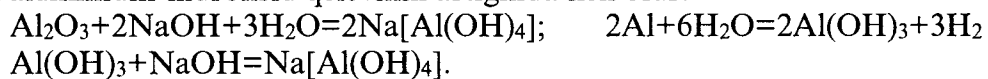
c) CO mis I-xloridin ammoniyakda məhlulu ilə tutulur: $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + 2\text{CO} = \text{Cu}_2\text{Cl}_2 \cdot 2\text{CO}$.



Həlli 160. Metal I gümüşdür. Bu mis və civə ola bilməz. Ona görə ki, mis qırmızı rəngdədir, civə isə adi şəraitdə maye haldadır. Metal II alüminiumdur. Metal III sinkdir.



Elektrokimyəvi gərginlik sırasında gümüş hidrogendən sonra yerləşir və nitrat turşusunda həll olur. Alüminium turşu və həm də qələvi məhlulunda həll olur. Lakin qatı nitrat və sulfat turşusunda həll olmur, passivləşir, səthində qoruyucu oksid təbəqəsi əmələ gəlir. Qələvi məhlulu alüminiumun səthindəki oksid təbəqəsini həll edir, metal su ilə reaksiyaya girir, alınan alüminium-hidroksid qələvinin artığında həll olur:



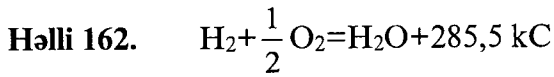
Sink özünü alüminiuma oxşar aparır, lakin o, nitrat turşusu ilə reaksiyaya girir, qatı HNO_3 -lə reaksiyada səthində qoruyucu oksid təbəqəsi əmələ gəlir.

Həlli 161. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$; $\text{Ar}(\text{H}) = 1$; $\text{Ar}(\text{O}) = 16$. $0,8\text{ q}$ hidrogendə olan atomların sayı:

$$\left. \begin{array}{l} 1\text{ (H)} \text{ ----- } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom} \\ 0,8\text{ (H)} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 4,816 \cdot 10^{23} \text{ atom (H)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 6\text{ (O)} \text{ ----- } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom} \\ 49\text{ (O)} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 18,44 \cdot 10^{23} \text{ atom (O)}$$

$$\left. \begin{array}{l} 4,816 \cdot 10^{23} \text{ atom hidrogenə } 18,44 \cdot 10^{23} \text{ atom oksigen düşür} \\ 1 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 3,83 \text{ atom oksigen düşür}$$



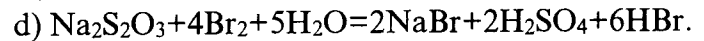
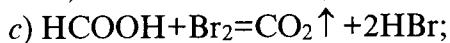
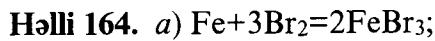
285,5 kC istilik ayrıldıqda 1,5 mol ($H_2 + \frac{1}{2} O_2$) reaksiyaya girir } $\Rightarrow x = 1 \text{ mol } (H_2 \text{ və } O_2)$.

190,4 ----- x

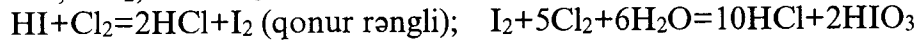
Həlli 163. Məsələni həll etmək üçün Klapeyron-Mendeleev tənliyindən istifadə edək:

$$PV = \frac{m}{Mr} RT \text{ buradan } Mr = \frac{mRT}{PV}; m = 3,485 \text{ q}; R = 0,082 \frac{\ell \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{dər}};$$

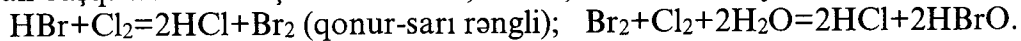
$$T = 273 + t(^{\circ}C) = 273 + 25 = 298 \text{ K}; P = 1,2 \text{ atm.}; V = 1 \ell. Mr = \frac{3,485 \cdot 0,082 \cdot 298}{1,2 \cdot 1} = 70,966 \approx 71 (Cl_2).$$



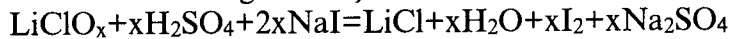
Həlli 165. A–HI; B–I₂; C–HIO₃.



Bunlardan başqa məsələnin şərtini A–HBr; B–Br₂; C–HBrO ödəyir:



Həlli 166. Naməlum duz xlorun oksigenli turşularından birinin duzudur:



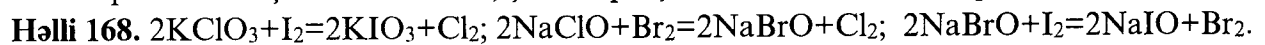
$$\left. \begin{array}{l} LiClO_x \text{ ----- } xI_2 \\ (7 + 35,5 + 16x) \text{ ----- } (x \cdot 2 \cdot 127) \\ 0,543 \text{ ----- } 4,57 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2,997 \approx 3.$$

Duzun formulu LiClO₃ (litium-xlorat).

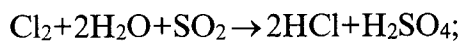
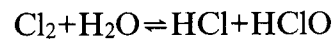
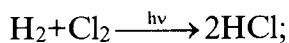
Həlli 167. Xlor-dioksid ClO_2 xlorun oksidləşmə dərəcəsi +4 olan yeganə birləşmədir. ClO_2 qırmızımtıl-sarı qazdır. Asanlıqla xlorə və oksigenə parçalanır. ClO_2 almaq üçün kalium-xlorata $KClO_3$ ehtiyatla sulfat turşusu əlavə etmək lazımdır:



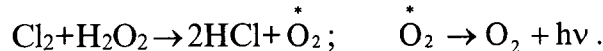
Dixlor-pentaoksid çox davamsızdır, çox tez parçalanır: $2Cl_2O_5 = 4ClO_2 + O_2$.



Həlli 169. A–Cl₂; B–HCl; C–HClO.

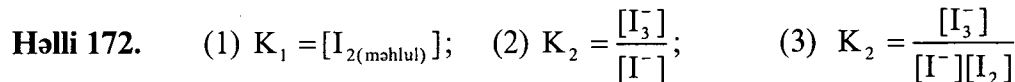
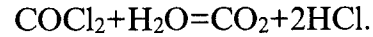
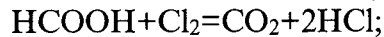
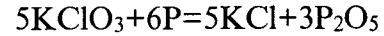
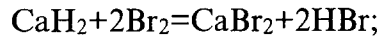


Həlli 170. Kimyəvi reaksiya nəticəsində enerji istilik şəklində deyil işıq şəklində ayrıldıqda işıq saçır və proses *xemilüminessensiya* adlanır. Xlorun hidrogen-peroksidlə reaksiyasından alınan oksigen qırmızı işıq saçır. Onu qaranlıqda müşahidə etmək daha yaxşıdır:

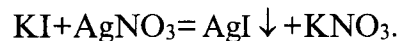
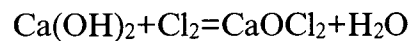
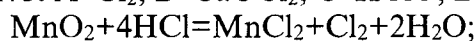


Həyəcanlanmış vəziyyətdə oksigen ($\overset{\cdot}{O}_2$) ayrılır. Məhlulun qırmızı işıq saçmasının səbəbi də budur.

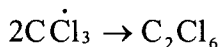
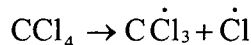
Həlli 171.



Həlli 173. A–Cl₂; B–CaOCl₂; C–HClO; D–I₂; E–KI; Ə–AgI.



Həlli 174. Göy rəng əmələ gəlməsi sərbəst yodun nişasta ilə kompleksmələgətirməsi ilə izah olunur. Ultrasəs yodid ionunu oksidləşdirə bilmir. Lakin karbon 4-xloridi sərbəst radikalara parçalayır:



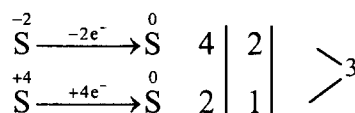
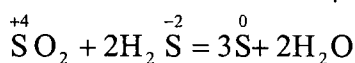
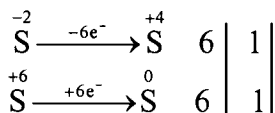
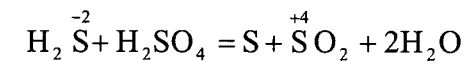
Sərbəst xlor yodid ionunu oksidləşdirir:



Həlli 175.

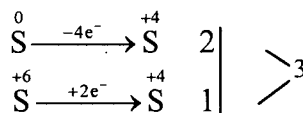
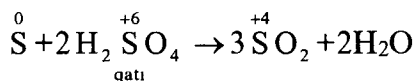
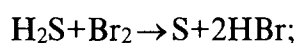
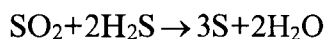
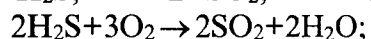
NH ₃ , HCl, SO ₂	Kəskin iyli qazdır, yaş lakmusun rəngini dəyişir
CO ₂ , SO ₂	Əhəng suyunu bulandırır
BaCrO ₄ , Ag ₃ PO ₄ , AgI	Sarı çöküntü
BaSO ₄	Ağ kristallik çöküntüdür
NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ CO ₃ , (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ , NH ₄ HCO ₃ , ağır metalların nitratları	Bərk maddələrdir, qızdırdıqda asanlıqla parçalanırlar, qazlar qarışığı əmələ gətirirlər
B ₂ H ₆ , N ₂ , C ₂ H ₄ , CO	Nisbi molekul kütləsi 28 olan qazdır. Sıxlığı (n. ş.-də) 1,25 q/ℓ -dir
N ₂	Yanmaya kömək etmir, əhəng suyunu bulandırmır
B ₂ H ₆ , SiH ₄ , SnH ₄	Havada öz-özünə alışıb yanan qazdır
B ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂	Bromlu suyu rəngsizləşdirir
C _x H _y	Yandıqda alınan qaz əhəng suyunu bulandırır
Cl ⁻ , I ⁻ , Br ⁻ , PO ₄ ³⁻ , OH ⁻	Gümüş-nitrat məhlulu ilə çöküntü əmələ gətirir
AgCl, Cu(OH) ₂ ,	Qatı ammoniyak məhlulunda həll olmur
AgI	Ammonyak məhlulunda həll olmur
Fenol C ₆ H ₅ OH, anilin C ₆ H ₅ NH ₂	Bromlu su ilə çöküntü əmələ gətirir
Fenol və spirt, turşu və spirt	Natrium metalı ilə hidrogen ayrılmaqla reaksiyaya girirlər, yalnız biri qələvi məhlulu ilə reaksiyaya girən iki maddə

Həlli 176. A–H₂S; B–S; C–SO₂.



Həlli 177. a) $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHSO}_3$
 $\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} = 2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$
 b) $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$; $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$; $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
 $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ -natrium-tetrasyonat.

Həlli 178. A–H₂S; B–SO₂; C–S.



Həlli 179. 300 q məhlulda olan SO₃ və H₂SO₄-ün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 15 \\ 300 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 45 \text{ q SO}_3$$

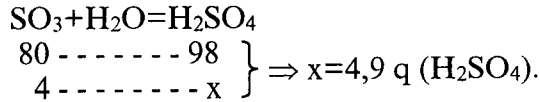
300-45=255 q H₂SO₄. Bunlarda olan kükürdün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 80 (\text{SO}_3) \text{ ----- } 32 (\text{S}) \\ 45 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=18 \text{ q S.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 98 (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } 32 (\text{S}) \\ 255 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=83,3 \text{ q S.}$$

$$18+83,3=101,3 \text{ q (S).}$$

Həlli 180. Sulfat anhidridi əlavə edilməzdən əvvəl məhluldakı H_2SO_4 -ün kütləsi:

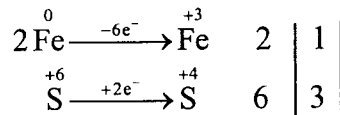
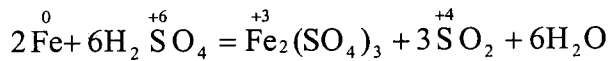


Məhlulun kütləsi $40+4=44$ q. Beləliklə, H_2SO_4 -ün kütləsi $4,8+4,9=9,7$ q. Məhlulun qatılığı:

$$\left. \begin{array}{l} 44 \text{ ----- } 9,7 \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=22 \% (\text{H}_2\text{SO}_4\text{).}$$

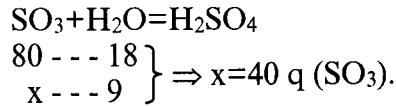
Həlli 181. Məhluldakı H_2SO_4 -ün kütləsi: $m=100 \text{ ml} \cdot 1,84 \text{ q/ml}=184 \text{ q.}$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 98 \\ 184 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=180,32 \text{ q (H}_2\text{SO}_4\text{).}$$



$$\left. \begin{array}{l} 6 \cdot 98 (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } 3 \cdot 22,4 \text{ l (SO}_2\text{)} \\ 180,32 (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=20,608 \text{ l (SO}_2\text{).}$$

Həlli 182. Kükürd 6-oksüd sulfat turşusu məhlulunda həll etdikdə əvvəlcə 100 %-li H_2SO_4 əmələ gəlir, sonra oleum alınır: 100 qram 91 %-li məhlulda 9 q H_2O var. Bu qədər su ilə reaksiyaya sərf olunan SO_3 -ün kütləsi:



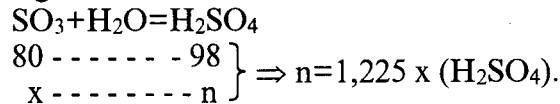
Susuz turşunun kütləsi: $100+40=140$ q H_2SO_4 . 30 %-li oleum məhlulu almaq üçün lazım olan SO_3 -ün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 70 (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } 30 (\text{SO}_3) \\ 140 (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=60 \text{ q (SO}_3\text{).}$$

Kükürd 6-oksüdün birlikdə kütləsi: $40+60=100$ q (SO_3).

Həlli 183. Məhlulun kütləsi $m=55,56 \text{ ml} \cdot 1,8 \text{ q/ml}=100 \text{ q.}$

x qram SO_3 udulduqda əmələ gələn H_2SO_4 -ün kütləsi:



İlkin məhlulda 91 q H_2SO_4 var. Bunlara əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

$$\left. \begin{array}{l} (100+x) \text{ məhlulda ----- } (91+1,225 x) \text{ H}_2\text{SO}_4 \\ 100 \text{ məhlulda ----- } 96,25 \text{ H}_2\text{SO}_4 \end{array} \right\} \Rightarrow x=20 \text{ q (SO}_3\text{).}$$

Həlli 184. Buten C_4H_8 . Yanma reaksiyasının tənliyi: $\text{C}_4\text{H}_8 + 6\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ l (C}_4\text{H}_8\text{) yandırmaq üçün } 6 \text{ l O}_2 \text{ sərf olunur} \\ 1,68 \text{ l ----- } x_1 \end{array} \right\} \Rightarrow x_1=10,08 \text{ l (O}_2\text{).}$$

Ozonun oksigenə çevrilməsi: $2\text{O}_3 \rightarrow 3\text{O}_2$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ l ozon } 3 \text{ l oksigenə ekvivalentdir} \\ 5 \text{ l (O}_3\text{) ----- } x_2 \end{array} \right\} \Rightarrow x_2=2,5 \text{ l (O}_2\text{).}$$

Deməli, 5 % ozon olan oksigenin 100 l-i 102,5 l oksigenə ekvivalentdir:

$$\left. \begin{array}{l} 102,5 \text{ l ----- } 100 \text{ l} \\ 10,08 \text{ l ----- } x_3 \end{array} \right\} \Rightarrow x_3=9,8 \text{ l (O}_2\text{).}$$

Ozonlaşmış oksigen 1,68 l buteni yandırmaya kifayət edir.

Həlli 185. Məhlulun kütləsi: $m=100 \text{ ml} \cdot 1,07 \text{ q/ml}=107 \text{ q.}$

$\text{Mr}(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})=322$; $\text{Mr}(\text{Na}_2\text{SO}_4)=142$. x qram $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ həll etdikdə məhlulun kütləsi $(107+x)$ q olur. x q $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -da olan Na_2SO_4 -ün miqdarı:

$$\left. \begin{array}{l} 322 (\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \text{ ----- } 142 (\text{Na}_2\text{SO}_4) \\ x \text{ ----- } n \end{array} \right\} \Rightarrow n = 0,44 x (\text{Na}_2\text{SO}_4).$$

İlkin məhluldakı Na_2SO_4 -ün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 8 \\ 107 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8,56 \text{ q } (\text{Na}_2\text{SO}_4).$$

Məsələnin şərtinə əsasən aşağıdakı tənəsübü quraq:

$$\left. \begin{array}{l} (107+x) \text{ qram məhlulda } (8,56+0,44 x) \\ 100 \text{ ----- } 16 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 31,64 \text{ q } (\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}).$$

Həlli 186.

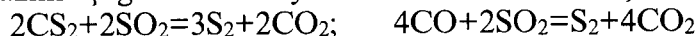
$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}; \quad K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}.$$

İkinci pilləyə nisbətən birinci pillə üzrə dissosiasiya daha qüvvətlidir, ikincidən 10 milyon dəfə böyükdür. Bunun səbəbi birinci pillə üzrə dissosiasiyada yükləri bir olan ionların H^+ və HS^- bir-birini cəzb etməsidir. İkinci pillə üzrə dissosiasiyada S^{2-} ionu H^+ ionunu cəzb edir. Burada qarşılıqlı cəzb etmə daha qüvvətlidir.

Həlli 187. İlkin məhlulda iki maddə xlorid və sulfid turşuları var. Bunlar H^+ , Cl^- , H_2S , HS^- , S^{2-} ion və molekulları şəklində olur:

Qələvinin əlavə edilməsi mərhələləri	Məhluldakı ionlar və molekullar	Məhluldakı maddələr
0.	H^+ , Cl^- , H_2S	HCl , H_2S
1. Xlorid turşusundan H^+ ionlarının qismən neytrallaşması	H^+ , Cl^- , H_2S , Na^+	HCl , H_2S , NaCl
2. Xlorid turşusundan H^+ ionlarının tam neytrallaşması	Cl^- , H_2S , Na^+	H_2S , NaCl
3. Sulfid turşusundan H^+ ionlarının qismən neytrallaşması	Cl^- , H_2S , HS^- , Na^+	H_2S , NaHS , NaCl
4. Sulfid turşusunun birinci pillə üzrə dissosiasiyasından alınan H^+ ionlarının tamamilə neytrallaşması	Cl^- , HS^- , Na^+	NaHS , NaCl
5. Sulfid turşusunun ikinci pillə üzrə dissosiasiyasından alınan H^+ ionlarının qismən neytrallaşması	Cl^- , HS^- , S^{2-} , Na^+	NaHS , Na_2S , NaCl

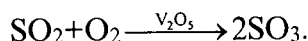
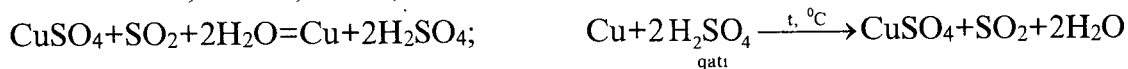
Həlli 188. Kükürd qazını aşağıdakı reaksiyalar vasitəsilə zərərsizləşdirmək olur:



Əlvan metallurgiya qazlarından istifadə edilməsi ilə eyni zamanda iki məsələ həll edilir:

1. Ətraf mühit çirklənməkdən mühafizə edilir.
2. Alınan kükürddən sulfat turşusu istehsal edilir.

Həlli 189. A– CuSO_4 , B– SO_2 , C– Cu , D– H_2SO_4 .

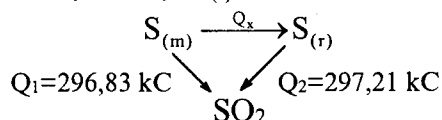
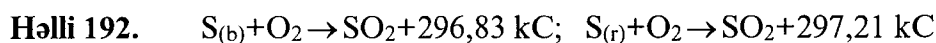


Həlli 190. Etanolaminin formulu belədir: $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})\text{NH}_2$. Onda $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ əvəzinə R yazsaq, onun formulu RNH_2 olar. Qazlar tutulduqda gedən reaksiyaların tənlikləri:

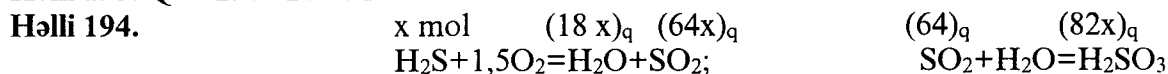
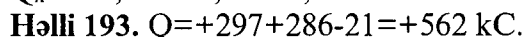


Əmələ gələn aminin sulfid və karbonatı asanlıqla parçalanır (120°C), CO_2 və H_2S ayrılır. Regenerasiya edilmiş monoetanolamindən qazların absorbsiyasında yenidən istifadə edilir.

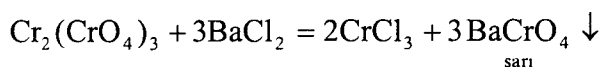
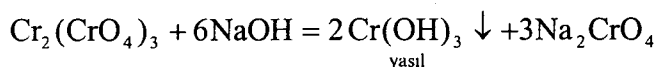
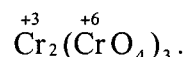
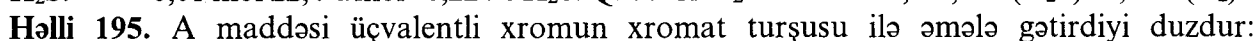
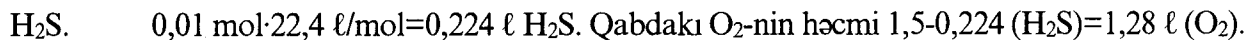
Həlli 191. $+269,9 + 101,3 = 398,2 \text{ kC}$.



$Q_x=296,83-297,21=-0,38 \text{ kC}$.

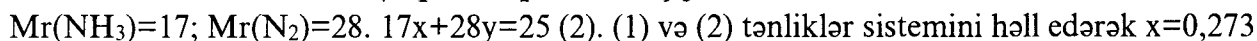


Məhlulun kütləsi $m=82x+49,2$; $\omega(H_2SO_3)=\frac{m(H_2SO_3)}{m(\text{məhlul})}$; $0,0164=\frac{82x}{(82x+49,2)} \Rightarrow x=0,01 \text{ mol}$

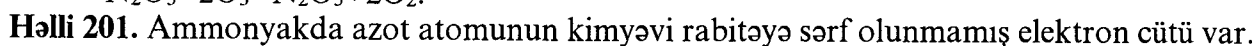
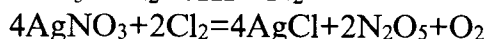
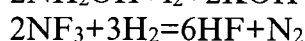
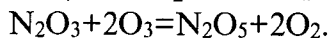
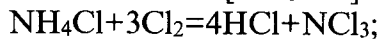
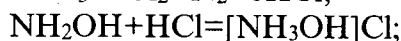
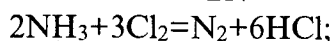
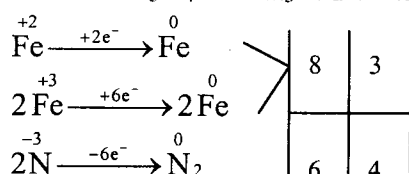
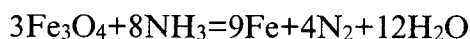
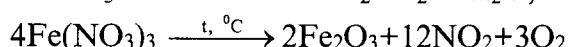
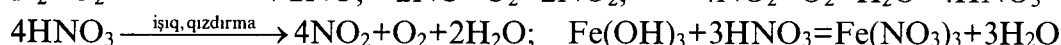
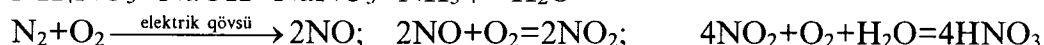
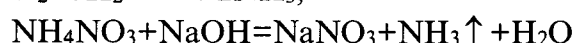
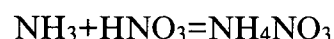
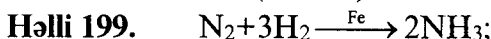
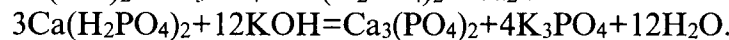
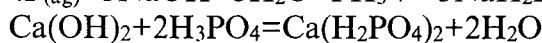
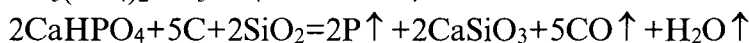
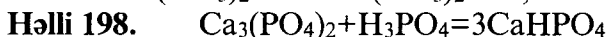
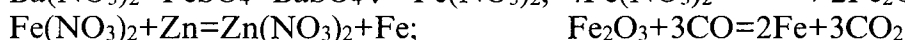
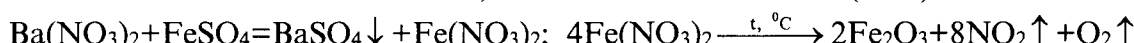
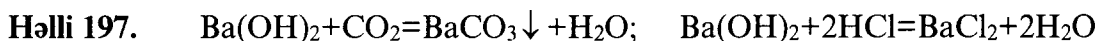


Klapeyron-Mendeleyev tənliyinə əsasən, qaz qarışığının orta molekulyar kütləsini tapaq:

$$M = \frac{m}{V} \frac{RT}{P} = \rho \frac{RT}{P} = \frac{1,03 \cdot 8,31 \cdot 263}{90} = 25,0 \text{ q/mol}$$

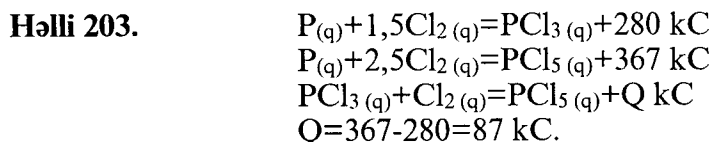


mol NH_3 və $y=727 \text{ mol } N_2$ tapırıq. $\omega = \frac{17 \cdot 0,273}{25} = 0,186$ yaxud $18,6\% NH_3$.

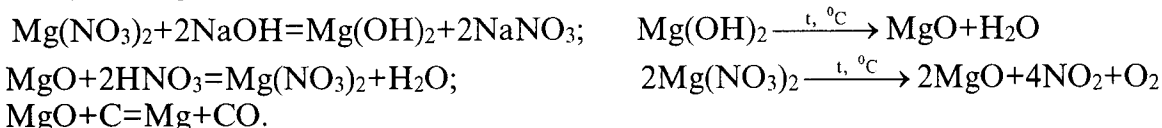


Bu isə ammonyakın donör-akseptor və hidrogen rabitəsi əmələ gətirməsini təmin edir. Molekulun polyarlığı və hidrogen rabitəsinin olması NH₃ molekulları arasında qarşılıqlı cazibəni artırır. Ona görə də onun fiziki xassələri analoqlarından (eyni tipli birləşmələrindən) fərqlənir.

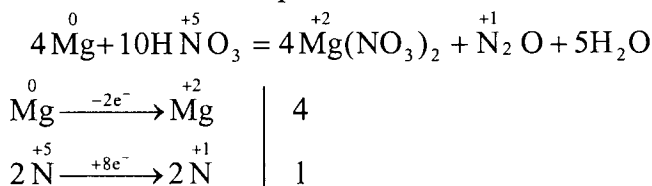
Həlli 202. $PV=nRT$; $T=t+273=27+273=300$ K. $n = \frac{PV}{RT} = \frac{233 \cdot 0,026}{8,31 \cdot 300} = 2,43 \cdot 10^{-3}$ mol N₂.



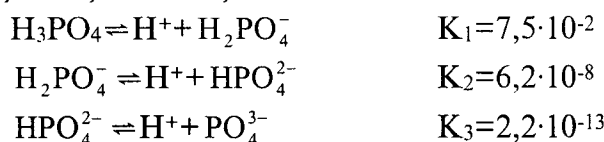
Həlli 204. a) X₁–Mg(OH)₂; X₂–MgO; b) X₁–MgO; X₂–Mg.



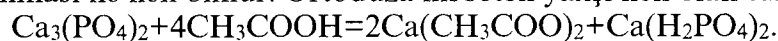
Reaksiya 1200 °C-də elektrik sobasında aparılır:



Həlli 205. Ortofosfat turşusu üçəsaslı turşudur:



Fosfat turşusu yalnız birinci mərhələ üzrə asetat turşusundan ($K_{CH_3COOH} = 1,86 \cdot 10^{-5}$) qüvvətlidir. İkinci və üçüncü mərhələ üzrə ondan zəifdir. Fosforit asetat turşusundan fosfat turşusunun çıxarılması ilə həll olmur. Ortođuza nisbətən yaxşı həll olan turş duz əmələ gəlir:

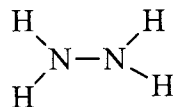


Həlli 206. Yanma məhsullarına əsasən naməlum maddənin tərkibində hidrogen, azot və oksigen olduğunu demək olar. Lakin nisbi molekül kütləsinə $16 \cdot 2 = 32$ əsasən onun tərkibində oksigen yoxdur. Şərtə əsasən 0,1 mol azot var: 2,24 l 0,1 mol edir.

$$\left. \begin{array}{l} 18 (H_2O) \text{ ----- } 2 \text{ mol } (H_2) \\ 3,6 (H_2O) \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,4 \text{ mol } H_2 \text{ var.}$$

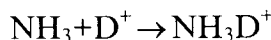
Deməli, 3,6 q suda 0,4 mol H₂ var. 0,1 mol N₂ 0,2 mol azot atomuna uyğun gəlir. Birləşmədə azot və oksigenin nisbəti 0,2:0,4=1:2. Sadə formulu – NH₂. Mr(NH₂)=16. Məsələnin şərtini Mr(N₂H₄)=32 hidrazin ödəyir.

İlkin maddənin formulu:



N₂H₄-hidrazin otaq temperaturunda rəngsiz mayedir.

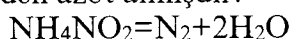
Həlli 207. Rabitələrin eyniqiymətli olmasını sübut etmək üçün bir atom deyterium olan ammonium ionu almaq lazımdır:



D⁺ ionu DCl-dən alınır. [NH₃D]Cl-a qələvi ilə təsir etdikdə NH₂ və NH₂D-nin nisbəti 1:3 olur. Deməli, NH₄⁺-də N–H rabitələrinin enerjilərinin hamısı eyniqiymətlidir.

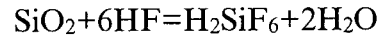
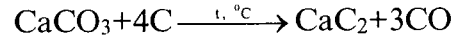
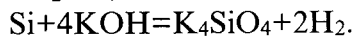
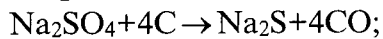
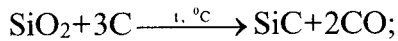
Həlli 208. 1894-cü ildə ingilis alimi Reley CO₂-dən təmizlənmiş havanı közərmiş mis qırıntıları üzərindən keçirməklə azot almışdır: $Cu + \frac{1}{2} O_2 = CuO$

Bundan başqa o, ammonium-nitritdən azot almışdır:

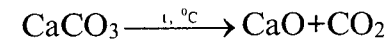
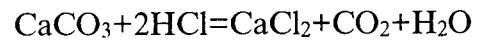
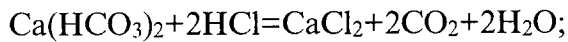
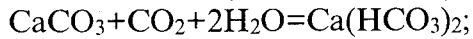


Müəyyən edilmişdir ki, havadan alınan azotun sıxlığı (n. ş-də 1 l-nin kütləsi) 1,2521 q/l olmuşdur. NH_4NO_2 -dən alınan azotun sıxlığı 1,2505 q/l olmuşdur. Deməli, havadan alınan azotda digər qaz var. Reley digər ingilis alimi Ramzayla birlikdə müəyyən etmişdir ki, havada digər qaz var. Onlar həmin qazı arqon adlandırmışlar. Arqon yunanca tənbel deməkdir.

Həlli 209.



Həlli 210. A– CaCO_3 , B– CO_2 , C– $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.



Həlli 211. Lakmusun rənginə əsasən A duzu məhlulu qələvi mühit yaradır. Deməli, o qüvvətli əsasdan və zəif turşudan əmələ gəlib. B duzu neytraldır, o qüvvətli turşudan və qüvvətli əsasdan əmələ gəlib. Deməli, duzların hər ikisinin kationu I A qrupu yaxud II A qrupu metallarından əmələ gəlib. Qələvi metallar çox hallarda həll olan duzlar əmələ gətirirlər. Ona görə də kationu II A qrupu metallarında axtarmaq lazımdır. Onların karbonatları və silikatları suda həll olurlar. Bunlara əsasən aşağıdakı cədvəli tərtib edirik:

A duzu		B duzu		Çöküntünün tərkibi
kationlar	anionlar	kationlar	anionlar	
Na^+, K^+	CO_3^{2-}	$\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$	$\text{Cl}^-, \text{NO}_3^-$	$\text{CaCO}_3, \text{BaCO}_3$
	SiO_3^{2-}			$\text{CaSiO}_3, \text{BaSiO}_3$

Həlli 212.

A duzu	B duzu	Çöküntü
BaCl_2	FeSO_4	BaSO_4

Həlli 213. Məhluldakı KOH-ın molları sayı:

$$n = \frac{0,2 \text{ mol} / \ell}{0,1 \ell} = 0,02 \text{ mol KOH}; \quad n(\text{CO}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{0,224 \ell}{22,4 \ell / \text{mol}} = 0,01 \text{ mol CO}_2.$$

Reaksiya tənliyindən $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KHCO}_3$ görünür ki, CO_2 -nin hamısı reaksiyaya girir 0,02 mol KHCO_3 əmələ gəlir və 0,01 mol K_2CO_3 qalır.

Həlli 214. SiH_4 molekulunda silisium atomu sp^3 tipində hibridləşib. Molekul tetraedrik formadadır.

Həlli 215. Tarazlıq sabiti CO_2 və Cl_2 -nin qatılıqlarının reaksiya tənliyindəki əmsallarının qüvvəti hasilinin COCl_2 -nin qatılığının tənlikdəki əmsalı qədər qüvvəti nisbətində bərabərdir:

$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{Cl}_2]^2}{[\text{COCl}_2]^2}. \quad \text{Qazın parsial təzyiqi onun qatılığı ilə düz mütənasibdir. } \text{CO}_2\text{-nin}$$

məsələnin şərtində verilən parsial təzyiqinə əsasən digər qaz halındakı maddələrin parsial təzyiqini tapaq. Reaksiya tənliyinə əsasən x həcm CO_2 əmələ gəldikdə $2x$ həcm Cl_2 əmələ gəlir və $2x$ həcm COCl_2 sərf olunur. COCl_2 -nin təzyiqi $(a-2x)$ bərabər olur. Deməli,

$$P(\text{Cl}_2) = 2x; \quad P(\text{COCl}_2) = a - 2x; \quad P(\text{CO}_2) = x. \quad \text{Buradan } K = \frac{x(2x)^2}{(a-2x)^2} = \frac{4x^3}{(a-2x)^2}.$$

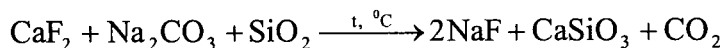
Həlli 216. $M_r(\text{CCl}_4) = 154$; $M_r(\text{O}_2) = 32$. Fərz edək ki, kolbanın həcmi V litrdir:

$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \ell (\text{CCl}_4) \text{ ----- } 154 \\ V \ell \text{ ----- } x_1 \end{array} \right\} \Rightarrow x_1 = 154 V / 22,4$$

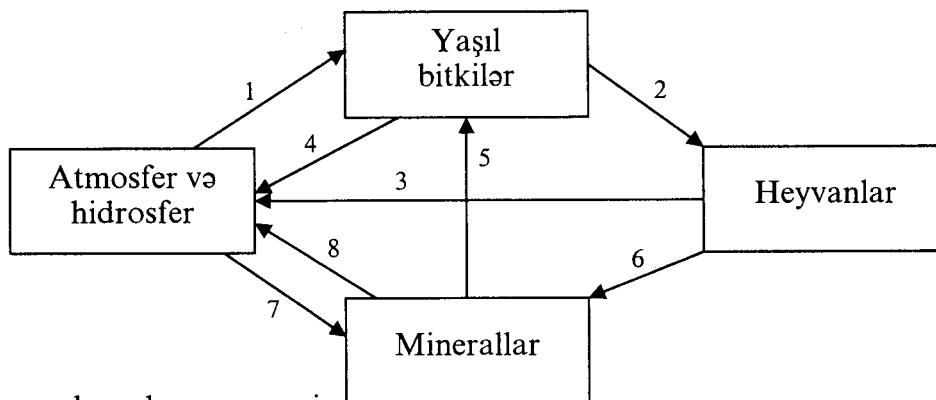
$$\left. \begin{array}{l} 22,4 \ell (\text{O}_2) \text{ ----- } 32 \\ V \ell \text{ ----- } x_2 \end{array} \right\} \Rightarrow x_2 = 32 V / 22,4$$

$$\frac{m(\text{CCl}_4)}{m(\text{O}_2)} = \frac{154 V / 22,4}{32 V / 22,4} = \frac{154 V \cdot 22,4}{32 V \cdot 22,4} = 4,8 \text{ dəfə aşağıdır.}$$

Həlli 217.

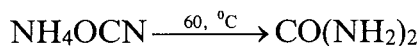


Həlli 218.



- (1) Fotosintez
- (2) İnsan və heyvanların həzm prosesi
- (3) Tənəffüs, qıvcırma, çürümü, yanma
- (4) Çürümə, yanma
- (5), (6) Havasız şəraitdə bitki və heyvan qalıqlarının parçalanması
- (7) Atmosfer və okean arasında CO₂-nin mübadiləsi
- (8) Əhəngdaşının parçalanması

Həlli 219.



Axırıncı reaksiya ilə ilk dəfə 1824-cü ildə fransız alimi Völer izomerliyi kəşf etmiş və ilk dəfə qeyri-üzvi maddələrdən üzvi maddə almışdır.

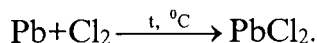
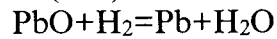
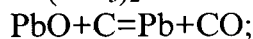
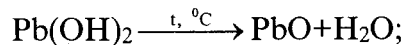
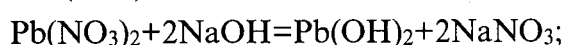
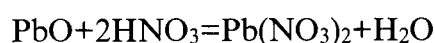
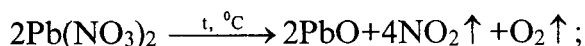
Həlli 220. Almazda karbon atomu sp³ hibridləşməsi vəziyyətindədir və hər karbon atomu dörd siqma σ rabitə ilə birləşib. Deməli, almaz qaz halına keçərkən dörd rabitə qırılır.

Karbon atomları arasında rabitə enerjisi $\frac{713}{4} = 178,2$ kC/mol edir. Qrafitdə karbon atomu

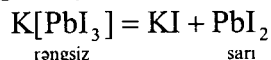
sp² hibridləşməsi vəziyyətindədir, onda bir karbon atomu digər atomlarla üç siqma σ və bir π lokallaşmamış rabitəsi ilə birləşmişdir. Qrafitdə karbon atomları arasındakı rabitə enerjisi

$\frac{715}{3} = 238,3$ kC/mol edir.

Həlli 221.



Həlli 222. K[PbI₃] hopdurulmuş kağız suyun təsirindən parçalanır, kağız saralır:



Həlli 223. COCl₂ = CO + Cl₂. İlkin (4 mol/ℓ) COCl₂-nin 2 molu parçalanıb.

Qalan COCl₂ = 4 - 2 = 2 mol. 2 mol COCl₂-dən 4 mol (2 mol CO + 2 mol Cl₂) qaz qarışığı alınır. Reaksiyadan sonra qabdakı qaz qarışığı 2(COCl₂) + 2(CO) + 2(Cl₂) = 6 mol edir. Təzyiq

$\frac{6}{4} = 1,5$ dəfə artır.

Həlli 224. N₂ və H₂ qarışığını CO-dan təmizləmək üçün 300 kqs/sm² (1kqs = 9,806 N) təzyiqdə 0–30 °C-də mis-asetatın ammoniyak məhlulu ilə yuyulur:



Aşağı təzyiqdə və qızdırdıqda məhlul regenerasiya edilir.

Həlli 225. Fərz edək ki, xəlitədə 1 mol maqneziuma x mol sink düşür. Xlorda yandıqda

1 mol $MgCl_2$ və x mol $ZnCl_2$ əmələ gəlir. Analoji olaraq 1 mol MgO və x mol ZnO əmələ gəlir. Onda xloridlərin kütləsi $m_1=95,21+136,29x$, oksidlərin kütləsi $m_2=40,3+81,38x$. Şərtə əsasən $\frac{m_1}{m_2} = 2$. Buradan $\frac{95,21+136,29x}{40,3+81,38x} = 2 \Rightarrow x=0,552$ mol sink. $0,552 \cdot 65,37=36,08$ q

(Zn). Xəlitədə maqneziumun (1 mol) kütləsi 24,31 qramdır. $\omega(Mg) = \frac{24,31}{24,31+36,08} = 0,403$

yaxud 40,3 %.

Həlli 226. Metalın nisbi atom kütləsini a ilə işarə edək $Ar(Me)=a$. $Mr(MeClO_x)=a+35,45+16x$. Məsələnin şərtinə əsasən

$$\left. \begin{array}{l} (a+35,45+16x)\text{-da} \text{-----} a \text{ qram metal var} \\ 1 \text{-----} 0,282 \end{array} \right\} \Rightarrow 10+4,512x=0,718a$$

$x=1$ olduqda $a=20,2$ belə metal yoxdur

$x=2$ olduqda $a=26,5$ belə metal yoxdur

$x=3$ olduqda $a=32,78$ belə metal yoxdur

$x=4$ olduqda $a=39$ (K).

Duzun formulu $KClO_4$.

Həlli 227. Reaksiya tənliyi: $Hg_2(NO_3)_2+Zn=Zn(NO_3)_2+2Hg$

Fərz edək ki, x mol civə ayrılmışdır. Onda məhlulda $0,5x$ mol sink keçir. İlkin məhluldakı

$Hg_2(NO_3)_2$ -nin kütləsi: $\frac{264 \cdot 20}{100} = 52,8$ q $Hg_2(NO_3)_2$.

$Hg_2(NO_3)_2$ -nin reaksiyadan sonrakı kütləsi: $52,8-0,5x \cdot M(Hg_2(NO_3)_2)=52,8-262,6x$.

Məhlulun reaksiyadan sonrakı kütləsi: $264-200,6x+0,5x \cdot 65,37=264-167,9x$.

Bunlara əsasən aşağıdakı tənəsübü qurmaq olar.

$$\left. \begin{array}{l} (264-167,9x) \text{ qram məhlulda } 52,8-262,6x \text{ x } Hg_2(NO_3)_2 \text{ var} \\ 1 \text{ q-----} 0,06 \end{array} \right\} \Rightarrow x=0,146 \text{ mol (Hg)}.$$

$m(Hg)=0,146 \text{ mol} \cdot 200,59 \text{ q/mol}=29,3 \text{ q}$.

Həlli 228. $Ar(Au)=196,966$; $Ar(Al)=26,991$

$\rho(Au)=19,3 \text{ q/sm}^3$; $\rho(Al)=2,7 \text{ q/sm}^3$ $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$

$$\left. \begin{array}{l} 196,966 \text{ (Au)-----} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom var} \\ 19,3 \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x=5,898 \cdot 10^{22} \text{ atom (Au)}.$$

$$\left. \begin{array}{l} 26,991 \text{ (Al)-----} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atom var} \\ 2,7 \text{-----} x \end{array} \right\} \Rightarrow x=6,024 \cdot 10^{22} \text{ atom (Al)}.$$

$\frac{6,024 \cdot 10^{22}}{5,898 \cdot 10^{22}} = 1,02$. Göründüyü kimi, eyni həcmdə olan qızıl və alüminium atomlarının sayı

demək olar ki, bərabərdir. Bu metalların nisbi atom kütlələri arasındakı fərq sıxlıqları ilə kompensasiya edilir.

Həlli 229. Məsələnin şərtini molyar həcmi ən az və ən böyük olan metallar ödəyir. Ən yüngül metal olan litiumun molyar həcmi hesablayaq: $Ar(Li)=6,941$ $\rho(Li)=0,534 \text{ q/sm}^3$.

$V = \frac{6,941}{0,534} \approx 13 \text{ sm}^3$. Eyni ilə berilliumun da molyar həcmi hesablayaq: $Ar(Be)=9,012$

$\rho(Be)=1,848 \text{ q/sm}^3$. $V = \frac{9,012}{1,848} = 4,87 \text{ sm}^3$. Ağır metal olan osmiumun molyar həcmi:

$Ar(Os)=190,2$ $\rho(Os)=22,5 \text{ q/sm}^3$. $V = \frac{190,2}{22,5} = 8,45 \text{ sm}^3$. Atomunun radiusu böyük olan və

xarici energetik səviyyədə elektronların sayı az olan metalın molyar həcmi böyük olur. Yəni vahid həcmdə atomların sayı ən az olur. Bu şərti sezium ödəyir (fransium radioaktivdir):

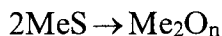
$Ar(Cs)=132,9054$ $\rho(Cs)=1,9 \text{ q/sm}^3$. $V = \frac{132,9054}{1,9} = 69,96 \text{ sm}^3$. Məsələnin şərtini berillium

və sezium metalları ödəyir. Bunların hər ikisinin 1 sm^3 -də olan atomların sayını hesablayaq:

$$\frac{6,02 \cdot 10^{23}}{4,87} = 1,24 \cdot 10^{23} \text{ atom (Be); } \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{69,96} = 0,086 \cdot 10^{23} \text{ atom (Cs). Digər metalların hər}$$

birinin 1 sm³-də olan atomların sayı 0,086 · 10²³ ilə 1,24 · 10²³ arasında olacaq.

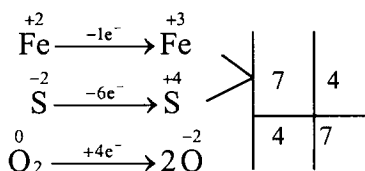
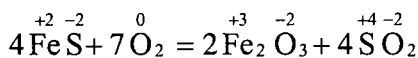
Həlli 230. Metalın sulfidinin formulu MeS, alınan oksidin formulu Me₂O_n. Sulfidin yanma reaksiyasının sxemi:



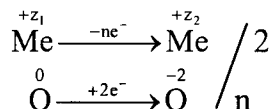
Məsələnin şərtinə əsasən aşağıdakı tənəsübü qururuq:

$$\left. \begin{array}{l} 2(\text{Me}+32) \text{ ----- } 2\text{Me}+16n \\ 4,4 \text{ ----- } 4 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Me} = \frac{256 - 70,4n}{0,8}$$

n=3 olduqda $\text{Me} = \frac{256 - 70,4 \cdot 3}{0,8} = 56$ (Fe). Sulfidin yanma reaksiyasının tənliyi:



Həlli 231. Məhluldan oksigen buraxdıqda metal ionu yüksək oksidləşmə dərəcəsinə qədər oksidləşir. Oksigen oksidləşdirici, metal ionu isə reduksiyaedici olur. Həmin prosesin elektron balansını düzəldək:



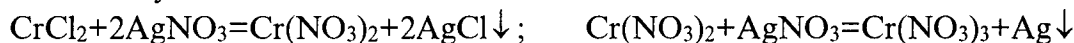
Deməli, 2 mol metal 1 mol oksigen (atomar) O udur. Metalın nisbi atom kütləsini x-lə işarə edək, aşağıdakı tənəsübü qururuq:

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ mol metal} \quad 1 \text{ mol oksigen (O) udur} \\ m_0 \text{ metal} \quad 0,143m_0 \text{ oksigen udur} \\ 2x \text{ ----- } 16n \\ m_0 \text{ ----- } 0,143m_0 \end{array} \right\} \Rightarrow x=56n.$$

n=1 olduqda x=56 (Fe) olur. Digər variantlar real deyil. Reaksiya tənlikləri:



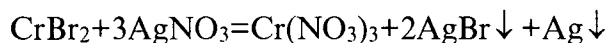
Həlli 232. Reaksiya tənlikləri:



yaxud cəm halda



Analoji olaraq CrBr₂ ilə



Xrom 2-xloridin qarışıqdakı miqdarını x-lə, xrom 2-bromidin miqdarını isə y-lə işarə edək:

x+y=13,95 (1) Mr(CrCl₂)=123; Mr(CrBr₂)=212; Mr(AgBr)=188; Mr(AgCl)=143,5; Ar(Ag)=108.

$$\left. \begin{array}{l} 123 \text{ q (CrCl}_2) \text{ ----- } 2 \cdot 143,5 + 108 \text{ (2AgCl+Ag)} \\ x \text{ ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = \frac{395x}{123}$$

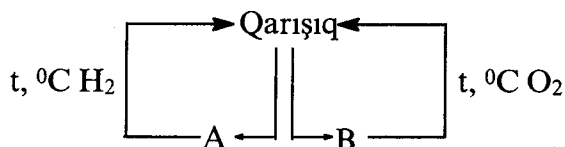
$$\left. \begin{array}{l} 212 \text{ q (CrBr}_2) \text{ ----- } 2 \cdot 188 + 108 \text{ (2AgBr+Ag)} \\ y \text{ ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = \frac{484y}{212}$$

Bunların cəmi 32,99 q edir:

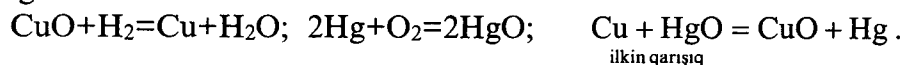
$$\begin{cases} \frac{395x}{123} + \frac{484y}{212} = 32,99 & (2) \\ x+y=13,95 & (1) \end{cases}$$

y=12,72 q (CrBr₂) və x=13,95-12,72=1,23 q (CrCl₂).

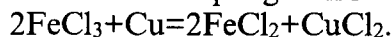
Həlli 233.



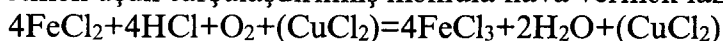
A-nı reduksiya etdikdə qırmızı toz alınır. B-ni oksidləşdirdikdə qırmızı toz alınır. Deməli, A–CuO; B–Hg-dir.



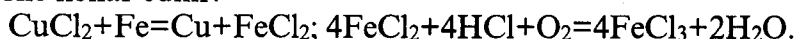
Həlli 234. Misi dəmir 3-xlorid məhluluna saldıqda gedən reaksiya tənliyi:



Məhlulu reduksiya etmək üçün turşulaşdırılmış məhlula hava vermək lazımdır:



Mis dəmir vasitəsilə kənar edilir:



Həlli 235. $M_r(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18$.

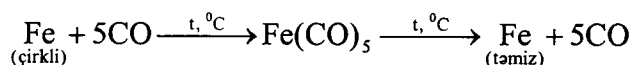
$$a) \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{H}_2\text{O} = \frac{65,3}{102} : \frac{34,7}{18} = 0,64 : 1,93 = 1 : 3.$$

Hidrargillitin formulu $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, yaxud $\text{Al}_2\text{H}_6\text{O}_6$, bu formul $\text{Al}(\text{OH})_3$ -ə uyğun gəlir.

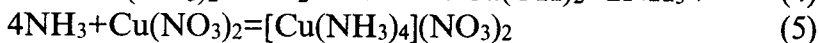
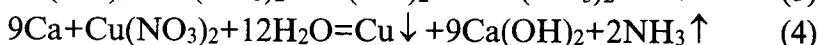
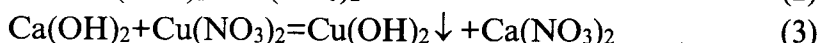
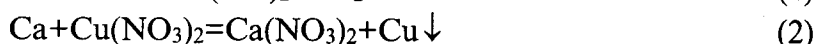
$$b) \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{H}_2\text{O} = \frac{85,0}{102} : \frac{15,0}{18} = 0,833 : 0,833 = 1 : 1. \text{ Diasporun formulu } \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}, \text{ yaxud } \text{Al}_2\text{H}_2\text{O}_4,$$

bu formul HAlO_2 -yə uyğun gəlir.

Həlli 236. Təmiz dəmir almaq üçün onun karbonili sintez edilir. Sonra karbonili parçalamaqla təmiz dəmir alınır:

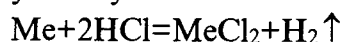


Həlli 237.



Birinci reaksiya digər reaksiyalara nisbətən daha sürətlə gedir. Sonra üçüncü reaksiya sürətlənir.

Həlli 238. Ümumi formada reaksiya tənliyi:



Metalın nisbi atom kütləsini A ilə işarə edək. Deməli, A qram metalın həll olmasına 2 mol HCl sərf olunur. 1 qram həll olmasına x mol HCl sərf olunur:

$$\left. \begin{array}{l} A \text{ ----- } 2 \\ 1 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow Ax = 2 \text{ və } x = \frac{2}{A} \text{ mol HCl.}$$

Məhlulda turşunun qatılığı 5 mol/l-dən 1 mol/l-ə qədər azalıb. Metalla reaksiyaya sərf olunan turşunun mollarının sayını tapaq:

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml məhlulda } 5 \text{ mol HCl var} \\ 50 \text{ ml ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = \frac{50 \cdot 5}{1000} \text{ mol HCl.}$$

Məhlulda qalan HCl-un molları sayı:

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml ----- } 1 \\ 50 \text{ ml ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = \frac{50 \cdot 1}{1000} \text{ mol HCl.}$$

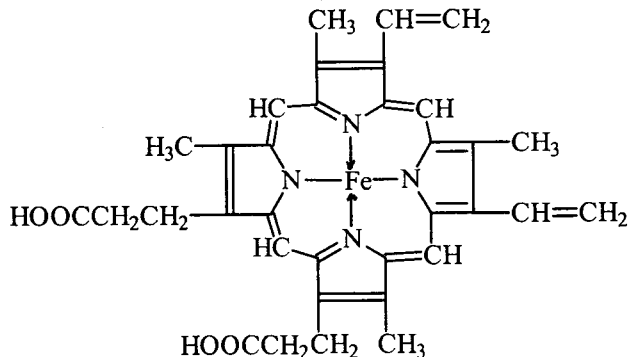
Reaksiyaya sərf olunan HCl-un molları sayı:

$$\frac{50 \cdot 5}{1000} - \frac{50 \cdot 1}{1000} = \frac{250 - 50}{1000} = 0,2 \text{ mol (HCl).}$$

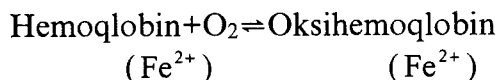
Metal tamamilə həll olmamışdır. Ona görə də $\frac{2}{A} > 0,2$ buradan $A < 10$. Deməli, metalın nisbi atom kütləsi 10-dan kiçikdir. Nisbi atom kütləsi 10-dan kiçik olan 2 valentli metal

berilliumdur.

Həlli 239. Qana qırmızı rəng verən hemoqlobin adlanan qırmızı qan cisimləridir. Hemoqlobinin nisbi molekül kütləsi 67000-ə bərabərdir. Hemoqlobin iki hissədən ibarətdir: 1) hemdən – protoporfirinik ikivalentli dəmirə birləşməsi; 2) dörd polipeptid zənciri olan, suda həll olan qlobin zülalından. Hemin quruluşu aşağıdakı kimidir:



Kalmarlar, ilbizlər və hörümçəklərin qanındakı (hemolimfada) hemdə dəmir Fe^{2+} mislə Cu^{2+} əvəz edilmişdir. Ona görə də onların qanları göy rənglidir. Hemoqlobinin bioloji rolu tənəffüs prosesini həyata keçirməsidir. Oksigeni ağ ciyərdən, yaxud qəlsəmələrdən toxumalara aparır. Hemoqlobində hem fəal mərkəzdir, o, oksigenlə davamsız molekulyar birləşmə olan oksihemoqlobin əmələ gətirir. Oksihemoqlobin oksigen ayrılmaqla asanlıqla dissosiasiya edir. Hem oksigenlə yalnız qlobin zülalı iştirakı ilə birləşir. Bu prosesdə dəmir yalnız ikivalentli olur:



Həlli 240. 25 q məhlulda alüminium-xloridin kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 8 \\ 25 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2 \text{ q AlCl}_3$$

Deməli, 25 q 8 %-li NaOH məhlulunda 2 q NaOH var. Bunların hər birinin neçə mol etdiyini hesablayaq:

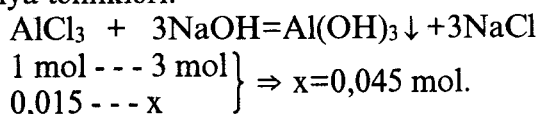
$$M_r(\text{AlCl}_3) = 133,5;$$

$$M_r(\text{NaOH}) = 40.$$

$$n = \frac{2}{133,5} = 0,015 \text{ mol AlCl}_3;$$

$$n = \frac{2}{40} = 0,05 \text{ mol NaOH}.$$

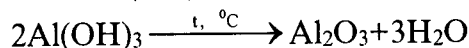
Reaksiya tənlikləri:



0,045 mol NaOH sərf olunur və 0,015 mol Al(OH)_3 əmələ gəlir. Artıq qalan NaOH-ın molları sayı $0,05 - 0,045 = 0,005$ mol NaOH.



Göründüyü kimi, 0,005 mol Al(OH)_3 qələvinin artığında həll olur və eyni miqdarda, yəni 0,005 mol $\text{Na[Al(OH)}_4]$ əmələ gəlir və məhlula keçir. Qalan Al(OH)_3 -ün molları sayı $0,015 - 0,005 = 0,01$ mol Al(OH)_3 . 0,01 mol Al(OH)_3 -dən əmələ gələn Al_2O_3 -ün kütləsi:



Reaksiya tənliyinə əsasən 0,01 mol Al(OH)_3 -dən 0,005 mol Al_2O_3 alınır. $M_r(\text{Al}_2\text{O}_3) = 102$. $m = 0,005 \cdot 102 = 0,51$ q Al_2O_3 .

Həlli 241. İlkin məhluldakı K_2SO_4 -ün kütləsi

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 6 \\ 500 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 30 \text{ q K}_2\text{SO}_4$$

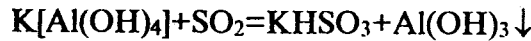
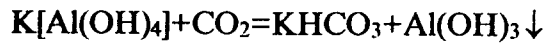
$M_r[\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}] = 948$. Fərz edək ki, 500 q məhlula x q kalium-alüminium zəyi əlavə edilmişdir. Onda məhlulun kütləsi $(500+x)$ q olar. x q kalium-alüminium zəyindəki K_2SO_4 -ün miqdarı:

$$\left. \begin{array}{l} 948 \text{ q K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O} \text{ ----- } 174 \text{ q (K}_2\text{SO}_4) \\ x \text{ ----- } n \end{array} \right\} \Rightarrow n = 0,18354x \text{ K}_2\text{SO}_4.$$

Məsələnin şərtinə əsasən

$$(500+x) \text{ q məhlulda } \left. \begin{array}{l} \text{-----} (30+0,18354x) \text{ K}_2\text{SO}_4 \text{ var} \\ 100 \text{ -----} 12 \end{array} \right\} \Rightarrow x=472 \text{ q K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}.$$

Həlli 242. $A \rightarrow \text{CO}_2$; $B \rightarrow \text{SO}_2$



Həlli 243. Alüminium-hidroksid kolloidinin 1 hissəciyinin səthi $6 \cdot 10^2 \text{ nm}^2$ -dir.

Bu isə $6 \cdot 10^2 \cdot (10^{-9})^2 = 6 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ edir.

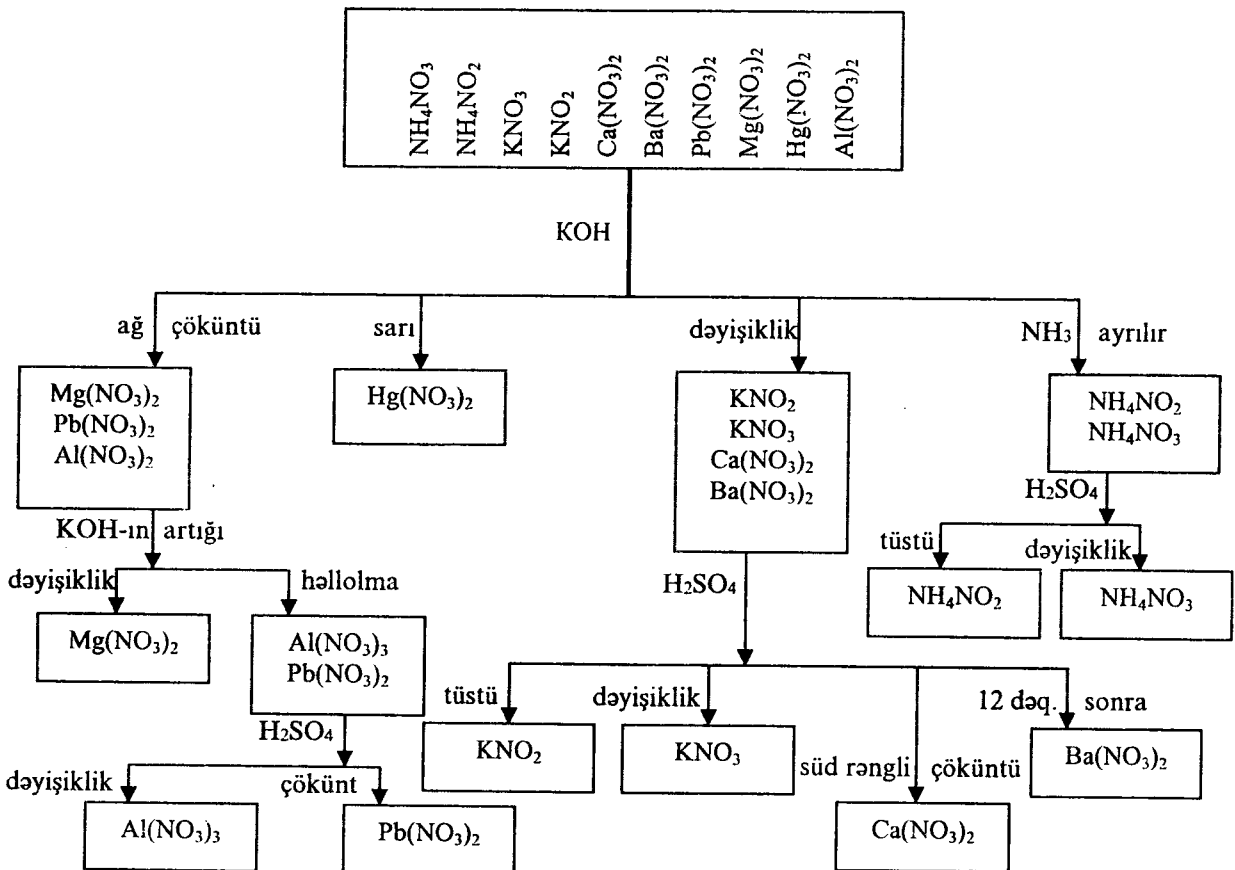
Kolloid hissəciklərin sayı: $10000 : (6 \cdot 10^{-16}) = 1,7 \cdot 10^{19}$

Onların həcmi: $1,7 \cdot 10^{19} \cdot (10 \cdot 10^{-9})^3 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

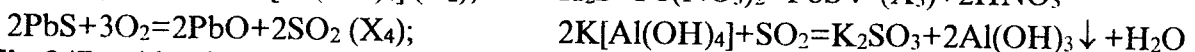
Onların kütləsi: $3 \text{ q/sm}^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 100^3 \text{ sm}^3/\text{m}^3 = 51 \text{ q}.$

Həlli 244. Alüminium qabın səthindəki tutqun ləkəni təmizləmək üçün 3 %-li sirkə turşusu məhlulu (mətbəxdə işlədilən sirkəni yarıya qədər su ilə durulaşdırmalı), yaxud 5-10 %-li kalsinasiya olunmuş soda ilə (paltar sodası) silmək lazımdır. Bu zaman mütləq rezin əlcək geyməyi unutmaq olmaz. Tutqunlaşmış alüminium-oksüd təbəqəsi turşu, yaxud qələvidə həll olur. Təmizlədikdən sonra qabı qaynar su ilə yumaq lazımdır.

Həlli 245. Məsələnin şərtində göstərilən duzların hamısını təyin etmək üçün natrium-hidroksid (yaxud kalium-hidroksid) və sulfat turşusundan istifadə etmək kifayətdir. Duzların hər birinin məhlulundan az miqdarda götürməklə analizi aşağıdakı sxem üzrə aparmaq lazımdır.



Həlli 246. $2\text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{S} (\text{X}_1) + 6\text{H}_2\text{O} = 6\text{NaCl} + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}$



Həlli 247. Alüminium xəstəliyi termini ilk dəfə İsveçrənin cənub göllərində su orqanizmlərinin ölməsinin səbəbini tədqiq edən isveç alimlərinin hesabatında işlədilmişdir. İnsanın təsərrüfat fəaliyyəti nəticəsində atmosfərə ildə milyard tona yaxın turşu xassəli maddələr, kükürd 4-oksüd, xlor, hidrogen-xlorid, hidrogen-sulfid, azot oksidləri və s. maddələr daxil olur. Həmin maddələr atmosfer çöküntüləri ilə torpağa, sulfat, nitrat və xlorid turşuları şəklində daxil olurlar. Bunlar turşu yağışı adlanırlar və bu zaman bəzi

hallarda pH 2,0-4,0-ə enir. Turşu yağışı bitkilərə öldürücü təsir göstərir, torpaqdakı qida maddələrini yuyur; onun strukturunu dəyişir, azotu fiksasiya edən bakteriyaların məhsuldarlığını aşağı salır. pH=5 olduqda alüminium birləşmələrinin həllolması artır. Həllolmuş halda alüminium geokimyəvi cəhətdən hərəkətli olur, torpaqdan suya keçir. Suda yaşayan orqanizmlər və quşlar üçün təhlükəli olur. Alüminiumun təsirindən canlı orqanizmlərdə metalüzvibirləşmələrin normal quruluşu pozulur. Bundan başqa, alüminium fermentlərindən və metaloproteidlərdən maqnezium, kalsium, natrium və dəmir kimi bioelementləri sıxışdırıb çıxarır. Toksikoloji təsirinə görə alüminium 13-cü yerdə yerləşir: Hg, Ag, Cu, Ni, Pb, Cd, Zn, Co, Fe, Mn, Al. Lakin suda pH-in qiyməti aşağı düşdükcə onun zərərli təsiri ağır metalların təsiri ilə müqayisə edilə bilər. Göründüyü kimi, antropogen fəaliyyət nəticəsində alüminium toksik elementlər siyahısına düşmüşdür və bunun haqqında düşünmək lazımdır.

Həlli 248. Al_4C_3 -alüminium-karbid; $Al_2(C_2)_3$ -alüminium-asetilenid. Reaksiya tənlikləri:



$Mr(Al_4C_3)=144$; $Mr[Al_2(C_2)_3]=126$; $Mr(CH_4)=16$; $Mr(C_2H_2)=26$. Qaz qarışığının molyar kütləsi $Mr=4 \cdot 5,25=21$. Fərz edək ki, qarışıq x mol CH_4 və $(1-x)$ mol C_2H_2 -dən ibarətdir:

$16+(1-x)26=21 \Rightarrow x=0,5$ mol CH_4 ; $1-0,5=0,5$ mol C_2H_2 . 1,344 l CH_4 və C_2H_2 qarışığı neçə

mol edir? $\frac{1,344}{22,4} = 0,06$ mol. Deməli, qaz qarışığı 0,03 mol CH_4 və 0,03 mol C_2H_2 -dən

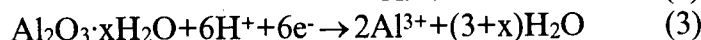
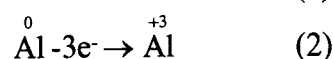
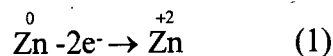
ibarətdir. Reaksiya tənliklərinə əsasən ilkin qarışıq 0,01 mol $\frac{0,03}{3} = 0,01$ Al_4C_3 və 0,01 mol

$Al_2(C_2)_3$ -dən ibarətdir. Bunların neçə qram etdiyini hesablayaq: $m=0,01 \cdot 144=1,44$ q Al_4C_3 ;

$m=0,01 \cdot 126=1,26$ q $Al_2(C_2)_3$. $\frac{1,44 \cdot 100}{2,7} = 53,33$ % Al_4C_3 ; $\frac{1,26 \cdot 100}{2,7} = 46,66$ % $Al_2(C_2)_3$.

Həlli 249. Gil kaolinin qum, əhəngdaşı, dəmir oksidləri və aşınmamış çöl şpatları ilə qarışığıdır. Kaolinin kimyəvi tərkibi $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ -dan ibarətdir. O, gil (ağ torpağın) əsasını təşkil edir. Gildə qumun miqdarı çox olduqda giltorpaq yaxud gilli torpaq adlanır. Gildə $CaCO_3$ və $MgCO_3$ qarışığı çox olduqda mergel adlanır. Gilin rəngi qonur olduqda onda dəmir oksidləri, boz olduqda üzvi maddələr olur. Dəmir və manqan oksidləri bəzi hallarda gil rənginin daha intensiv olmasına səbəb olur. Ondan oxra və umbra adı ilə mineral boyaq kimi istifadə edilir.

Həlli 250. Birinci halda cərəyan sinkdən alüminiuma tərəf axır. Baxmayaraq ki, standart elektrod potensialının qiyməti alüminiumda $-1,66$ V sinkdə isə $-0,76$ V-a bərabərdir. Bunun səbəbi alüminiumun səthinin möhkəm oksid təbəqəsi ilə örtülməsidir. Sinklə müqayisədə onun elektrodonor xassəsi aşağı düşür. Ona görə də birinci təcrübədə $Zn|NaCl \cdot aq|Al_2O_3 \cdot xH_2O|Al$ doğrudur. $Zn|NaCl \cdot aq|Al$ isə doğru deyil. Bu zaman aşağıdakı proseslər gedir:

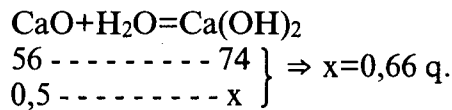


Üçüncü proses ikinciyə nisbətən güclüdür. Naşatır spirti əlavə etdikdə oksid təbəqəsi daha da artır, (3) prosesin (2) ilə kompensasiya olunmaması artır və cərəyan güclənir. Ammonyakın suda məhlulundan fərqli olaraq natrium-hidroksid alüminiumun səthindəki oksid təbəqəsini həll edir, (2) proses (3)-ə nisbətən sürətlənir. Cərəyanın istiqaməti dəyişir, metalların standart elektrod potensialına uyğun olaraq.

Həlli 251. İlkin məhluldakı $Ca(OH)_2$ -nin kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 0,1 \\ 250 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=0,25 \text{ q } Ca(OH)_2.$$

0,5 q kalsium-oksiddən alınan kalsium-hidroksidin kütləsi:



Bunların birlikdə kütləsi: $0,25 + 0,66 = 0,91 \text{ q.}$

Məhlulun kütləsi: $250 + 0,5 = 250,5 \text{ q.}$

Faizlə qatılığı:

$$\begin{array}{r} 250,5 \text{ ----- } 0,91 \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \Rightarrow x = 0,3633 \text{ \%}$$

Bu məsələnin düzgün olmayan həllidir. Ona görə ki, 20°C -də 100 q suda $0,166 \text{ q}$ Ca(OH)_2 həll olur. 250 q ilkin məhlulda təqribən 250 q su var. Onda həll olan Ca(OH)_2 -in kütləsi:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ ----- } 0,166 \\ 250 \text{ ----- } x \end{array} \Rightarrow x = 0,415 \text{ q.}$$

Deməli, $0,91 - 0,415 = 0,495 \text{ q}$ Ca(OH) çöküntü şəklində ayrılır.

Məhlulun kütləsi: $250 + 0,415 = 250,415$.

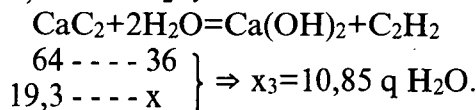
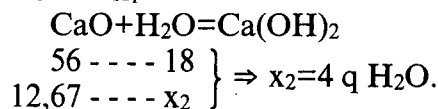
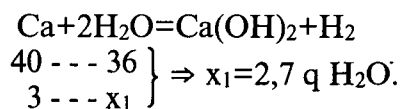
Məhlulun faizlə qatılığı:

$$\begin{array}{r} 250,415 \text{ ----- } 0,415 \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \Rightarrow x = 0,166 \text{ \%}$$

Həlli 252. $\text{Ar}(\text{Ca}) = 40$; $\text{Mr}(\text{CaO}) = 56$; $\text{Mr}(\text{CaC}_2) = 64$; $1 \text{ mol Ca} = 40 \text{ q}$; $3 \text{ mol CaO} = 3 \cdot 56 = 168 \text{ q}$; $4 \text{ mol CaC}_2 = 256 \text{ q}$. Qarışığın kütləsi $40 + 168 + 256 = 464$. Qarışığın 35 q qramında olan Ca , CaO

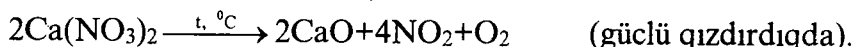
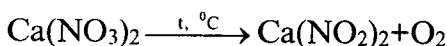
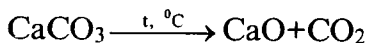
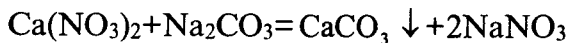
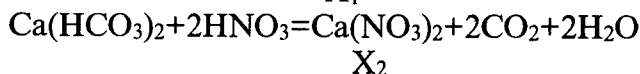
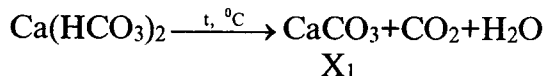
və CaC_2 -nin kütləsi: $\frac{35 \cdot 40}{464} = 3 \text{ q (Ca)}$; $\frac{35 \cdot 168}{464} = 12,67 \text{ q (CaO)}$; $\frac{35 \cdot 256}{464} = 19,3 \text{ q CaC}_2$.

Reaksiya tənlikləri:

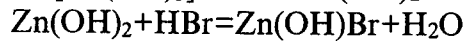
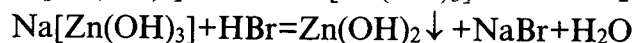
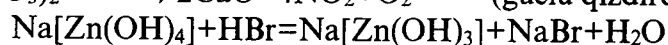


Beləliklə, suyun kütləsi: $2,7 + 4 + 10,85 = 17,55 \text{ q}$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ q/sm}^3$; $V = 1 \text{ q/sm}^3 \cdot 17,55 \text{ q} = 17,55 \text{ sm}^3$.

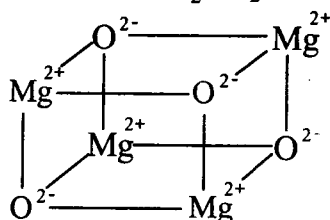
Həlli 253.



Həlli 254.



Həlli 255.

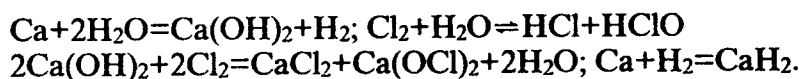
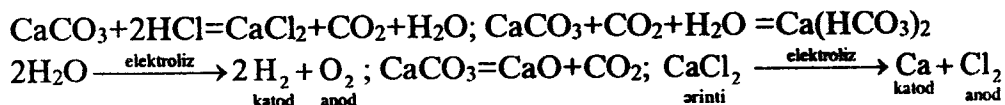


Həlli 256.

a) K^+ -ionunun suda məhlulu;

- b) Ca^{2+} -ionunun suda məhlulu;
 c) K^+ və Ca^{2+} -ionlarından başqa dördüncü dövr elementlərinin hamısının kationu;
 d) Ca^{2+} -ionunun suda məhlulu.

Həlli 257.



Həlli 258. Maqnezium sinkə nisbətən daha fəaldır, sürətlə korroziyaya uğrayır, dəmiri paslanmaqdan qoruyur. Sink oksigenlə tədricən reaksiyaya girir, su və CO iştirak etdikdə qoruyucu əsasi sink-karbonat əmələ gəlir. Nəticədə sinkin özünün səthində qoruyucu təbəqə əmələ gəlir və əksinə elektronlar dəmirdən sinkə keçir, dəmirin paslanması sürətlənir.

Həlli 259. $\text{Mr}(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174$; $\text{Mr}(\text{AgNO}_3) = 170$

$$E_{\text{K}_2\text{SO}_4} = \frac{174}{2} = 87; E_{\text{AgNO}_3} = \frac{170}{1} = 170.$$

0,2 N məhlulda 0,2 qram-ekvivalent duz var. Buradan $0,2 \cdot 87 = 17,4$ q K_2SO_4 və $0,2 \cdot 170 = 34$ q AgNO_3 .

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml məhlulda} \text{ ----- } 17,4 \text{ q } \text{K}_2\text{SO}_4 \text{ var} \\ 100 \text{ ml} \text{ ----- } x_1 \end{array} \right\} \Rightarrow x_1 = 1,74 \text{ q } (\text{K}_2\text{SO}_4)$$

$$\left. \begin{array}{l} 1000 \text{ ml məhlulda} \text{ ----- } 34 \text{ q } \text{AgNO}_3 \text{ var} \\ 100 \text{ ml} \text{ ----- } x_2 \end{array} \right\} \Rightarrow x_2 = 3,4 \text{ q } (\text{AgNO}_3)$$

Məsələnin şərtindən aydındır ki, naməlum duza K_2SO_4 -lə təsir etdikdə onun sulfatı $\text{Me}_2(\text{SO}_4)_x$, AgNO_3 -lə təsirdə gümüş-xlorid Ag_yR əmələ gəlir. Burada x metalın valentliyi, y isə turşu qalığının (R) valentliyidir. 1,74 q K_2SO_4 -də olan sulfat ionunun kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 174 (\text{K}_2\text{SO}_4) \text{ ----- } 96 (\text{SO}_4^{2-}) \text{ var} \\ 1,74 \text{ ----- } x_3 \end{array} \right\} \Rightarrow x_3 = 0,96 \text{ q } (\text{SO}_4^{2-})$$

3,4 q AgNO_3 -də olan Ag^+ kütləsi

$$\left. \begin{array}{l} 170 (\text{AgNO}_3) \text{ ----- } 108 (\text{Ag}^+) \\ 3,4 (\text{AgNO}_3) \text{ ----- } x_4 \end{array} \right\} \Rightarrow x_4 = 2,16 \text{ q } (\text{Ag}^+)$$

2,33 q metal sulfatında $2,33 - 0,96 (\text{SO}_4^{2-}) = 1,37$ q metal var. Həmin metalın ekvivalentini

təyin edək: $E_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{96}{2} = 48.$

$$\left. \begin{array}{l} 0,96 (\text{SO}_4^{2-}) \text{ ----- } 1,37 \text{ metal ekvivalentdir} \\ 48 (\text{SO}_4^{2-}) \text{ ----- } x_5 \end{array} \right\} \Rightarrow x_5 = 68,5$$

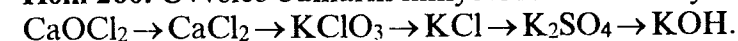
$$\text{Ar} = E \cdot V = 68,5 \cdot 2 = 137 \text{ (Ba)}.$$

2,87 q gümüş duzunda $2,87 - 2,16 = 0,71$ q turşu qalığı (R^{y-}) var.

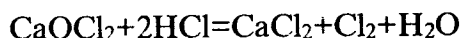
$$\left. \begin{array}{l} 2,16 (\text{Ag}^+) \text{ ----- } 0,71 \text{ ekvivalentdir} \\ 108 (\text{Ag}^+) \text{ ----- } x_6 \end{array} \right\} \Rightarrow x_6 = 35,5 (\text{Cl}^-)$$

Birvalentli xlorun ekvivalenti 35,5-ə bərabərdir. Duzun formulu BaCl_2 .

Həlli 260. Əvvəlcə bunların kimyəvi formullarını yazaq:



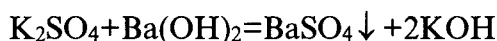
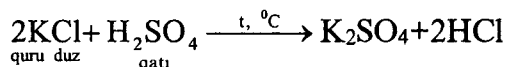
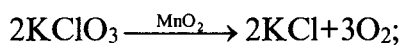
Reaksiya tənlikləri:



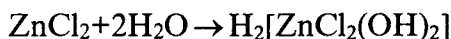
Kalsium-xloriddən bilavasitə KClO_3 almaq olmur. Ona görə də CaCl_2 -dən əvvəlcə Cl_2 almaq lazımdır:



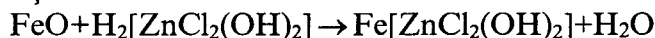
Burada xlorun hamısı bertole duzuna (KClO_3) çevrilir. Elektrokimyəvi oksidləşmə onun çıxımını artırır:



Həlli 261. Qatı məhlulda sink-xloridin hidrolizi nəticəsində kompleks turşu əmələ gəlir:



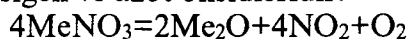
Ona görə də lehimləməzdən əvvəl sink-xlorid məhlulundan metalın səthindəki oksid təbəqəsini təmizləmək üçün istifadə edilir:



Həlli 262. Qələvi metalların nitratını qızdırdıqda nitrat və sərbəst oksigen ayrılır. Buna əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

$$\begin{aligned} \text{MeNO}_3 &= \text{MeNO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \\ \left. \begin{array}{l} (\text{Me}+62) \text{ ----- } 16 \\ 100 \text{ ----- } 78,26 \end{array} \right\} &\Rightarrow \text{Me} = -41,55 \end{aligned}$$

Göründüyü kimi, metalın nisbi atom kütləsinin qiyməti mənfidir və bu üsulla məsələnin həlli yoxdur. Belə hesab etmək olar ki, közərtildikdə qələvi metalın oksidi alınmışdır və qaz halındakı məhsullar sərbəst oksigen və azot oksidləridir:



Bərk qalığın (metal oksidinin) kütləsi $(100 - 78,26 = 21,74)$ 21,74 % təşkil edir:

$$\left. \begin{array}{l} 2\text{Me} + 124 \text{ ----- } 2\text{Me} + 16 \\ 100 \text{ ----- } 21,74 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Me} = 7 \text{ (Li)}$$

Nitratın formulu LiNO_3 .

Həlli 263. Etil spirti məhlulunun kütləsi:

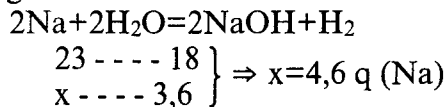
$$m = \rho V = 112,5 \text{ ml} \cdot 0,8 \text{ q/ml} = 90 \text{ q.}$$

Məhluldakı spirtin və suyun kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 96 \\ 90 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 86,4 \text{ q (C}_2\text{H}_5\text{OH)}$$

$$90 - 86,4 = 3,6 \text{ q H}_2\text{O.}$$

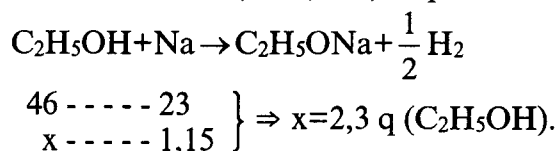
Etil spirti ilə müqayisədə suyun turşuluq xassəsi yüksəkdir. Ona görə də natrium metalı birinci növbədə su ilə reaksiyaya girəcək:



Əmələ gələn NaOH -ın kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 18 \text{ (H}_2\text{O)} \text{ ----- } 40 \text{ (NaOH)} \\ 3,6 \text{ (H}_2\text{O)} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8 \text{ q (NaOH)}$$

Etil spirti ilə reaksiyaya girən natriumun kütləsi: $5,75 - 4,6 = 1,15 \text{ q Na.}$



Əmələ gələn natrium-etilatın kütləsi: $\text{Mr}(\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}) = 68.$

$$\left. \begin{array}{l} 23 \text{ (Na)} \text{ ----- } 68 \text{ (C}_2\text{H}_5\text{ONa)} \\ 1,15 \text{ (Na)} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 3,4 \text{ q (C}_2\text{H}_5\text{ONa).}$$

Qalan etil spirtinin kütləsi: $86,4 - 2,3 = 84,1 \text{ q C}_2\text{H}_5\text{OH.}$

Ayrılan hidrogenin kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 23 \text{ (Na)} \text{ ----- } 1 \text{ (H}_2\text{)} \\ 5,75 \text{ (Na)} \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,25 \text{ q (H}_2\text{).}$$

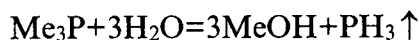
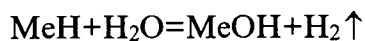
Məhlulun kütləsi: $(90 + 5,75) - 0,25 = 95,5.$

$$\left. \begin{array}{l} 95,5 \text{ ----- } 8 \text{ q (NaOH)} \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8,38 \% \text{ (NaOH).}$$

$$\left. \begin{array}{l} 95,5 \text{ ----- } 84,1 \text{ q (C}_2\text{H}_5\text{OH)} \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 88,06 \% \text{ (C}_2\text{H}_5\text{OH).}$$

$$\left. \begin{array}{l} 95,5 \text{ ----- } 3,4 \text{ q (C}_2\text{H}_5\text{ONa)} \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=3,56 \% \text{ (C}_2\text{H}_5\text{ONa)}.$$

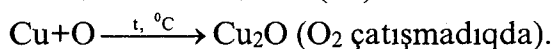
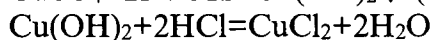
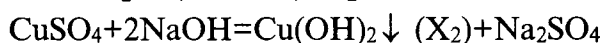
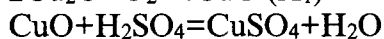
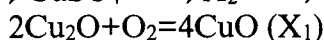
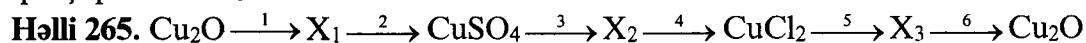
Həlli 264. Qələvi metalı Me ilə işarə etsək, hidridin formulu MeH, fosfidin formulu Me₃P olar. Reaksiya tənlikləri:



Qaz qarışığı H₂ və PH₃-dən ibarətdir. Nisbi molekul kütləsi Mr=0,44·20=8,8; Ar(Ne)=20. Fərz edək ki, qarışıq x mol H₂-dən 1-x mol PH₃-dən ibarətdir.

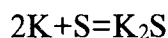
$$\text{Mr}(\text{H}_2)=2; \text{Mr}(\text{PH}_3)=34.$$

$2x+34(1-x)=8,8 \Rightarrow x=0,7875$ mol H₂ və $1-0,7875=0,2125$ mol PH₃. Hidrogen və fosfinin molları sayı reaksiya tənliklərinə əsasən müvafiq olaraq qələvi metalın hidridi və fosfidinin molları sayına bərabərdir. Deməli, qarışıq 0,7875 mol hidriddən MeH və 0,2125 mol fosfiddən Me₃P ibarətdir. 0,7875 mol MeH (0,7875Me+0,7875) qram edir. 0,2125 mol Me₃P (0,6375 Me+6,5875) qram edir. Məsələnin şərtinə əsasən hidrid və fosfidin kütlələri bərabərdir. Deməli, $0,7875\text{Me}+0,7875=0,6375\text{Me}+6,5875 \Rightarrow \text{Me}=38,666 \approx 39$ (K). İlkin qarışıq KH və K₃P-dən ibarətdir.



$$\text{Həlli 266. Maddələrin mollarla miqdarı: } n(\text{K}) = \frac{1,17}{39} = 0,03 \text{ mol; } n(\text{S}) = \frac{0,64}{32} = 0,02 \text{ mol.}$$

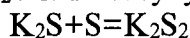
Sulfid əmələgəlmə reaksiyasının tənliyi:



0,03 mol kaliumla reaksiyaya sərf olunan kükürdün mollarını tapaq:

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ (K)} \text{ ----- } 1 \text{ (S)} \\ 0,03 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=0,015 \text{ mol S.}$$

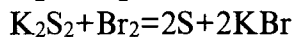
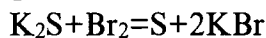
Qalan kükürd $0,02-0,015=0,005$ mol K₂S-lə reaksiyaya girir K₂S₂ əmələ gətirir:



$n(\text{K}_2\text{S})=0,015-0,005=0,01$; $n(\text{K}_2\text{S}_2)=0,005$. Məhlulda K₂S və K₂S₂-nin molyar qatılığı:

$$C(\text{K}_2\text{S}) = \frac{0,01}{0,05} = 0,2 \text{ mol/} \ell; \quad C(\text{K}_2\text{S}_2) = \frac{0,005}{0,05} = 0,1 \text{ mol/} \ell.$$

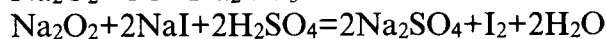
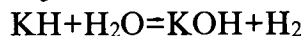
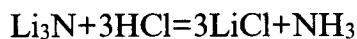
Brom əlavə etdikdə gedən reaksiyalar:



$n_1(\text{Br}_2)=n(\text{K}_2\text{S})=0,01$ mol; $n_2(\text{Br}_2)=n(\text{K}_2\text{S}_2)=0,005$ mol; $n_1+n_2=0,01+0,005=0,015$ mol Br₂.

$m(\text{Br}_2)=0,015 \cdot 160=2,4$ q.

Həlli 267.



Həlli 268. İçməli soda natrium-hidrokarbonatdır. Onu qızdırdıqda natrium-karbonata, suya və karbon qazına parçalanır:

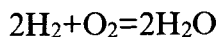


$$\left. \begin{array}{l} 2 \cdot 84 \text{ ----- } 106 \\ 25 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=16 \text{ q Na}_2\text{CO}_3.$$

Məhlulun kütləsi: $200+16=216$.

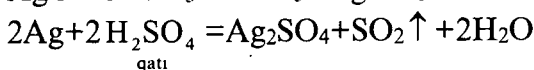
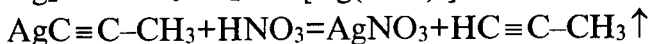
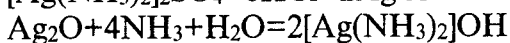
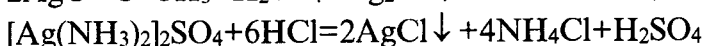
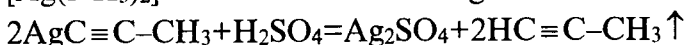
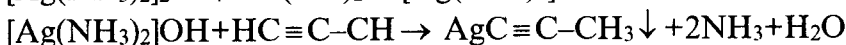
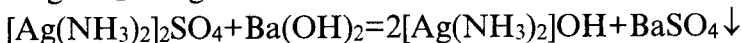
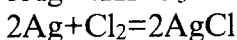
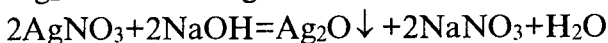
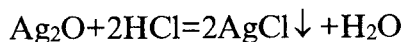
$$\left. \begin{array}{l} 216 \text{ ----- } 16 \\ 100 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x=7,4 \%$$

Həlli 269. Hidrogenlə oksigenin qarışığı, guruldayıcı qaz ($2\text{H}_2:1\text{O}_2$) əmələ gətirir. Həmin qarışıq yanır:



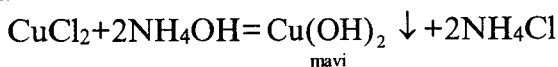
Oksigen natrium-peroksidin su ilə reaksiyasından əmələ gələn H_2O_2 -nin parçalanmasından əmələ gəlir.

Həlli 270.

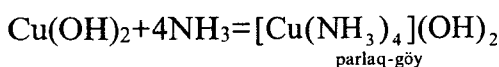


qatı

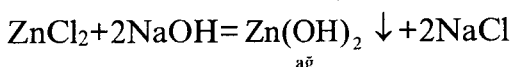
Həlli 271. Reaksiya tənlikləri:



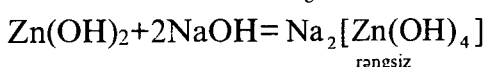
mavi



parlaq-göy



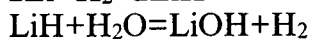
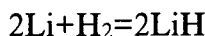
ağ



rəngsiz

Hər iki halda reaktivləri (ammonyak və qələvi) əlavə etdikdə müxtəlif rəngli çöküntülər alınır. Hər iki çöküntü hidrosiddir və reaktivin artığında həll olur. Bu zaman mis kation ammiakat kompleksi, sink isə anion hidrosikompleksi əmələ gətirir. Hər iki halda kompleks ionda koordinasiya ədədi 4-ə bərabərdir.

Həlli 272. Reaksiya tənlikləri:



Litium-hidrid həblərindən dənizdə qəza zamanı qayıqların xilas etmə jiletlərini hidrogenlə doldurmaq üçün istifadə edilir.

Həlli 273. Natriumun sıxlığı $0,97 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Onun 1 sm^3 -də olan sərbəst elektronların sayını hesablayaq: $\text{Ar}(\text{Na})=23$

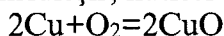
$$\left. \begin{array}{l} 23 \text{ ----- } 6,02 \cdot 10^{23} \\ 0,97 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2,54 \cdot 10^{21}$$

Gümüşün sıxlığı $10,5 \text{ q/sm}^3$ -ə bərabərdir. Eyni qayda ilə gümüşün 1 sm^3 -də olan sərbəst elektronlarını hesablayaq: $\text{Ar}(\text{Ag})=108$

$$\left. \begin{array}{l} 108 \text{ ----- } 6,02 \cdot 10^{23} \\ 10,5 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 5,85 \cdot 10^{21}$$

Göründüyü kimi, gümüşün vahid həcmindəki sərbəst elektronların sayı natriumda olduğundan ($\frac{5,85 \cdot 10^{21}}{2,54 \cdot 10^{21}} = 2,3$) 2,3 dəfə çoxdur. Ona görə də elektrik keçiriciliyi natriumdan yüksəkdir.

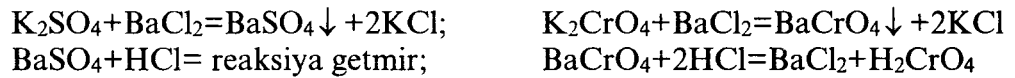
Həlli 274. Havada misi közərtədikdə oksidləşir, kütləsi artır:



Ona görə də 3-cü qrafik həmin prosesi düzgün əks etdirir.

Həlli 275. Metalların hər ikisinin kristal quruluşu (kubik-üzəmərkəzləşmiş) eynidir, atom radiusları da təqribən eynidir (1,44 Å).

Həlli 276. Reaksiya tənlikləri:



Deməli, çöküntünün həll olmayan hissəsi barium-sulfatdır. Ona əsasən ilkin qarışıqdakı K_2SO_4 -ün kütləsini hesablayaq:

$$\begin{array}{l} \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{KCl} \\ 174 \text{ ----- } 233 \\ x \text{ ----- } 23,3 \end{array} \} \Rightarrow x = 17,4 \text{ q.}$$

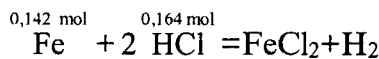
$$23,3 - 17,4 (\text{K}_2\text{SO}_4) = 5,9 \text{ q } (\text{K}_2\text{CrO}_4).$$

Həlli 277. Nisbi atom kütləsi 58,71 olan metal nikelidir. Reaksiya tənliyi: $\text{Ni} + \text{B}_2 = \text{NiB}_2$

$$\begin{array}{l} 1,49 (\text{Ni}) \text{ ----- } 6,44 (\text{B}_2) \text{ ilə birləşir} \\ 58,71 \text{ ----- } x \end{array} \} \Rightarrow x = 254 \text{ q } (\text{B}_2).$$

$$B = \frac{254}{2} = 127 \text{ (I)}. \text{ AB}_2 \text{ birləşməsi NiI}_2 \text{-dir.}$$

Həlli 278.



$m(\text{HCl}) = 60 \cdot 0,1 = 6 \text{ q}$ (0,164 mol). $\gamma(\text{Fe}) = \frac{8}{56} = 0,142 \text{ mol}$. Dəmirin tamamilə həll olması

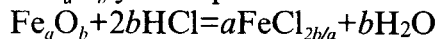
üçün $0,142 \cdot 2 = 0,284 \text{ mol}$ xlorid turşusu tələb olunur. Deməli, HCl çatışmır. Əmələ gələn Fe^{2+} ionu hava oksigeni ilə qismən oksidləşsə belə, dəmirin artığı ilə reduksiya olunur: $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 2\text{Fe}^{2+}$. Eyni zamanda hidroliz prosesi baş verir: $\text{Fe}^{2+} + \text{HOH} = \text{Fe}(\text{OH})^+ + \text{H}^+$ HCl-un artığı olmadığına görə tarazlıq sağa yönəlmir. Reaksiya məhsulu A maddəsi $\text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}$ -dir.

Həlli 279. $\overset{m \text{ q}}{\text{Fe}} + 2 \overset{73 \text{ q}}{\text{HCl}} = \overset{0,25 \text{ q}}{\text{FeCl}_2} + \overset{2 \text{ q}}{\text{H}_2}$; $m(\text{HCl}) = 182,5 \cdot 0,1 = 18,25 \text{ q}$. Ayrılan hidrogenin

kütləsinə əsasən reaksiyaya girən dəmirin kütləsi: $m(\text{Fe}) = 56 \cdot (0,25/2) = 7 \text{ q}$. Dəmirin oksidləşmə məhsulunun kütləsi: $16 - 7 = 9 \text{ q}$. Dəmirə reaksiyaya sərf olunan xlorid

turşusunun kütləsi: $\frac{73 - 0,25}{2} = 9,125 \text{ q}$ HCl. Dəmirin oksidləşmə məhsulu FeO, Fe_2O_3 və

Fe_3O_4 ola bilər. Ümumi şəkildə Fe_aO_b yazmaq olar.

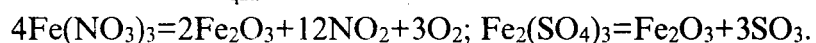
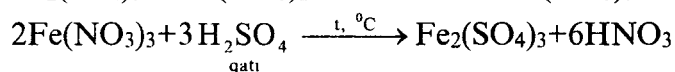
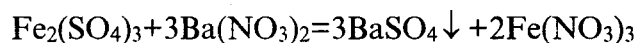
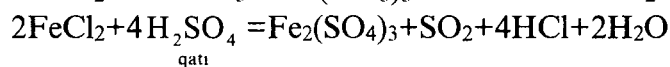


9 q oksidlə reaksiyaya $18,25 - 9,125 = 9,125 \text{ q}$ HCl sərf olunmuşdur. Bunlara əsasən aşağıdakı tənəsübü qururuq:

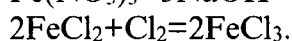
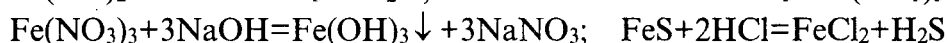
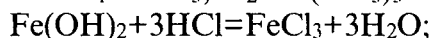
$$\begin{array}{l} 9 (\text{Fe}_a\text{O}_b) \text{ ----- } 9,125 (\text{HCl}) \\ (15a + 16b) \text{ ----- } 2b \cdot 36,5 (\text{HCl}) \end{array} \} \Rightarrow a = b.$$

Oksidin formulu FeO.

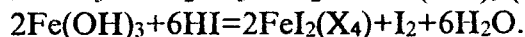
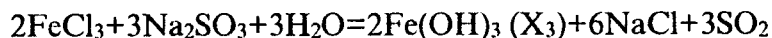
Həlli 280. $\text{X}_1 - \text{Fe}(\text{NO}_3)_3$; $\text{X}_2 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.



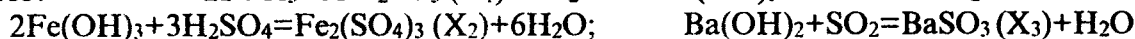
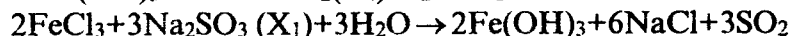
Həlli 281. $\text{X}_1 - \text{FeCl}_3$; $\text{X}_2 - \text{Fe}(\text{NO}_3)_3$.



Həlli 282. $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 (\text{X}_1) + \text{H}_2$; $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3 (\text{X}_2)$

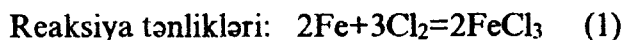


Həlli 283.



Həlli 284. Fərz edək ki, qarışıqda x mol Fe və y mol Cu var. $\text{Ar}(\text{Fe})=56$; $\text{Ar}(\text{Cu})=64$. $56x+64y=3$ (1)

Reaksiyaya girən xlorun molları sayı: $\frac{1,12}{22,4} = 0,05$ mol Cl_2 .



$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ mol (Fe)} \text{ ----- } 3 \text{ mol (Cl}_2\text{)} \\ x \text{ ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = 1,5 x \text{ mol Cl}_2$$

Reaksiya tənliyinə (2) əsasən y mol mislə eyni miqdarda Cl_2 qarşılıqlı təsirdə olur. Bunlara əsasən $1,5x+y=0,05$ yazmaq olar.

$$\begin{cases} 56x+64y=3 \\ 1,5x+y=0,05 \end{cases}$$

Sistem tənliyi həll edərək $x=0,005$ mol Fe, $y=0,0425$ mol Cu olduğunu tapırıq.

$m(\text{Fe})=0,005$ mol $\cdot 56$ q/mol = 0,28 q (Fe); $m(\text{Cu})=0,0425$ mol $\cdot 64$ q/mol = 2,72 q (Cu).

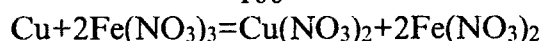
Soyuqda dəmir qatı sulfat turşusu ilə reaksiyaya girmir. 2,72 q mislə reaksiyaya girən H_2SO_4 -ün kütləsi:



$$\left. \begin{array}{l} 64 (\text{Cu}) \text{ ----- } 2 \cdot 98 (\text{H}_2\text{SO}_4) \\ 2,72 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 8,33 \text{ q H}_2\text{SO}_4$$

H_2SO_4 məhlulunun kütləsi: $\frac{8,33 \cdot 100}{83,3} = 10$ q məhlul.

Həlli 285. Məhluldakı $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ kütləsi: $\frac{300 \cdot 11,2}{100} = 33,6$ q. Reaksiya tənliyi:



Fərz edək ki, x qram mis reaksiyaya girib. Buna əsasən əmələ gələn $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ və sərf olunan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ kütləsini hesablayaq:

$$\left. \begin{array}{l} 64 (\text{Cu}) \text{ ----- } 188 \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 \\ x \text{ ----- } n_1 \end{array} \right\} \Rightarrow n_1 = 2,94x \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2$$

$$\left. \begin{array}{l} 64 (\text{Cu}) \text{ ----- } 242 \text{ Fe}(\text{NO}_3)_3 \\ x \text{ ----- } n_2 \end{array} \right\} \Rightarrow n_2 = 7,5625x \text{ Fe}(\text{NO}_3)_3$$

Məhlulda qalan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 = (33,6 - 7,5625x)$; məhlulun kütləsi = $300 + x$. Məhlulda $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ -nin kütlə payı:

$$\left. \begin{array}{l} (300+x) \text{ ----- } 2,94 x \\ 100 \text{ ----- } n_3 \end{array} \right\} \Rightarrow n_3 = \frac{100 \cdot 2,94x}{300+x}$$

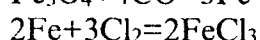
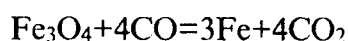
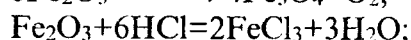
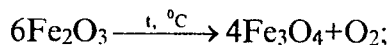
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ kütlə payı:

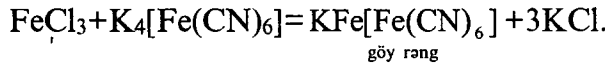
$$\left. \begin{array}{l} (300+x) \text{ ----- } 33,6 - 7,5625 x \\ 100 \text{ ----- } n_4 \end{array} \right\} \Rightarrow n_4 = \frac{100 \cdot (33,6 - 7,5625x)}{300+x}$$

Məsələnin şərtinə əsasən məhlulda $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ və $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -ün kütlə payları bir-birinə bərabərdir: $\frac{100(33,6 - 7,5625x)}{300+x} = \frac{294x}{300+x} \Rightarrow x=3,2$ q Cu reaksiyaya girib.

Reaksiyadan sonra lövhənin kütləsi: $13,2 - 3,2 = 10$ q.

Həlli 286. A- Fe_2O_3 ; B- Fe_3O_4 ; C-Fe; D- FeCl_3 .





Həlli 287. Reaksiya tənliyi: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

Lövhənin kütləsinin artımı:

$$\left. \begin{array}{l} 100\% \text{ ----- } 40 \text{ edir} \\ 5\% \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 2 \text{ q artım.}$$

$\text{Ar}(\text{Fe}) = 56$; $\text{Ar}(\text{Cu}) = 64$; $\text{Ar}(\text{FeSO}_4) = 152$. Reaksiya tənliyinə əsasən 56 q dəmir məhlula keçir 64 q mis ayrılır. $64 - 56 = 8$ q artım olur.

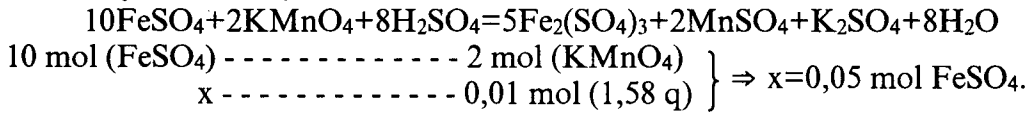
$$\left. \begin{array}{l} 8 \text{ q artım olduqda } 152 \text{ q FeSO}_4 \text{ alınır} \\ 2 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 38 \text{ q FeSO}_4.$$

$$\left. \begin{array}{l} 500 \text{ ml məhlulda } 38 \text{ q FeSO}_4 \text{ var} \\ 1000 \text{ ml ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 76 \text{ q FeSO}_4.$$

$$\frac{76}{152} = 0,5 \text{ mol FeSO}_4. \text{ Deməli, məhlulun molyar qatılığı } 0,5 \text{ M-a bərabərdir.}$$

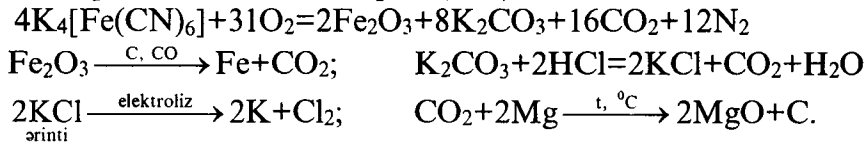
$$\left. \begin{array}{l} 8 \text{ q artım olduqda } 64 \text{ q Cu alınır} \\ 2 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 16 \text{ q mis ayrılıb.}$$

Həlli 288. KMnO_4 yalnız FeSO_4 -lə reaksiyaya girir. Həmin reaksiyadan analitik praktikada Fe^{2+} ionunu təyin etmək üçün istifadə edilir:



$m(\text{FeSO}_4) = 0,05 \cdot 152 = 7,6$ q FeSO_4 . $10 - 7,6 = 2,4$ q $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

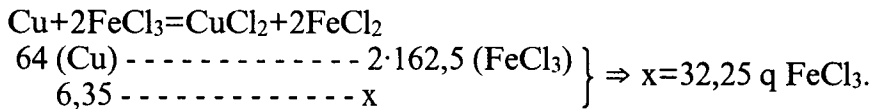
Həlli 289.



Həlli 290. Məhlulda FeCl_3 -ün kütləsi:

$$\left. \begin{array}{l} 100 \text{ ----- } 10 \\ 500 \text{ ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 50 \text{ q FeCl}_3.$$

Reaksiya tənliyi:



Qalan $\text{FeCl}_3 = 50 - 32,25 = 17,25$ q. Reaksiyadan sonra məhlulun kütləsi: $500 + 6,35 = 506,35$.

$$\left. \begin{array}{l} 506,35 \text{ q məhlulda ----- } 32,25 \text{ q FeCl}_3 \text{ var} \\ 100 \text{ q ----- } x \end{array} \right\} \Rightarrow x = 6,37\% \text{ FeCl}_3.$$

Həlli 291. Bərbərxana karadaşının əsasını dəmir-alüminium zəyləri təşkil edir:

$\text{K}^+\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Qanın zülalı mənfi yüklü kolloiddir. Qandayandırıcı karadaşda olan Al^{3+} və Fe^{3+} ionları səthdəki kolloid hissəcikləri neytrallaşdırır, qan laxtalanır.

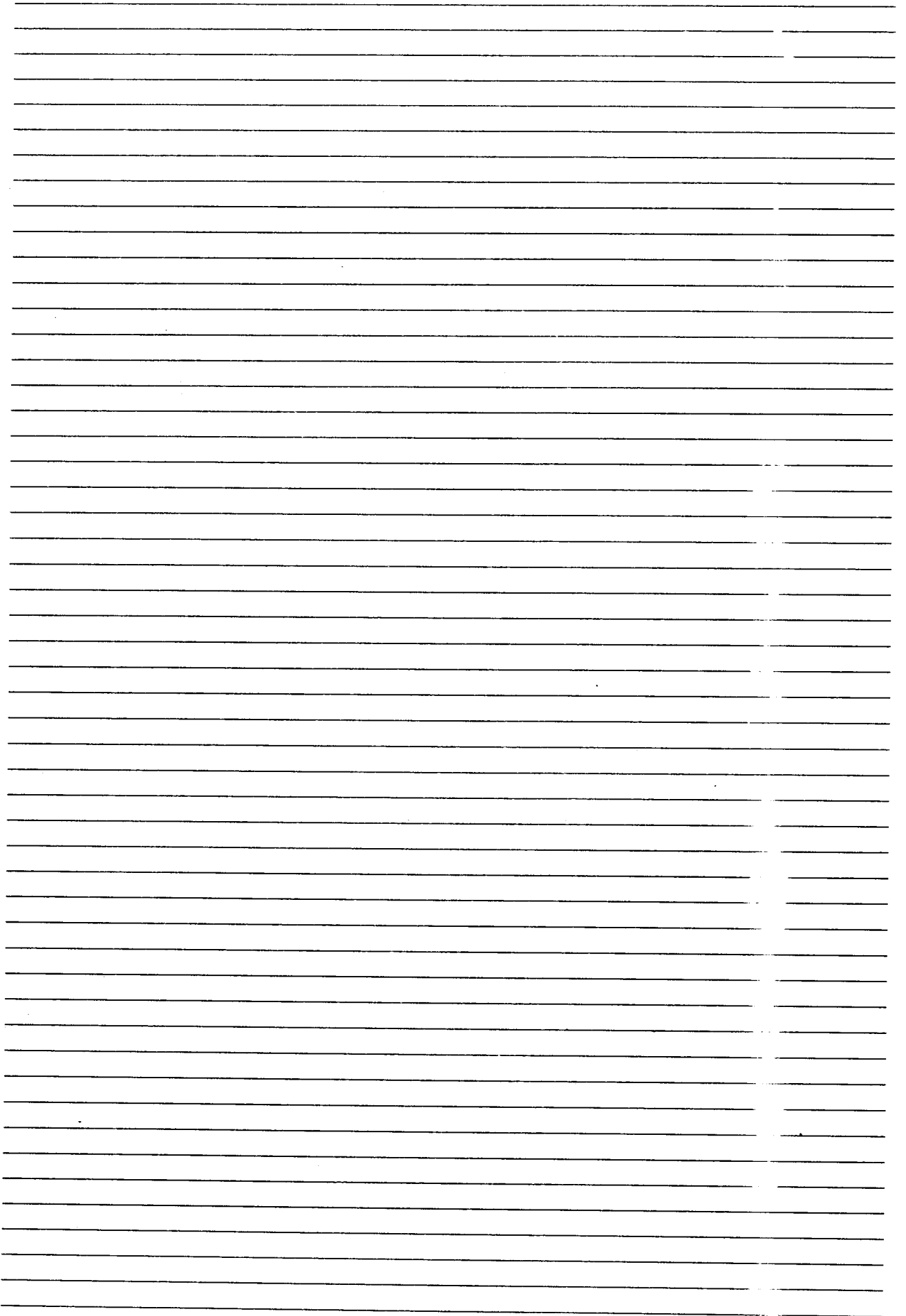
Azərbaycan dilində

1. **Abbasov V.M., Abbasov M.M., Xanlarov T.H. və b.** Kimya. Abituriyentlər və yuxarı sinif şagirdləri üçün dərs vəsaiti. Bakı, 2005.
2. **Abbasov V.M., Abbasov M.M., Əliyev A.H., Əliyev V.S. və Qasımov L.İ.** Kimya. 8-ci sinif üçün dərslik. Bakı, 2004.
3. **Abbasov V.M., Abbasov M.M., Əliyev A.H., Əliyev V.S. və Qasımov L.İ.** Kimya. 9-cu sinif üçün dərslik. Bakı, 2004.
4. **Kimya. Test tapşırıqları.** VIII-XI siniflər üçün. «Abituriyent» jurnalının xüsusi buraxılışı. Bakı, 2004.
5. **Kimyadan ekspert şərhləri.** «Abituriyent» jurnalının xüsusi buraxılışı. Bakı, 2003.
6. **Qəmbərov D.H., Məhərrəmov A.M., Mahmudov T.Ə., Şıxəliyev N.Q.** Kimyadan olimpiada məsələləri. Bakı. 1998, 246 s.

Rus dilində

7. **Ахметов Н.С., Кузнецова Л.М.** Неорганическая химия-7. М.: Просвещение, 1978, 112 с.
8. **Ахметов Н.С.** Актуальные вопросы курса неорганической химии. М.: Просвещение, 1991, 224 с.
9. **Ахметов Н.С.** Неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1975, 672 с.
10. **Ахметов Н.С.** Неорганическая химия-8. М.: Просвещение, 1979, 128 с.
11. **Бердонос С.С.** Химия-9. М.: МИРОС, 1996, 256 с.
12. **Браун Т., Лемей Г.Ю.** Химия - в центре наук: В 2-х частях. М.: Мир, 1983, 448 и 520 с.
13. **Гузей Л.С.** Как устроено химическое вещество. М.: МИРОС, 1997, 96 с.
14. **Гузей Л.С., Сорокин В.В., Суровцева Р.П.** Химия-8. М.: Просвещение, 1994, 127 с.
15. **Еремина Е.А., Рыжкова О.Н.** Справочник школьника по химии: 2003.
16. **Жуков С.Т.** Химия. М.: Химия, 1996, 178 с.
17. **Кузьменко Н.Е., Еремин В. В. и др.** Химия 1000 вопросов и ответов М.: КД Университет, 2001. 288 с.
18. **Кузьменко Н.Е., Еремин В.В.** Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс. М.: Оникс 21 век, 2003.
19. **Кузьменко Н.Е., Еремин В.В.** Химия. Пособие для средней школы. 8-11 классы М.: Экзамен, 2002.
20. **Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Чуранов С.С.** Сборник конкурсных задач по химии. М.: Экзамен, 2002.
21. **Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А.** Краткий курс химии. Для поступающих в вузы. М.: Высшая школа, 2002.
22. **Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А.** Начала химии: Современный курс для поступающих в вузы. М.: Экзамен, 2004.
23. **Модалов К., Лазаров Д., Лилов И.** У химии свои законы. Л.: Химия, 1977, 376 с.
24. **Неорганическая химия.** Энциклопедия школьника. Под. ред. акад. И.П.Алимарин. М.: «Сов. энциклопедия», 1975, 384 с.
25. **Петрянов И.В., Трифонов Д.Н.** Великий закон. М.: Педагогика, 1976, 124 с.
26. **Полинг Л., Полинг П.** Химия. М.: Мир, 1978, 688 с.
27. **Популярная библиотека химических элементов.** Ответ. ред. акад. И.В.Петрянов-Соколов. В 2-х частях. М.: Наука, 1986, 576 и 574 с.
28. **Рэмсен Э.Н.** Начала современной химии: Справ. изд. Пер. с англ. Л.: Химия, 1989, 784 с.
29. **Слейбо У., Персонс Т.** Общая химия. М.: Мир, 1979, 552 с.
30. **Фримангл М.** Химия и действия: В 2-х частях. Пер. с англ. М.: Мир, 1991, 528 и 622 с.
31. **Химия.** Под ред. Г.Сиборга. пер с англ. М.: Мир, 1967, 676 с.
32. **Химия: справочник.** Изд. В.Шретер, К.-Х.Лаутеншлегер, Х.Бибрак и др. Пер. с нем. М.: Химия, 1989, 648 с.
33. **Хомченко Г.П., Цитович И.К.** Неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1978, 448 с.

*Qeyd edək ki, kitabın yazılmasında «Химия и жизнь», «Химия в школе», «Российский химический журнал» Журнал Российского химического общества им. Д.И.Менделеева, «Журнал неорганической химии» və s. mənbələrdən istifadə edilmişdir.



Redaksiya müdiri: Məryəm Qədimova
Korrektorları: Raziyə İbrahimova
Şəfiqə Cəfərova
Kəmalə Kərimova
Fiqumə Mirzəyeva

Çapa imzalanmışdır: 18.01.2007.
Formatı 60x84 1/8. Həcmi 60 ç.v.
Sifariş № 21. Sayı 350.

Bakı Universiteti nəşriyyatı,
Bakı - 370148, Z.Xəlilov küçəsi, 23.
BDU Nəşriyyatının mətbəəsi