V.M.ABBASOV, A.M.MƏHƏRRƏMOV,
M.B.BABANLI, M.M.ABBASOV, A.M.TAĞIYEVA

ÜMUMİ KİMYANIN ƏSASLARI

**UNİVERSİTETLƏRİN
KİMYA FAKÜLTƏLƏRİ ÜÇÜN
DƏRSLİK**

*Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirliyi tərəfindən
təsdiq edilmişdir*

"AZƏRBAYCAN ENSİKLOPEDİYASI"
NƏŞRİYYAT-POLİQRAFİYA BİRLİYİ

BAKI — 2000

24.1(Az)
A 13

Müəllifl ər:

Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov,
kimya elmləri doktoru, professor, Azərbaycan Elmlər Akademiyası Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun laboratoriya rəhbəri.

Abel Məmmədəli oğlu Məhərrəmov,
kimya elmləri doktoru, professor, Bakı Dövlət Universitetinin rektoru.

Məhəmməd Baba oğlu Babanlı,
kimya elmləri doktoru, professor, Bakı Dövlət Universitetinin ümumi və qeyri-üzvi kimya kafedrasının müdiri.

Mütəllim Məhərrəm oğlu Abbasov,
kimya elmləri namizədi, Azərbaycan Elmlər Akademiyası Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun böyük elmi işçisi.

Almaz Məhərrəm qızı Tağıyeva,
kimya elmləri namizədi, Azərbaycan Elmlər Akademiyası Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kiçik elmi işçisi.

Elmi redaktor:

k.e.d. *İlyasov Teymur Məhəmməd oğlu.*

54
Y44

Rəyçilər: BDU-nun kimya fakultəsinin kimyanın tədrisi metodikası kafedrasının müdiri, k.e.n. dosent *Əzizov Əyyub Teymur oğlu.*

BDU-nun kimya fakultəsinin ümumi və qeyri-üzvi kimya kafedrasının professoru, k.e.d. *Sadıqov Fuad Mikayıl oğlu.*

V.M. Abbasov, A.M. Məhərrəmov, M.B. Babanlı, M.M. Abbasov, A.M. Tağıyeva

A13 Ümumi kimyanın əsasları. "Ali məktəblər üçün dərsliklər və dərs vəsaitləri" seriyasından. "Azərbaycan Ensiklopediyası" NPB, Bakı, 2000, 408 səh.

Dərslik 10 fəsildən — kimyanın əsas anlayışları, kimyəvi formullar və kimyəvi tənliklər üzrə stexiometrik hesablamalar, stexiometrik qanunlar, kimyəvi formullar və kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalar, maddənin qaz halının xüsusiyyətləri ilə bağlı olan hesablamalar, məhlullar, atom nüvəsi və nüvə çevrilmələri, kimyəvi rabitə, kimyəvi reaksiyaların tipləri, elektrolitik dissosiasiya fəsillərindən ibarətdir.

Kitab Universitetlərin kimya fakultələri üçün nəzərdə tutulmuşdur.

A $\frac{1701000000}{M\ 657 - 2000}$ E' lansiz - 2000

ISBN 5 - 89600 - 275 - X

© Vaqif Abbasov, Abel Məhərrəmov, Məhəmməd Babanlı və b., 2000

ÜMUMİ KİMYA

GİRİŞ

Kimya və onun əhəmiyyəti

Kimya təbiətşünaslıq elmlərindən biri olmaqla bərabər, başqa təbiət elmlərilə birlikdə bizi əhatə edən maddi aləmi öyrənir. Maddi aləm dedikdə bütünlüklə təbiət, materiyanın müxtəlif növləri və bunlarla əlaqədar olan təbiət hadisələri, ümumiyyətlə insan şüurundan asılı olmayan maddi varlıq başa düşülür. Materiyanın müxtəlif formalarında, maddə, sahə və təbii hadisələrin müxtəlifliyində bir vəhdət vardır.

Materiya hiss üzvlərimizə tə'sir etməklə bə'zən bəlli olan, dərk olunan və şüurumuzdan asılı olmayan obyektiv reallıqdır.

Materiyanın ayrılmaz xassəsi olan hərəkət onun varlıq formasıdır. Hərəkətsiz materiya, materiyasız isə hərəkət yoxdur.Materiyanın hərəkət formaları çox müxtəlifdir və qarşılıqlı əlaqədə olaraq biri digərinə keçir.

Kimya elmi də materiyanın kimyəvi hərəkət formasından bəhs edir. Materiyanın kimyəvi hərəkət forması dedikdə maddələrin birbirinə çevrilərək keyfiyyətcə dəyişilmələri, başqa sözlə, kimyəvi reaksiyalar başa düşülür.

Kimya-maddələrin tərkibini, xassələrini, qurluşunu və onların birbirinə qarşılıqlı çevrilməsini öyrənən elmdir.

Kimyəvi elementlər və onların birləşmələri, eləcə də, kimyəvi reaksiyaların tabe olduqları qanunauyğunluqlar kimyanın predmetidir.

Kimyəvi reaksiyalar-bəsit maddələrdən daha mürəkkəb maddələrin əmələ gəlməsi, bir mürəkkəb maddənin digərinə çevrilməsi

və mürəkkəb maddənin daha bəsit maddələrə parçalanma prosesidir. Kimya bu prosesləri makromiqyasda - maddələrin makromiqdarı səviyyəsində, eləcə də mikromiqyasda atom-molekul səviyyəsində öyrənir.

Müasir kimya, təbiət elmlərinin elə böyük sahəsidir ki, onun bir çox bölmələri mahiyyətinə görə müstəqil öyrənilir və bir-biri ilə sıx əlaqədardırlar.

Tədqiq olunan maddələrin əlamətlərinə və təbiətinə görə kimyanı qeyri-üzvi və üzvi kimyaya bölürlər.

Qeyri-üzvi kimya qeyri-üzvi maddələrin (elementlər və onların birləşmələrinin), üzvi kimya isə üzvi maddələrin (karbonun birləşmələrinin) xassə və çevrilmələrini öyrənir.

Üzvi və qeyri-üzvi kimyanın nəzəri əsaslarını isə ümumi kimya öyrənir.

Kimya elmi inkişaf etdikcə onun digər təbiət elmləri ilə yaxınlaşması baş verir. Məhz kimyanın digər təbiət elmləri ilə əlaqələndirilməsi nəticəsində biokimya, geokimya, kristallokimya, fotokimya, radiasiya kimyası və s. elmi istiqamətlərin ayrılması baş vermişdir.

Bununla yanaşı müasir kimya təbiətşünaslığın geniş sahəsi olduğundan özü də bir çox müstəqil elmi sahələrə bölünür. Məsələn, fiziki kimya, analitik kimya, kolloid kimyası və s.

Fiziki kimya fiziki qanunlara və eksperimentin nəticələrinə əsasən kimyəvi hadisələrin mahiyyətini və qanunauyğunluqlarını izah edir. Fiziki kimya kvant kimyasını, elektrokimyanı, kimyəvi termodinamikanı, kimyəvi kinetikanı öyrənir.

Kimyəvi texnologiya müasir istehsalatın texnoloji əsaslarını öyrənir.

Hal-hazırda insan fəaliyyətinin elə bir sahəsi yoxdur ki, orada kimyəvi yolla e'mal edilmiş məhsullardan istifadə olunmasın. Kimya kauçuklar, plastik kütlələr, liflər, yanacaqlar, boya maddələri, dərmanlar, gübrələr və s. materialları alıb, onlardan maşın və cihazqayırmada, tikintidə, xalq istehlakı məhsullarının istehsalında, tibbdə, kənd təsərrüfatında istifadə etmək imkanını verir.

Kimyanın imkanları, demək olar ki, tükənməzdir. Hal-hazırda kimya sənayesi 50 mindən artıq adda məhsul buraxır.

Qabaqcadan qarşıya qoyulmuş müəyyən xassəli maddələrin alınması sənaye istehsalının sür'ətləndirilməsi, kənd təsərrüfatının

məhsuldarlığının artırılması, ətraf mühitin mühafizəsi və s. kimyanın ən mühüm məsələləridir.

Kənd təsərrüfatının məhsuldarlığının artırılması daha qidalı mineral gübrələrdən, bitkilərin mühafizəsi vasitələrindən, heyvandarlıqda kimyəvi yem əlavələrindən, meliorasiyada müxtəlif polimer maddələr və digər kimyəvi materiallardan geniş istifadə olunması ilə bağlıdır.

Kimyəvi üsullarla, müxtəlif materiallar və onlardan hazırlanmış məhsullardan geniş istifadə etməklə sənaye istehsalının sür'ətləndirilməsinə nail olmaq olar.

Kimyəvi çevrilmələrin tullantısız texnologiyasının yaradılması və təbii ehtiyatlardan səmərəli istifadə etməklə ətraf mühitin mühafizəsinə nail olmaq olar.

I fəsil

KİMYANIN ƏSAS ANLAYIŞLARI

Maddə

Klassik elmi təsəvvürlərə uyğun olaraq materiyanın iki mövcudluq forması-*maddə* və *sahə* ayrıd edilir.

Maddə - materiyanın sükunət kütləsi olub, daim hərəkətdə olan müxtəlif növləridir.

Maddə, sükunət kütləsi sıfırdan böyük olan hissəciklərdən ibarətdir.

Sahə fasiləsizliklə xarakterizə olunur. Elektromaqnit və qravitasiya sahəsi, nüvə qüvvələri sahəsi, müxtəlif elementar hissəciklərin dalğa sahəsi və sair sahə növləri mə'lumdur. Maddə və sahə korpuskulyar - dalğa (ikili) təbiətə malik hissəciklərdən ibarətdir.

Bircinsli maddə sıxlığı ilə xarakterizə olunur. Maddənin sıxlığı onun kütləsinin həcminə olan nisbətinə bərabərdir:

$$\rho = m/v$$

burada ρ - sıxlığı, m - maddənin kütləsini, v - maddənin həcmini göstərir.

Fiziki sahə belə sıxlığa malik deyildir.

Maddəyə başqa cür də tə'rif vermək olar.

Cisimlər nədən ibarətdirsə, onlar maddə adlanır. Məsələn, stəkan şüşədən, pambıq və kağız selüllozadan, mis məftil-misdən, qaşıq-alüminium və gümüşdən ibarətdir. Deməli, şüşə, mis, selülloza, alüminium və gümüş maddələrdir.

Hər bir maddəni digər maddələrdən fərqləndirən xassələr məcmusu və ya obyektiv xassələr məcmusu vardır. Daha mühüm fiziki-kimyəvi xassələrə sıxlıq, ərimə və qaynama temperaturları, termodinamik xarakteristika, kristal quruluşunun parametrləri aiddir. *Maddənin əsas xarakteristikası onun kimyəvi xassəsidir.*

Hal-hazırda 7 milyondan artıq üzvi maddə və 500 minə qədər qeyri-üzvi maddə mə'lumdur. Maddələr müxtəlif əlamətlərinə görə təsnif olunur.

1. Tərkibinə görə (bəsit və mürəkkəb maddələr);
2. Təbiətinə görə (üzvi və qeyri-üzvi maddələr);
3. Məhlulda və ərintidə elektrik keçiriciliyinə görə (elektrolit və qeyri-elektrolitlər);
4. Aqreqat halına görə (bərk, maye və qaz halında olan maddələr);
5. Fiziki xassələrinin sabitliyinə görə (mexaniki qarışıqlar və saf maddələr).

Bütün kimyəvi maddələr prinsipcə üç aqreqat halda: bərk, maye və qaz halında ola bilər. Belə ki, buz, maye su və su buxarı eyni bir maddənin, -suyun (H_2O) bərk, maye və qaz halıdır. Bərk, maye və qaz formaları maddələrin fərdi xarakteristikası deyildir, ancaq kimyəvi maddənin mövcudluğunun müxtəlif xarici fiziki tə'sirdən asılılığına uyğundur. Ona görə də, maye kimi suyu, qaz kimi oksigeni, bərk maddə kimi natrium-xloridi göstərmək olmaz. Bunlardan hər biri şəraiti dəyişdikdə digər aqreqat halına keçə bilər.

Bərk, maye və qaz maddələrin ideal maddələrindən, maddənin real hall modellərinə keçdikdə aralıq sərhəd tipləri amorf (şüşəvari) hal, maye kristal halı və yüksəkelastik (polimer) halı müşahidə olunur.

Bununla əlaqədar olaraq, adətən, faza anlayışından istifadə edilir.

Fizikada maddənin dördüncü aqreqat halı - plazma ayırd edilir. *Plazma - maddənin bir hissəsinin və ya hamısının tamamilə ionlaşmış halıdır ki, burada müsbət və mənfi yüklərin sıxlıqları bərabərdir (plazma elektroneytraldır).*

Kristal maddələr əksərən polikristal (müxtəlif tərəflərə istiqamətlənmiş çoxlu miqdar kiçik mikroskopik kristalların toplusu) şəklində təsadüf edilir. Kristalların formasını həndəsi kristalloqrafiya öyrənir. Kristalın xarici formasının simmetriyası onun daxili quruluşunun simmetriyasından irəli gəlir.

Kristal qəfəsinin təpə nöqtələrində yerləşən hissəciklərin növündən və onların arasındakı əlaqənin təbiətindən asılı olaraq, kristallar dörd əsas növə ayrılır: ion, atom, molekul və metal kristallar.

Kristallaşma şəraitindən asılı olaraq eyni bir kimyəvi maddənin, müxtəlif kristal forması əmələ gətirə bilməsi polimorfizm (çoxformalılıq) hadisəsi adlanır.

Maddənin ayrı-ayrı şəraitə uyğun gələn quruluş formalarına isə polimorf modifikasiyalar (şəkildəyişmələr) deyilir. Kristal qəfəsdə hissəciklər arasındakı məsafə qəfəsin parametrləri adlanır.

Kimyada hər hansı maddənin öyrənilməsi ilk növbədə onun fiziki və kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi ilə başlanır.

Maddələri bir-birindən fərqləndirən və ya onların arasındakı oxşarlığı müəyyən edən əlamətlərə xassə deyilir.

Maddələrin iki cür xassəsini ayırd edirlər: fiziki və kimyəvi.

Maddənin aqreqat halı, rəngi, sıxlığı, istilik və elektrik keçiriciliyi, ərimə və qaynama temperaturları mühüm fiziki xassələridir.

Maddənin digər maddələrlə qarşılıqlı tə'sirdə olması xassəsinə kimyəvi xassə deyilir.

Fiziki və kimyəvi hadisələr. Kimyəvi reaksiyalar

Maddələrin xassələri hadisə zamanı dəyişir. Təbiətdə baş verən dəyişikliklərə hadisə deyilir. Hadisələr iki cür olur: fiziki və kimyəvi hadisələr.

Maddənin forması, həcmi və ya aqreqat halının dəyişməsi ilə baş verən hadisəyə fiziki hadisə deyilir. Başqa sözlə, fiztki hadisə zamanı bir maddə başqa maddəyə çevrilmir.

Fiziki hadisələrə misal olaraq suyun aqreqat halının dəyişməsini göstərmək olar:

buz $\rightleftarrows$ su $\rightleftarrows$ su buxarı

Buz, su və su buxarının fiziki xassələrinin müxtəlif olmasına baxmayaraq, onların kimyəvi tərkibi eynidir: onların hamısı H_2O tərkibli kimyəvi maddədir.

Bir maddənin başqa bir maddəyə çevrilməsi, yə'ni maddənin tərkib və xassələrinin dəyişməsi ilə gedən hadisəyə kimyəvi hadisə və ya kimyəvi reaksiya deyilir.

Oksidləşmə, yanma, dəmirin paslanması və s. kimyəvi hadisədir.

Kimyəvi maddədə və müxtəlif maddələrin qarışığında baş verən proseslər özündə kimyəvi reaksiyaları əks etdirir.

Həmişə: kimyəvi reaksiya baş verərkən yeni maddə alınır.

Kimyəvi reaksiya verilmiş maddənin kimyəvi xassəsini əks etdirir.

Kimyəvi reaksiyaları aşağıdakı əlamətlərə görə müəyyən etmək olar:

1. İstiliyin (bə'zən işığın) udulması və ya ayrılması; 2. rəngin dəyişilməsi; 3. çöküntünün əmələ gəlməsi və ya itməsi; 4. qazın çıxması; 5. iyin çıxması və s.

Kimyəvi reaksiyaların aparılması üçün götürülmüş başlanğıc maddələr reagentlər, reaksiya nəticəsində alınan yeni maddələr isə reaksiya məhsulları adlanır.

Kimyəvi reaksiya ümumi halda aşağıdakı kimi təsəvvür edilir:

Reagentlər → reaksiya məhsulları

Məsələn. Maqneziumun (gümüşü-ağ rəngli metal) molekulyar oksigendə (rəngsiz qaz) yanması zamanı maqnezium oksid (ağ toz) əmələ gəlir:

$$2Mg+O_2=2MgO$$

Kimyəvi hadisələr həmişə fiziki hadisələrlə müşaiyət olunur.

Maddədə baş verən kimyəvi proseslər, fiziki hadisələrdən və nüvə çevrilmələrindən fərqlənir.

Fiziki hadisələrdə iştirak edən maddə öz xassəsini dəyişmir, ancaq xarici formasını və aqreqat halını dəyişir.

Kimyəvi proseslərdə reagentlərdən fərqli xassəyə malik yeni maddə alınır, lakin heç zaman yeni atomlar əmələ gəlmir. Reaksiyada iştirak edən atomlarda elektron buludlarının şəkildəyişilməsi baş verir.

Nüvə reaksiyalarında iştirak edən bütün atomların nüvələrində dəyişiklik baş verir və yeni element atomları əmələ gəlir.

Kimyəvi reaksiyaların köməyi ilə təbiətdə az tapılan və praktiki vacib olan maddələri, məsələn, azot gübrələrini, eləcə də, təbiətdə tapılmayan mühüm birləşmələri, məsələn sulfoamidləri, sintetik dərman preparatlarını, polietileni və digər plastik maddələri almaq olar. Kimya insanın həyatı üçün vacib olan və təbiətdə mə'lum olmayan birləşmələri sintez etməyə imkan verir. Bununla bərabər bizi əhatə

edən mühitdə baş verən kimyəvi qarşılıqlı tə'sirlər və baş verən təbii proseslər mövcud olan təbii kimyəvi tsikllərin pozulmasına səbəb olur, ekoloji problemlər (ətraf mühitin zəhərlənməsi) yaradır və təbii ehtiyatlardan istifadəni çətinləşdirir.

Saf maddələr və mexaniki qarışıqlar

Fiziki xassələrinin sabitliyinə görə kimyada maddələri mexaniki qarışıqlar və saf maddələrə (kimyəvi birləşmələrə) ayırırlar.

Sabit fiziki xassələrə (qaynama və ərimə temperaturlarına, sıxlığa və s.) malik olan maddələrə saf maddələr deyilir.

Məsələn, sublimə edilmiş yod, distillə suyu və s. saf maddələrdir.

İki və daha artıq saf maddədən ibarət olan qarışıqlara mexaniki qarışıqlar deyilir.

Şəkər və duzun suda məhlulu, bürünc, tünc, hava, toz, his, duman, süd və s. mexaniki qarışıqlardır.

Qarışıqlar homogen (bircinsli) və heterogen (müxtəlifcinsli) olur.

Homogen qarışıqların tərkib hissələrini gözlə, hətta optik cihazların köməyi ilə görmək olmur, çünki maddə mikrosəviyyə halında doğranmış kimi olur. Homogen qarışıqlara qaz qarışıqlarını, həqiqi məhlulları, eləcə də bircins mayelərin qarışığını, bərk maddələr qarışığının ərintisini misal göstərmək olar.

Məsələn, hava azot N_2, oksigen O_2, karbon 4-oksid CO_2, tə'sirsiz qazlar, su buxarı, və s. maddələrin qarışığından ibarətdir.

Heterogen qarışıqların tərkib hissələri həm gözlə, həmdə optik cihazların köməyi ilə aydın görünür.

Heterogen qarışıqların ayrılan hər bir sahəsi öz daxilində homogendir.

Heterogen qarışıqlarda ayrılan belə sahələr *faza* adlanır. Homogen qarışıqlar bir fazadan, heterogen sistemlər isə iki və ya daha çox sayda fazadan ibarətdir.

İki və ya daha çox komponentdən (fazadan) və onların qarşılıqlı tə'siri məhsullarından ibarət olan sistemlərə dispers sistemlər deyilir.

Dispers sistemin fazalarından (komponentlərindən) biri dispers mühit (həlledici), digəri isə dispers faza (həll olan maddə) adlanır. Adətən miqdarı çox olan komponenti dispers mühit adlandırmaq qəbul olunmuşdur.

Həlledicinin və həll olan maddənin aqreqat halından asılı olaraq 9 tip dispers sistem müəyyən edilmişdir (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Maddələrin qarışığı

Qarışığın tərkib hissələrinin aqreqat halı	Homogen qarışıq (homogen sistem)	Heterogen qarışıq (heterogen sistem)
1. Bərk-bərk	Bərk məhlullar, ərintilər. Məsələn, latun, bürünc	Qranit, tərkibində mineral olan filizlər və i.a.
2. Bərk-maye	Maye məhlullar. Məsələn, duzların sulu məhlulu	3. Mayedə bərk maddələr-suspenziya və asılqanlar. Məsələn, suda gil, kolloid məhlullar
4. Bərk-qaz	Platində, palladiumda, poladlarda xemosorbsiya olunmuş hidrogen	5. Qaz-bərk. Məsələn, kərpic, tüstü
6.Maye-maye	Maye məhlullar. Məsələn, suda sirkə turşusu məhlulu	İki və çox qatlı maye sistemlər. Məsələn, suda maye yağ damcısı
7. Maye-qaz	Maye məhlullar. Məsələn, suda karbon qazı (CO_2) məhlulu	8. Qazda-maye. Məsələn, aerozollar, duman.
9. Qaz-qaz	Qaz məhlulları - (istənilən nisbətdə istənilən qaz qarışıqları)	Heterogen sistem mümkün deyil

Həll olmuş maddənin hissəciklərinin ölçüsünə görə dispers sistemlər 3 yerə bölünür:

1. Həqiqi məhlullar; 2. Kolloid məhlullar; 3. İri dispers sistemlər (asılqanlar).

1. Həll olmuş maddənin həlledicinin molekulları arasında molekul və ya ion şəklində paylanmış olduğu dispers sistemlərə həqiqi və ya molekulyar məhlullar deyilir. Belə məhlullarda həll olan maddə hissəciklərinin ölçüsü 1nm-dən kiçik olur. Məsələn, araq, hava, formalin və s.

2. Həll olmuş maddə hissəciklərinin ölçüsü 1-100 nm həddində olan dispers sistemlərə kolloid məhlullar deyilir. Məsələn, zülalların suda məhlulu, yapışqan, lak, nişasta kleysteri və s. kolloid məhlullardır.

Kolloid məhlulların hissəcikləri adi mikroskopla görünməyib, ultramikroskopla müşahidə edilir.

3. Asılqanlar - müxtəlifcinsli (heterogen) dispers sistemlərdir.

Həll olmuş maddə hissəciklərinin ölçüsü 100nm-dən böyük olan dispers sistemlərə asılqan deyilir.

Əgər həlledicidə paylanan hissəciklər bərk haldadırsa (suda gil), onda belə asılqanlara suspenziya, maye haldadırsa (suda benzin) emulsiya deyilir. Asılqanların hissəciklərini gözlə və ya adi mikroskopla görmək olur.

Qarışıqları kimyəvi maddələrdən fərqləndirən xüsusiyyətlər aşağıdakılardır:

1. Qarışıqların tərkibi dəyişgən, kimyəvi birləşmələrin tərkibi isə sabit olur. Məsələn, dəmir 2-sulfid FeS birləşməsində dəmir və kükürd 7:4 kütlə nisbətində birləşir; Fe və S tozu qarışığında isə onlar istənilən nisbətdə ola bilər.

2. Qarışıqların tərkibinə daxil olan maddələr öz fərdi xassələrini saxlayır, kimyəvi birləşmələrdə isə saxlamır, çünki birləşmə alındıqda başqa xassəli yeni maddə əmələ gəlir.

3. Qarışıqları fiziki üsullarla tərkib hissələrinə ayırmaq olur, birləşmələrdə isə bunu etmək olmur.

Qarışıqları buxarlandırma, çökdürmə, süzmə, maqnitin tə'siri, kristallaşdırma və xromotoqrafiya üsulları ilə ayırmaq olar.

Cədvəl 2-də maddələr qarışığının mə'lum fiziki üsullarla ayrılmasının icmalı verilmişdir.

Cədvəl 2

Maddələr qarışığının ayrılmasının mühüm fiziki üsulları

Qarışığın tərkib hissələrinin aqreqat halı	Ayırma üçün istifadə edilən mühüm fiziki xassələr	Ayrılma üsulu
1	2	3
Bərk-bərk	sıxlıq, islanma, hissəciklərin ölçüsü, həllolma, maqnetizm	çökdürmə, sedimentasiya, flotasiya, köpük flotasiyası səpələnmə ekstraksiya maqnitlə ayırma
Bərk-maye	sıxlıq	sedimentasiya, dekantasiya (mayenin çöküntüdən ayrılması) sentrofuqalama

1	2	3
	qaynama temperaturu, bərk maddənin həll olması, hissəciklərin ölçüsü, bərk hissəciklərin elektrik yükü	buxarlandırma, distillə, qurutma kristallaşdırma filtrləmə (süzmə) elektrofiltrləmə
Maye-maye	sıxlıq, qaynama temperaturu, həllolma	çökdürmə, sentrifuqalama distillə, ekstraksiya
Maye-qaz	sıxlıq, qazın həll olması	sedimentasiya, mərkəzəqaçma separasiya, qazın qovulması (temperaturu artırmaqla), başqa mayenin köməyi ilə yuyulma
Qaz-qaz	kondensasiya temperaturu, absorbsiyaolunma, adsorbsiyaolunma, hissəciklərin ölçüsü, kütlə	kondensasiya, absorbsiya (sorbentin həcmində udulma), adsorbsiya (sorbentin səthində udulma), diffuziya sentrifuqrasiya

4. Qarışıqların əmələ gəlməsi istilik effekti ilə müşaiyət olunmur; kimyəvi birləşmələrin əmələ gəlməsi isə istiliyin ya udulması, ya da ayrılması ilə müşaiyət olunur.

Təbiətdə təmiz saf maddə mövcud deyil. Məsələn, xüsusi təmiz alüminiumda 0,001% başqa maddələr qarışığı vardır. Demək olar ki, mütləq təmiz maddə-abstraktdır. Amma kimyada hər-hansı maddədən danışanda nəzərə alırlar ki, o, xüsusi təmiz maddədir. Kimyaçı həmişə çalışmalıdır ki, təcrübələrdə minimal miqdarda qarışığı olan saf maddələrdən istifadə etsin.

Nəzərə almaq lazımdır ki, hətta çox az miqdarda qarışıq maddənin xassəsini dəyişə bilər.

Bəsit və mürəkkəb maddələr. Maddələrin sintezi və analizi.

Saf maddələr bəsit və mürəkkəb maddələrə bölünür.

Eyni bir element atomlarından təşkil olunmuş maddələrə bəsit maddə deyilir.

Başqa sözlə, bəsit maddələr bir elementlidir. Məsələn, bəsit maddə olan alüminium - alüminium elementinin atomlarından, bəsit maddə olan oksigen O_2 isə oksigen elementinin atomlarından ibarətdir.

Müxtəlif element atomlarından əmələ gəlmiş maddələrə mürəkkəb maddə və ya kimyəvi birləşmə deyilir.

Başqa sözlə mürəkkəb maddə müxtəlif elementlidir. Məsələn, sulfat turşusu hidrogen (H), oksigen (O) və kükürd (S) elementlərinin atomlarından əmələ gəlmişdir, deməli o mürəkkəb maddədir.

Bəsit maddəni "atom" və "kimyəvi element" anlayışından fərqləndirmək lazımdır.

"Element" abstrakt anlayış olub, atom və molekulların tərkib hissəsini xarakterizə edir. "Bəsit maddə" anlayışı isə konkret olub, konkret maddəni xarakterizə edir. Deməli, bəsit maddə elementin sərbəst halda mövcud olan formasıdır.

Bəsit maddə atomlar məcmusuna aid olan müəyyən xassələrlə – sıxlığı, həll olması, ərimə və qaynama temperaturu və s. ilə xarakterizə olunur.

Kimyəvi element isə sıra nömrəsi, nüvənin müsbət yükü, izotop tərkibi və oksidləşmə dərəcəsi və s. ilə xarakterizə olunur.

Elementin xassələri onun ayrı-ayrı atomlarına aiddir.

Hər bir elementə bir neçə bəsit maddə uyğundur (allotropik formalar).

Eyni bir kimyəvi elementin müxtəlif bəsit maddə əmələ gətirməsi hadisəsinə allotropiya, əmələ gəlmiş bəsit maddələrə isə allotropik modifikasiyalar (şəkildəyişmələr) deyilir. Məsələn, atomar oksigen O, oksigen O_2 və ozon O_3, oksigen elementinin, ağ, qara, qırmızı fosfor isə fosfor (P) elementinin allotropik şəkildəyişmələridir.

Allotropiya hadisəsinə aid daha geniş mə'lumat oksigen, kükürd, fosfor və karbon bəhslərində verilmişdir.

Allotropiya hadisəsi 2 səbəbdən baş verir:

1. **Molekulda atomların sayının müxtəlif olması** ilə; məsələn, atomar oksigen (O), oksigen (O_2) və ozon (O_3).

2. **Maddələrin kristal quruluşunun müxtəlif olması ilə**; məsələn, ağ, qara, qırmızı fosfor; almaz, qrafit, karbon (bax fosfor və karbon bəhsi).

Buradan aydın olur ki, bəsit maddələr bir atomlu və çoxatomlu olur.

Mürəkkəb maddə həm də kimyəvi birləşmə adlanır. Bu termin onu izah edir ki, mürəkkəb maddə bəsit maddələrin birləşməsinin kimyəvi reaksiyası ilə alına bilər.

Bəsit maddələrin birləşərək mürəkkəb maddələri əmələ gətirməsi ilə gedən kimyəvi reaksiyalara kimyəvi sintez deyilir.

Mürəkkəb maddələrin bəsit maddələrə parçalanması ilə gedən reaksiyalara isə kimyəvi analiz deyilir. Məsələn,

$$\underbrace{2Hg}_{\text{bəsit maddələr}} + O_2 = \underbrace{2HgO}_{\text{kimyəvi birləşmə}}$$

$$\underbrace{2HgO}_{\text{kimyəvi birləşmə}} = \underbrace{2Hg}_{\text{bəsit maddələr}} + O_2$$

Bəsit maddələrdən əmələ gəlmiş mürəkkəb maddə onu əmələ gətirən bəsit maddələrin xassələrini saxlamır.

Məsələn, natrium-xlorid NaCl özünə məxsus xassələrə malikdir və natrium Na bəsit maddəsi kimi su ilə intensiv reaksiyaya girmir və xlor Cl_2 bəsit maddəsi kimi zəhərli deyildir.

Yuxarıda deyilənləri ümumiləşdirməklə yaza bilərik ki,

$$\text{Bəsit maddə} \underset{\text{analiz}}{\overset{\text{sintez}}{\rightleftharpoons}} \text{Mürəkkəb maddə}$$

(Sərbəst halda element şəklində) (Kimyəvi birləşmə)

Beləliklə, əgər bəsit maddə kimyəvi reaksiyada reagent kimi iştirak edirsə, onda onlar mürəkkəb maddəyə keçirlər. Bu zaman əmələ gələn kimyəvi birləşmənin kütləsi sərbəst halda olan başlanğıc elementin kütləsindən çox olacaqdır, çünki, bu elementə digər elementin kütləsi əlavə olunur. Məsələn,

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ (1) $\qquad$ $Cu + S = CuS$ (2)

Əgər ikinci reaksiyaya görə 63,55 qr mis götürülərsə, alınan məhsulun mis-2-sulfidin CuS kütləsi 95,55 qr olar. Deməli 63,55 qr Cu-ə 32 qr kükürd S əlavə olunur.

Hal-hazırda kimyəvi maddənin "sintezi" və "analizi" daha geniş mə'nada işlədilir.

Reaksiya qarışığından çıxarılması mümkün olan əhəmiyyətli maddələrin alınması ilə gedən kimyəvi proseslərin hamısı sintezə aiddir.

Maddənin vəsfi miqdarı tərkibini tə'yin etməyə imkan verən bütün kimyəvi proseslər analiz adlanır.

Başqa sözlə analiz maddənin hansı elementlərdən və nə miqdarda təşkil olunduğunu müəyyən edir.

Vəsfi və miqdarı analiz analitik kimyanın iki tərkib hissəsidir.

Atomlar və kimyəvi elementlər. Elementlərin təbiətdə yayılması

İstənilən mürəkkəb maddə kimyəvi yolla atoma qədər parçalanır. Deməli atom, ən kiçik kimyəvi hissəcikdir. Bəsit maddə (əgər o, bir atomlu deyilsə) eyni növ atomlara, mürəkkəb maddə isə müxtəlif növ atomlara parçalanır.

Atom - maddənin kimyəvi yolla bölünməyən ən kiçik hissəsi olub, müəyyən kütlə, ölçü və xassələrlə xarakterizə olunur.

Kimyəvi elementin bütün xassələrini özündə saxlayan ən kiçik hissəsinə atom deyilir.

Atomun kimyəvi xassələri onun quruluşu ilə müəyyən edildiyindən atomun müasir tə'rifi belədir:

Atom müsbət yüklü nüvədən və mənfi yüklü elektronlardan ibarət olan elektroneytral hissəcikdir.

Müxtəlif növ atomların kütlələri 10^{-24}-10^{-22} q, ölçüləri, diametri isə $1 \cdot 10^{-10}$ - $5 \cdot 10^{-10}$ m həddində dəyişir. Ona görə də atomlar kimyəvi cəhətdən ən kiçik hissəciklər hesab olunur.

Atomların eyni növü eyni kimyəvi elementlərin atomlarıdır. Atomların müxtəlif növü - müxtəlif kimyəvi elementlərin atomlarıdır. Atomun mühüm xassəsi və onu digər atomlardan fərqləndirən əsas əlaməti nüvəsinin yüküdür.

Nüvəsinin yükü eyni olan atom növünə kimyəvi element deyilir.

Nüvənin yükünün qiyməti elementin dövri sistemdəki sıra nömrəsinə uyğun gəldiyindən, kimyəvi elementə belə tə'rif də vermək olar:

Kimyəvi element sıra nömrəsi eyni olan atom növüdür. Məsələn, sıra nömrəsi 15 olan fosfor kimyəvi elementi dedikdə, nüvəsində 15 müsbət yük və nüvə ətrafında 15 elektron olan atom növü başa düşülür.

Bütün kimyəvi elementlərin sıra nömrəsi və ya nüvəsinin yükü D.İ. Mendeleyevin elementlərin dövri sistemində verilmişdir.

Bütün kimyəvi elementləri onların xassələrinə görə, başqa sözlə sərbəst atomların və elementlərin əmələ gətirdiyi bəsit və mürəkkəb maddələrin xassələrinə görə metallara və qeyri-metallara bölürlər: He, Ne, Aq, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, J, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B və H qeyri-metallar, qalan elementlər isə metallardır.

"Kimyəvi element" anlayışı ilə "bəsit maddə" anlayışını qarışdırmaq olmaz.

Element maddə deyildir, atomların müəyyən növüdür, hansı ki, bəsit və mürəkkəb maddə əmələ gətirə bilər.

Məsələn, natrium Na elementi, natrium Na bəsit maddəsinin tərkibinə daxildir. Bu maddə bərk halda metalın tərkibinə daxil olur və atomlar metalın kristal qəfəsinin təpələrində yerləşir. Eləcə də qaz halında (1159K-dən yuxarı, və ya 886^0C-də) öz aralarında birləşməyən natrium atomları şəklində ola bilər. Bundan başqa, natrium elementi ion şəklində Na^+ bir çox mürəkkəb maddənin tərkibinə daxil olur. Məsələn, natrium-sulfat Na_2SO_4, natrium Na, kükürd S və oksigen O atomlarından təşkil olunmuşdur.

D.İ. Mendeleyevin kimyəvi elementlərin dövri sistemində bu günə qədər 109 element vardır. Onlardan 88-i təbiətdə tapılmışdır. Texnesium, prometium, astat, fransium, uyğun olaraq sıra nömrəsi 43, 61, 85, 87 olan elementlər və urandan (sıra nömrəsi 92) sonrakı elementlər ilk dəfə sü'ni yolla alınmışdır. Onlardan bir neçəsi təbiətdə çox az miqdarda tapılmışdır.

Elementlərin təbiətdə yayılması çox müxtəlifdir. Elementlərin yer qabığında yayılmasının tə'yininin çoxlu üsulları mövcuddur.

Yer qabığı dedikdə litosfer (yerin 17 km dərinliyinə qədər bərk qatı), hidrosfer (dəniz və okean suları) və atmosfer (yerdən 15 km hündürlüyə qədər hava təbəqəsi) başa düşülür.

Aşağıdakı cədvəldə yer qabığında ən geniş yayılmış elementlərin miqdarı verilmişdir.

Cədvəl 3

Elementlərin yer qabığında yayılması
(kütləyə görə %-lə)

Element	%	Element	%	Element	%	Element	%	Element	%
Oksigen O	49,1	Maqnezium Mg	2,3	Stronsium Sr	0,045	Vanadium V	0,011	Litium Li	0,0030
Silisium Si	26,0	Titan Ti	0,44	Barium Ba	0,04	Nikel Ni	0,008	Neodim Nd	0,0024
Alüminium Al	7,5	Hidrogen H	0,14	Karbon C	0,032	Sink Zn	0,0065	Niobium Nb	0,0024
Dəmir Fe	4,2	Fosfor P	0,118	Xlor Cl	0,02	Azot N	0,0046	Kobalt Co	0,0023
Kalsium Ca	3,2	Manqan Mn	0,1	Xrom Cr	0,02	Serium Ce	0,0046	Lantan La	0,0018
Natrium Na	2,4	Flüor F	0,07	Sirkonium Zr	0,016	Mis Cu	0,0045	Qallium Ga	0,0015
Kalium K	2,3	Kükürd S	0,052	Rubidium Rb	0,012	İttrium Y	0,0040	Qurğuşun Pb	0,0015

Kimyəvi elementlərdən təbiətdə ən çox yayılanı oksigen və silisiumdur. Bu elementlər alüminium, dəmir, kalsium, kalium, maqnezium, hidrogen və titanla birlikdə yer qabığının 99%-ni təşkil edir. Qalan elementlərə isə 1% düşür.

Dəniz suyunda suyun tərkib hissəsi olan hidrogen və oksigendən başqa, böyük miqdarda xlor, natrium, maqnezium, kükürd, kalium, brom və karbon elementləri vardır.

Orqanizmdə yüngül elementlər - H, C, N, O üstünlük təşkil edir.

Kosmosda ən yüngül elementlər hidrogen və helium He geniş yayılmışdır.

Kimyəvi birləşmələrin molekulları

İki atomdan ibarət kimyəvi birləşmələr ən kiçik hissəcik olan molekullardan təşkil olunmuşdur. Molekullar-elektroneytral atomlar qrupundan və ya elektrik yükünə malik atom və atomlar qrupu olan ionlardan ibarətdir.

Adətən uçucu xassəyə malik kovalent birləşmələr molekullardan təşkil olunmuşdur. Məsələn, su H_2O, ammonyak NH_3, karbon qazı CO_2 molekulları müxtəlif qeyri-metal atomlarından təşkil olunmuşdur və bu atomlar öz aralarında kovalent rabitə əmələ gətirirlər. Belə ki, su molekulu H_2O iki atom hidrogendən H və bir atom oksigendən O

əmələ gəlmişdir. Oksigen atomu hər iki hidrogen atomları ilə kovalent rabitə əmələ gətirir.

Molekul atomun əksinə olaraq kimyəvi bölünəndir.

Maddənin bütün kimyəvi xassələrini özündə saxlayan ən kiçik hissəsinə molekul deyilir. Molekul şəklində ancaq birləşmələr deyil, bəsit maddələr də ola bilər.

Kimyəvi birləşmələrin, başqa sözlə, mürəkkəb maddələrin molekulları çox elementli (H_2O, NH_3, CO_2, H_2SO_4 və s.), bəsit maddələrin molekulları isə birelementlidir (H_2, O_2, N_2, Cl_2, S_8, P_4 və s.).

Əgər kimyəvi reaksiyada bəsit maddə əmələ gəlirsə, əmələgəlmənin ilk anında bu maddələr biratomlu (H,O,Cl) olur. Onlar əmələ gəlmə anının bəsit maddələri və ya *atomar bəsit maddələr adlanır.* Məsələn, atomar hidrogen. Atomar bəsit maddələr həddən çox aktivdir və ona görə də əgər başqa reagent yoxdursa bir an müddətində çoxatomlu molekullar və molekulyar bəsit maddələr əmələ gətirirlər (H_2,O_2,Cl_2) və zəif reaksiya qabiliyyətli olurlar.

Sadə halda "atom" və "molekul" məfhumları üst-üstə düşə bilər. Məsələn, tə'sirsiz qazların - helium, neon, arqon və s. molekulları bir atomdan ibarətdir. Molekul maddənin fiziki xassələrinə malik olmayıb, yalnız onun kimyəvi xassələrinə malikdir.

Molekulun kimyəvi xassələri onun tərkibinə daxil olan atomların xassələri məcmuyundan ibarət deyil. Fiziki xassələr ayrı-ayrı atom və molekullara yox, çox sayda hissəciklər (atomlar, molekullar) qrupuna (sayı Loşmidt ədədindən - $1sm^3$-də $2 \cdot 10^{19}$-dan çox olan hissəciklər məcmuyuna) aiddir.

Əksər kimyəvi birləşmələr molekullardan deyil ionlardan təşkil olunmuşdur. Bütün duzlar, eləcə də duzəmələgətirən birləşmələr (əsasi oksidlər, əsaslar, sulfidlər) ion birləşmələrinə aiddir. Belə birləşmələrin tərkib hissələri birelementli və çoxelementli ionlardan ibarətdir və bu ionlar öz aralarında ion rabitəsi ilə birləşmişdir.

Məsələn, natrium-xlorid NaCl, Na^+ və Cl^- ionlarından, natrium peroksid Na_2O_2, Na^+ və O_2^{-2} ionlarından, mis-2-sulfat $CuSO_4$ Cu^{+2} və SO_4^{-2} ionlarından ibarətdir.

İon birləşmələrində molekul olmur. İon birləşmələrin xassələrini müsbət yüklü ionlar (kationlar) və mənfi (anionlar) eyni zamanda müəyyən edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, molekulun maddənin kimyəvi xassəsini özündə saxlayan ən kiçik hissəsi kimi tə'rifi yalnız molekullardan ibarət olan maddələr üçün doğrudur. Müasir təsəvvürlərə görə maye, qaz və buxar halında olan maddələr, həmçinin yalnız molekulyar quruluşa malik olan bərk maddələr molekullardan ibarətdir. Məsələn, üzvi maddələr (qlükoza, saxaroza, stearin turşusu və s.), qeyri-metallar (kiçik istisnalıqla), karbon 4-oksid, su, amonyak, hidrogen-sulfid və s. molekullardan təşkil olunmuşdur. Bərk kristal qeyri-üzvi maddələrin çoxu isə (duzlar, qələvilər, metal oksidləri, metallar, almaz, qrafit) qeyri-molekulyar quruluşa malik olub, atom və ionlardan ibarətdir.

Molekulyar quruluşlu maddələrdə molekullar arasındakı rabitə atomlar arasındakı rabitədən az davamlıdır. Ona görə onlar nisbətən aşağı ərimə və qaynama temperaturlarına malikdir. Məsələn, hidrogenin, azotun və oksigenin qaynama temperaturları müvafiq olaraq -253^{0}C, -193^{0}C, -183^{0}C-dir. Atom və ion quruluşlu maddələrdə isə hissəciklər arasındakı kimyəvi rabitə çox möhkəm olduğundan, onlar yüksək ərimə və qaynama temperaturlarına malikdir. Məsələn, natrium-xloridin ərimə temperaturu 800^{0}C, qaynama temperaturu isə 1454^{0}C-dir.

Beləliklə yüxarıda söylənilənlərə əsasən molekula aşağıdakı tə'rifi vermək olar.

Molekul - molekulyar quruluşlu maddənin kimyəvi xassələrini özündə saxlayan ən kiçik hissəsidir.

Kimyada atom - molekul tə'limi

hissəciklərdən təşkil olunması hqqında tə- meydana gəlmişdir.

dirdilər ki, maddələr fasiləsiz hə- səciklərdən təşkil olunmuşdur. Qədim mütəfəkkirlər (Levkipp, bütün maddələr formasına, onları rləşməsinə görə fərqlənir. Təbiət- tomların birləşməsi və ya ayrılması

aranmasında özünün "Riyazi kimyanın 1771) qədim mütəfəkkirlərin atomistik

hipotezlərini elmi nəzəriyyə səviyyəsinədək inkişaf etdirmiş rus alimi M.V. Lomonosovun mühüm rolu olmuşdur.

M.V. Lomonosovun atom-molekul tə'liminin mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

Bütün maddələr fasiləsiz hərəkət edən kiçik hissəciklərdən - korpuskullardan (Lomonosov molekulları belə adladırırdı) ibarətdir.

Korpuskullar isə öz növbəsində elementlərdən (o, atomları belə adlandırırdı) ibarətdir.

M.V. Lomonosov "ilkin korpuskullar" (bəsit maddələrin molekulları) və "korpuskulların törəmələrini" (birləşmələrin) molekullarını ayrıd edirdi.

Atomlar da molekullar kimi fasiləsiz hərəkətdədir və müəyyən kimyəvi xassələri, kütləsi və ölçüsü ilə xarakterizə olunur.

Lomonosov hesab edirdi ki, korpuskul əmələ gələrkən atomlar müəyyən nisbətdə birləşir. Bəsit maddənin molekulları eyni növ atomlardan, mürəkkəb maddənin molekulları isə müxtəlif növ atomlardan ibarətdir. Molekulun xassələri təkcə onu əmələ gətirən atomların növündən və sayından asılı deyildir, həm də maddə molekulunda bu atomların yerləşməsindən asılıdır.

Atom və molekul anlayışlarını fərqləndirməklə M.N.Lomonosov bir çox xarici ölkə kimyaçılarını qabaqlamışdır. İngilis alimi Daltona qədər Lomonosov bir sıra kimyəvi və fiziki hadisələrin izahı üçün atom-molekul tə'limini tətbiq etmişdir.

O hesab etmişdir ki, əmələ gələn maddənin xassəsi onu əmələ gətirən atomların növündən və sayından, eləcə də atomların birləşmə ardıcıllıqlarından asılıdır.

Kimyəvi reaksiyalarda bir maddənin digər maddəyə çevrilməsi zamanı bir molekul digərinə çevrilir.

Atom haqqında tə'limin inkişafında Daltonun da böyük xidməti olmuşdur. Onun ən böyük xidməti ondan ibarətdir ki, o atom çəkisi (kütləsi) haqqında anlayış irəli sürmüş, o vaxt mə'lum olan elementlərin atom çəkilərini tə'yin etmiş, atom haqqındakı təsəvvürlər əsasında nisbətlər qanununu izah etmiş, maddələrin tərkibini kimyəvi formullarla ifadə etməyi təklif etmişdir. Lakin C. Dalton bəsit maddələrdə molekulların mövcud olmasını inkar edirdi. O, bəsit maddələrin atomlardan təşkil olunması ideyasını irəli sürürdü.

Atom-molekul haqqında tə'lim, atom və molekul məfhumlarının tə'rifi 1860-cı ildə Karlsrue şəhərində kimyaçıların beynəlxalq qurultayında qəbul edilmişdir.

Atom-molekul tə'liminin əsas müddəaları aşağıdakılardır:

1. Bütün maddələr atom və molekullardan ibarətdir.
2. Hər bir növ atomlar öz aralarında eyni olub, digər növ atomlardan fərqlənir.
3. Molekullar həm bir element atomlarından (bəsit maddə) həm də müxtəlif element atomlarından (mürəkkəb maddə) ibarət ola bilər.
4. Atom və molekullar fasiləsiz hərəkətdədir, temperatur artdıqca onların sür'əti də artır.

Maddənin ayrı-ayrı molekulları eyni şəraitdə müxtəlif sür'ətlə hərəkət edir.

Ona görə də molekulun orta hərəkət sür'əti qəbul edilir. Molekulun hərəkət sür'əti onun xassələrindən və maddənin aqreqat halından asılıdır. Molekulun hərəkətinin intensivlik ölçüsü temperaturudur. Müxtəlif molekulların hərəkət sür'ətinin müxtəlifliyi onların kütlələrinin müxtəlifliyindən asılıdır. Molekulun kütləsi nə qədər kiçik olarsa o daha sür'ətlə hərəkət edər və əksinə molekulun kütləsi nə qədər çox olarsa o, daha az sür'ətlə hərəkət edər.Molekulun real mövcudluğunu sübut edən bir sıra fiziki hadisələr molekulun hərəkət sür'əti ilə əlaqədardır. Belə hadisələrdən biri diffuziyadır.

Diffuziya bir maddə molekulunun digərində paylanmasıdır. Diffuziya qazlarda, mayelərdə və bərk cisimlərdə müşahidə edilir. Məsələn, havadan 1,17 dəfə ağır olan hidrogen-sulfid qazının tədricən bütün otağa yayılması, kalium-permanqanatın suya əlavə edilməsi ilə bütün məhlulun tədricən möruğu rəngə boyanması. İki şliflənmiş qurğuşun və qızıl lövhələri üst-üstə qoyduqdan sonra onların üzərinə ağır yük qoyulur. Bir neçə ildən sonra qurğuşun lövhənin bütün hissələrində qızıl hissəcikləri tapılmışdır. Bu da bərk maddələrin diffuziyasına sübut ola bilər.

Bərk maddələri müəyyən həddə qədər qızdırdıqda onun hissəcikləri arasında rabitə qırılır və nizamsız düzülərək əriyir.

Mayelərdə isə temperaturu artırdıqda molekullararası rabitələr qırılır və maye qaynamağa başlayır.

İndiyə qədər söhbət ancaq molekulların hərəkətindən gedirdi. Lakin yaddan çıxartmaq lazım deyil ki, molekula daxil olan atomlar

da daim hərəkətdədir və bu da doğrudur ki, onun hərəkəti bu və ya digər dərəcədə məhduddur.

5. Fiziki hadisə zamanı molekullar dəyişmir, kimyəvi hadisə nəticəsində isə bir molekuldan digəri əmələ gəlir.

6. Maddələr molekulyar və qeyri-molekulyar qurluşludur.

7. Bərk halda molekulyar qurluşlu maddələrin kristal qəfəsinin düyünlərində molekullar yerləşir.

8. Molekullar arasında, ölçüləri maddənin aqreqat halından və temperaturdan asılı olan böşluqlar vardır.

9. Qeyri-molekulyar quruluşlu maddələrin kristal qəfəsinin düyünlərində molekullar deyil, atom və ionlar yerləşir.

XIX əsrin sonuna qədər atom və molekulları ölçmək və çəkmək mümkün olmadığından, onların real mövcudluğu təsdiq olunmurdu. Hesab edirdilər ki, atom-molekul tə'limi obyektiv reallığı əks etdirmir, o, kimyəvi proseslərin başa düşülməsi üçün elmə daxil edilmişdir. Bu şübhələrə fransız fiziki Perrenin klassik təcrübələri son qoydu. Perren qətranlı maddələrdən çox kiçik kürəciklər düzəltdi. Bu kürəciklər onun təcrübələrində qaz molekulu rolu oynayırdı. Kürəciklər eyni həcmli olurdu və onların kütləsini və sayını hesablamaq mümkün olurdu. O, kürəcikləri suya tökür və su olan qabda mikroskopla onların paylanmasını müşahidə edirdi. Müəyyən səviyyələrdə vahid həcmə düşən kürəciklərin miqdarını hesablayaraq alim müəyyən etmişdir ki, bu qazların hündürlükdən asılı olaraq qatılığının azalması qanununa uyğundur. Bu qanun qazların kinetik nəzəriyyəsindən çıxır və bunun əsasını atom-molekul tə'limi təşkil edir.

Perren bu hissəciklərin kinetik enerjisini tə'yin etdi və müəyyənləşdirdi ki, bu həmin temperaturda qazların kinetik nəzəriyyəsinə əsasən hesablanmış qaz molekullarının kinetik enerjisinə tamamilə uyğundur.

Müasir dövrdə nəinki atomların ölçülərini, hətta onların kütlələrini və aralarındakı məsafəni hesablamaq, eləcə də onların fotoşəklini çəkmək mümkündür.

II fəsil

KİMYƏVİ FORMULLAR VƏ KİMYƏVİ TƏNLİKLƏR ÜZRƏ STEXİOMETRİK HESABLAMALAR

Maddə miqdarı. Elementlərin və individual maddələrin kimyəvi işarələri

Elementlərin latınca adlarının ya ilk hərfi, ya da ilk və sonrakı hərflərin biri kimyəvi işarələr kimi qəbul edilmişdir.

Məsələn, latınca Natrium -Na, Ferrium-Fe, Hidrogenium-H, Litium-Li, Kalsium-Ca, Qallium-Ga kimi işarə olunur.

Kimyəvi işarə elementin adını, onun bir atomunu, atomlarının bir molunu, elementin nisbi atom kütləsini, sıra nömrəsini göstərir.

Məsələn, Ca işarəsi göstərir ki, bu kalsiumdur, onun bir atomudur, atomlarının bir moludur, kalsiumun nisbi atom kütləsi 40-dır, sıra nömrəsi 20-dir.

Nisbi atom, molekulyar və formul kütlələri, atom kütlə vahidi.

Kimyəvi elementlərin atom kütlələri həddən çox kiçik kəmiyyətlərdir - $1{,}674 \cdot 10^{-27}$-dən $4{,}27 \cdot 10^{-25}$-kq-dək. Kimyada onların mütləq qiymətlərindən (m_a) deyil, nisbi atom kütləsindən (A_r, burada -r- "nisbiliyi" göstərir, bu da *relative* ingilis sözündən götürülmüşdür) istifadə edilir:

Nisbi atom kütləsi elementin atom kütləsinin karbon ^{12}C izotopu kütləsinin 1/12-nə olan nisbətidir.

Karbon 12-izotopu kütləsinin 1/12-i atom kütlə vahidi (a.k.v.) adlanır.

$$1.a.k.v.=1/12m_a\,(C)=\frac{1{,}993\cdot10^{-26}}{12}=1{,}667\cdot10^{-27}kq$$

Buna müvafiq olaraq

$$Ar(H)=\frac{1{,}674\cdot10^{-27}\,kq}{1{,}667\cdot10^{-27}\,kq}=1{,}0079$$

Nisbi atom kütləsi hər hansı bir element atomunun kütləsinin karbon ^{12}C izotopu kütləsinin 1/12-dən neçə dəfə çox olduğunu göstərir.

Nisbi atom kütləsi (və ya sadəcə atom kütləsi) ölçüsüz kəmiyətdir. m_a və Ar arasında əlaqə m_a=Ar·1a.k.v. düsturu ilə göstərilir.

Nisbi molekul (Mr) kütləsi maddənin molekul kütləsinin ^{12}C izotopu kütləsinin 1/12-nə olan nisbətidir.

Adətən qeyri-üzvi birləşmələrin əksəriyyəti adi şəraitdə molekulyar quruluşa malik deyil, onda bu halda formul kütləsindən (F) istifadə edilir.

Formul kütləsi maddənin tərkibinə daxil olan element atomlarının sayı nəzərə alınmaqla onların nisbi atom kütlələrinin cəminə bərabərdir:

Molekulyar quruluşlu maddələr üçün nisbi molekul kütləsindən istifadə edilir.

$$Mr(AB)=\frac{m(AB)}{1.a.k.v.}$$

Məsələn,

$$Mr\,(H_2SO_4)=\frac{m(H_2SO_4)}{1.a.k.v.}=\frac{163{,}366\cdot10^{-27}}{1{,}667\cdot10^{-27}}=98$$

və ya

$$Mr\,(H_2SO_4)=2Ar(H)+Ar(S)+4Ar(O)=2\cdot1+32+4\cdot16=98$$

Qeyri-molekulyar quruluşlu birləşmələrin nisbi molekul kütləsini hesablayaq:

$$F[(NH_4)_2CO_3]=2\cdot14.0067+8\cdot1{,}00794+1\cdot12{,}011+3\cdot15{,}9994=$$
$$=96{,}086\approx96.$$
$$F(TiO_{0{,}82})\approx1\cdot47{,}90+0{,}82\cdot16\approx61{,}02.$$

Birləşmələrin molekul kütləsinə görə elementin atom kütləsinin tapılması qaydası

Əvvəlcə həmin elementin mümkün qədər çox birləşməsinin molekul çəkiləri tapılır. Sonra bu birləşmələrin kütləcə tərkibləri tə'yin edilir və hər birləşmənin bir molekulunda həmin elementin neçə a.k. vahidi gəldiyi tapılır. Alınan ədədlərin ən kiçiyi (bu şərtlə ki, yerdə qalan ədədlərin hamısı ona bölünə bilsin) elementin atom kütləsi qəbul olunur.

Misal. Azotun aşağıdakı birləşmələrinin molekul kütlələrinə və kütlə tərkiblərinə əsaslanaraq onun atom kütləsini tə'yin edin.

Birləşmələrin adı	Molekul kütləsi	Birləşmədə azotun faizlə miqdarı
azot 1 - oksid	44	63,63%
azot 2 - oksid	30	46,67%
azot 3 - oksid	76	37,1%
azot 4 - oksid	46	30,435%
azot 5 - oksid	108	25,93%
Nitrat - turşusu	63	22,22%
Ammonyak	17	82,35%

Həlli: Göstərilən birləşmələrdən hər birinin bir molekulunun tərkibində azotun kütləsinin neçə karbon vahidi gəldiyini hesablayırıq. Azot -1-oksidin molekul kütləsi 44 karbon vahididir. Bundan azotun payına 63,63% düşür.

Deməli, azot -1-oksiddə olan azotun kütləsi aşağıdakı kimi tapılır:

$$\frac{44 \cdot 63{,}63}{100} = 28 \text{ k.v.}$$

Eyni qayda ilə o biri birləşmələrin də molekullarında olan azotun miqdarını tapırıq:

Azot 2-oksid	14 k.v.
Azot 3-oksid	28 k.v.
Azot 4-oksid	14 k.v.
Azot 5-oksid	28 k.v.
Nitrat turşusu	14 k.v.
ammonyak	14 k.v.

Alınan ədədlərdən görünür ki, ən kiçik ədəd 14-dür. Deməli, azotun atom kütləsi 14-a.k. vahididir.

Elementin atom istilik tutumuna əsasən atom kütləsinin tə'yini

Elementin istilik tutumu onun atom kütləsinin müvafiq bəsit maddənin xüsusi istilik tutumuna vurulması hasilinə deyilir.

Bəsit bərk maddələrdən çoxunun atom istilik tutumu təxminən bərabər olub, orta hesabla 6,3-dür [Dülonq və Piti qaydası].

Buradan görünür ki, bəsit maddənin xüsusi istilik tutumunu tə'yin edib, 6,3-ü ona bölsək həmin elementin atom kütləsinə yaxın bir kəmiyyət alarıq.

a.k.=6,3/xüsusi istilik tutumu

və ya $$Ar=\frac{6,3}{C}$$

Misal. Metalın ekvivalenti 23,24, xüsusi istilik tutumu isə 0,09-dur.

Metalın dəqiq atom kütləsini tapaq:

$$Ar=\frac{6,3}{0,09}=70.$$

Metalın valentini tapaq:

$$E=\frac{Ar}{B} \text{ buradan } B=\frac{Ar}{E}=\frac{70}{23,24}=3$$

Dəqiq atom kütləsi, aşağıdakı kimi olur:

Ar=E·B=23,24·3=69,72 a.k.v.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Natriumun aşağıdakı birləşmələrinin molekul kütlələrinə və kütlə tərkiblərinə əsasən onun atom kütləsini tapın:

Birləşmələrin adı	Molekul kütləsi	Natriumun %-lə miqdarı
Natrium-oksid	62	74,19
Natrium-hidroksid	40	57,5
Natrium-bromid	103	22,33

C a v a b: 23

2. Aşağıdakı birləşmələrdən hər birinin molekulunun tərkibində olan karbonun kütləsini karbon vahidi ilə ifadə edin.

Birləşmələrin adı	Molekul kütləsi	Karbonun %-lə miqdarı
Metan	16	75
Etil spirti	46	52,174
butan	58	82,758

C a v a b: 12

3. 4,56 q metal oksidləşdikdə 7,56 q oksid əmələ gətirmişdir. Metalın xüsusi istilik tutumu 0,25-dir. Metalın dəqiq atom kütləsini tə'yin edin.

C a v a b: 24,32

4. 4 q metal xlorid turşusunda həll olduqda 11,1 q xlorid alınmışdır. Metalın xüsusi istilik tutumu 0,157-dir. Metalın valentliyini və dəqiq atom kütləsini tapın.

C a v a b: 2; 40.

5. Üç valentli elementin oksidində 52,94% metal vardır. Elementin atom kütləsini hesablayın.

C a v a b: 27.

6. İkivalentli elementin oksidində 28,57% oksigen vardır. Metalın atom kütləsini tapın.

C a v a b: 40.

7. Dördvalentli elementin oksidində 69,56% oksigen vardır. Metalın atom kütləsini tapın.

C a v a b: 14.

8. 4 q metal xlorid turşusundan 2,24 *l* hidrogen çıxarır [normal şəraitdə]. Metalın xüsusi istilik tutumu 0,156-ya bərabərdir. Metalın dəqiq atom kütləsini tapın.

C a v a b: 40.

Maddə miqdarı. Molyar kütlə və molyar həcm

Maddə miqdarının Beynəlxalq Vahidlər Sistemində ölçü vahidi moldur.

Kimyəvi reaksiyaların tam getməsi üçün reaksiyaya girən maddələri elə kütlə nisbətində götürmək lazımdır ki, onların tərkibində reaksiya üçün tələb olunan sayda hissəciklər olsun.

Məsələn, $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

reaksiyasında hər bir azot molekulu 3 hidrogen molekulu ilə reaksiyaya girir.

Bunun üçün də maddə miqdarı adlanan fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur.

Mol - 0,012 kq [12 qr] karbon -12 izotopunda olan atomların sayı qədər hissəcikləri [molekulları, atomları, ionları, elektronları və s.] olan maddə miqdarıdır.

Karbon atomunun kütləsini [$1{,}993 \cdot 10^{-26}$ kq] bilərək 0,012 kq karbondakı [başqa sözlə 1 mol] atomların sayını tapmaq olar:

$$N_{\Lambda} = \frac{0{,}012 kq/mol}{1{,}993 \cdot 10^{-26} kq} \approx 6{,}02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

İstənilən elementin nisbi atom kütləsini (və ya istənilən maddənin nisbi molekul kütləsini) onun bir atomunun (və ya bir molekulunun) həqiqi kütləsinə bölsək $6{,}02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$ alınar. Bu ədəd Avoqadro ədədi adlanır və mühüm universal sabitlərdən biridir. O, istənilən maddənin 1 molundakı quruluş hissəciklərinin sayına bərabərdir.

Deməli istənilən maddənin 1 molunda $6{,}02 \cdot 20^{23}$ quruluş hissəciyi olur.

Ona görə də molu aşağıdakı kimi də ifadə etmək olar.

Maddənin $6{,}02 \cdot 10^{23}$ sayda hissəcikdən ibarət olan miqdarına mol deyilir.

Avoqadro ədədi ilə Loşmitd ədədini qarışdırmaq olmaz. Avoqadro ədədi maddənin aqreqat halından asılı olmayaraq onun 1 molunda olan formul vahidlərinin sayını göstərir və sabitdir. Loşmidt ədədi isə ancaq normal şəraitdə olan qazlara aiddir, N_L ilə işarə edilir və $1 sm^{-3}$-də olan hissəciklərin sayını göstərir:

$$N_L = 2{,}686754 \cdot 10^{19} sm^{-3} \approx 2{,}69 \cdot 10^{19} sm^{-3}$$

Avoqadro və Loşmidt sabitləri müxtəlif üsullarla dəqiq tə'yin edilmişdir. Bu sabitlərin tə'yininin nəticələrinin eyni qiymətli olması atom və molekulların mövcudluğunun bir başa təsdiqidir və atom-molekul tə'limini elmi sürətdə təsdiq edir.

Ümumi halda maddə miqdarını aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

1. Verilən maddə hissəciklərinin sayının N[X] Avoqadro ədədinə N_{Λ} olan nisbəti kimi:

$$\nu(X)=\frac{N(X)}{N_A}=\frac{N(X)}{6{,}02\cdot10^{23}\,mol^{-1}}$$

2. Verilən maddə kütləsinin m(X) onun molyar kütləsinə M(X) olan nisbəti kimi:

$$\nu(X)=\frac{m(X)}{M(X)}$$

Maddənin molyar kütləsi onun kütləsinin maddə miqdarına olan nisbətidir:

$$M(X)=\frac{m(X)}{\nu(X)}$$

Deməli, maddənin molyar kütləsi, onun bir molunun kütləsidir.

Atomar quruluşlu bəsit maddələrin və eləcədə tə'sirsiz qazların molyar kütləsi ədədi qiymətcə onların nisbi atom kütləsinə bərabərdir.

Məsələn,

Kalium	Ar (K)=39,102	M(K)=39,102 q/mol
Kalsium	Ar (Ca)=40,08	M(Ca)=40,08 q/mol
Neon	Ar(Ne)=20,183	M(Ne)=20,183 q/mol

Birləşmənin və ya molekulunun molyar kütləsi ədədi qiymətcə onun nisbi molekul kütləsinə bərabərdir:

{M}=Mr və ya M = Mr·1q/mol

Məsələn,

Hidrogen	Mr/H_2/=2	M/H_2/=2 q/mol
Hidrogen-xlorid	Mr/HCl/=36,5;	M/HCl/=36,5 q/mol

3.Qaz halında olan maddələrin tutduğu həcmin V (normal şəraitdə) molyar həcmə olan nisbəti kimi: $\nu = V/V_M$

Eyni şəraitdə müxtəlif qazların bir molu eyni həcm tutur. Bu həcm qazın molyar həcmi adlanır.

Normal şəraitdə istənilən qazın molyar həcmi 22,4 l/mola bərabərdir.

Qazın molyar həcmi V_M onun həcminin V maddə miqdarına ν və ya molyar kütləsinin M onun sıxlığına olan nisbəti ilə müəyyən edilir:

$$V_M=\frac{V}{\nu} \qquad V_M=\frac{M}{\rho} \qquad M=22,4\cdot\rho$$

Nümunəvi məsələlər:

1. 4 q kalsiumda neçə atom var?

Həlli: $\nu=\frac{m(Ca)}{M(Ca)}=\frac{4}{40}=0,1$ mol

1 mol Ca-da→$6,02\cdot10^{23}$ atom var.

0,1 mol Ca-da→X sayda atom var.

Buradan

$X=6,02\cdot10^{22}$ və ya $N=\nu\cdot N_A=0,1\cdot6,02\cdot10^{23}=6,02\cdot10^{22}$

Deməli, 4 q Ca-da $6,02\cdot10^{22}$ atom var?

2. $3,01\cdot10^{23}$ molekul hidrogen neçə moldur.

Həlli: $\nu=\frac{N(H_2)}{N_A}=\frac{3,01\cdot10^{23}}{6,02\cdot10^{23}}=0,5$ mol

$\nu=0,5$ mol H_2

3. 0,2 mol oksigendə neçə molekul var?

Həlli: $N(O_2)=\nu\cdot6,02\cdot10^{23}=0,2\cdot6,02\cdot10^{23}=1,204\cdot10^{23}$

$N(O_2)=1,204\cdot10^{23}$

4. $1,204\cdot10^{23}$ atom sink xlorid turşusundan neçə molekul hidrogen ayırar?

Həlli:

$$\underset{1\text{ mol}}{Zn}+\underset{1\text{ mol}}{2HCl}=\underset{1\text{ mol}}{ZnCl_2}+\underset{1\text{ mol}}{H_2}$$

$1,204\cdot10^{23}$

$6,02\cdot10^{23}$ molekul $\quad 6,02\cdot10^{23}$ molekul

C a v a b: $1,204\cdot10^{23}$ molekul.

5. 3,36 *l* Karbon qazı neçə moldur?

Həlli: $\nu=V/V_M=\frac{3,36}{22,4}=0,15$ mol

6. 5 mol oksigen normal şəraitdə nə qədər həcm tutar?

Həlli: $V=\nu\cdot V_M=5\cdot22,4=112,0$ *l*

$V=112,0$ *l*.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. 3 q hidrogendə neçə molekul var?

C a v a b: $9{,}03 \cdot 10^{23}$

2. 0,54 q alüminiumun xlorid turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirindən neçə molekul hidrogen ayrılar?

C a v a b: $1{,}806 \cdot 10^{22}$

3. $3{,}01 \cdot 10^{23}$ atom sinkin sulfat turşusu ilə qarışıqlı tə'sirindən neçə mol hidrogen ayrılar?

C a v a b: 0,5 mol.

4. 0,56 q dəmirin xlorid turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirindən neçə mol hidrogen ayrılar?

C a v a b: 0,01 mol

5. Sinkin turşu ilə qarşılıqlı tə'sirindən 3,36 *l* hidrogen ayrılmışdır. Neçə atom sink reaksiyaya girmişdir?

C a v a b: $1{,}003 \cdot 10^{23}$

6. 10 q alüminium ilə mis qarışığının turşu ilə qarşılıqlı tə'sir reaksiyasından 5,6 *l* hidrogen ayrılmışdır. Qarışıqda neçə atom alüminium və mis vardır?

C a v a b: $1{,}003 \cdot 10^{23}$ Ae; $5{,}156 \cdot 10^{22}$ Cu

7. 30 *l* oksigen /n.ş./ neçə moldur?

C a v a b: 1,339 mol

8. $3{,}01 \cdot 10^{23}$ molekul hidrogen neçə moldur?

C a v a b: 0,5 mol

9. 5 q bertolle duzu parçalananda neçə molekul oksigen ayrılar?

C a v a b: $1{,}8 \cdot 10^{23}$

10. 2,24 *l* hidrogenin yanmasına sərf olunan oksigenin həcmini və miqdarını tapın:

C a v a b: 1,12 l; 0,05 mol.

III fəsil

STEXİOMETRİK QANUNLAR

Stexiometriya - kimyanın qarşılıqlı tə'sirdə olan maddələr arasında kütlə və həcm nisbətlərini öyrənən bölməsidir.

Stexiometrik qanunlar əsasən aşağıdakılardır:

1. Maddə kütləsinin saxlanması qanunu;
2. Maddə tərkibinin sabitliyi qanunu;
3. Həndəsi nisbətlər qanunu;
4. Ekvivalentlər qanunu;
5. Həcm nisbətləri qanunu;
6. Avoqadro qanunu;
7. Klapeyron-Mendeleyev tənliyi.

Maddə kütləsinin saxlanması qanunu

Miqdarı tədqiqat üsullarının yaradılması müasir kimyanın inkişafında mühüm mərhələdir. Miqdarı tədqiqatın ilk nəticəsi maddə kütləsinin saxlanması qanunu oldu. 1748-1756-ci illərdə məşhur rus alimi M.V. Lomonosov qurğuşunun və digər metalların retortada yanması və ağzı lehimlənmiş retortada qızdırılması təcrübələrinə əsasən bu qanunu kəşf etmişdir.

O, müşahidə etmişdir ki, ağzı açıq retortada metalları yandırarkən onların kütləsi artmışdır, lakin havası çıxarılmış və ağzı lehimlənmiş retortada metalları qızdırarkən isə onların çəkisi dəyişməmişdir. Lomonosov bu nəticəyə gəlir ki, metallar yanarkən ona havada olan qazlardan oksigen əlavə olunur və onun kütləsi artır.

Bu təcrübələrə əsasən Lomonosov maddə kütləsinin saxlanması qanununu aşağıdakı kimi ifadə etmişdir:

Reaksiyaya girən maddələrin kütləsi reaksiya nəticəsində alınan maddələrin kütləsinə bərabərdir.

Məsələn,

$$\underset{2\cdot24}{m_1} \quad \underset{2\cdot16}{m_2} \quad \underset{2\cdot40}{m}$$
$$2Mg + O_2 = 2MgO$$
$$m = m_1 + m_2 = 48 + 32 = 80$$

Lomonosovdan asılı olmayaraq bu qanun 1785-ci ildə fransız kimyaçısı Lavuazye tərəfindən kəşf edilmiş və kimya elminə tətbiq edilmişdir.

Bu qanundan belə nəticə çıxır ki, kimyəvi reaksiyanın gedişi zamanı reaksiyada iştirak edən maddələrin (reagentlər və reaksiya məhsulları) ümumi kütləsi dəyişmir, sabit qalır.

Atom-molekul tə'limi nöqteyi-nəzərindən maddə kütləsinin saxlanması qanunu bununla izah olunur ki, kimyəvi reaksiyalar zamanı atomlar itmir və yaranmır, yalnız bir maddənin tərkibindən başqa maddənin tərkibinə keçir, yə'ni yenidən qruplaşır.

Deməli, reagentlərin reaksiya məhsuluna çevrilməsi zamanı atomların sayı və hər bir atomun kütləsi sabit qalır. Əgər hər bir element atomlarının sayı və müvafiq olaraq onların ümumi kütləsi dəyişmirsə, onda reagentlərin kütləsi həmişə reaksiya məhsullarının kütləsinə bərabər olmalıdır.

Maddənin kütləsi çəkiləklə müəyyən edilir, başqa sözlə, mə'lum etalonun kütləsi ilə müqayisə olunur. Kütlə - maddənin əsas fiziki xarakteristikalarından biridir və Beynəlxalq Vahidlər Sistemində kütlə vahidi kiloqram (kq) götürülür.

Kimya laboratoriyalarında ən çox kiloqramın hissələri, qram ($1q = 1\cdot10^{-3}$ kq) və milliqram ($1\ mq = 1\cdot10^{-6}$ kq) işlədilir.

Əvvəllər "kütlə" əvəzinə qəbul olunmuş "çəki" termini, kimya, fizika və texnikada yolverilməzdir. Ona görə ki, çəki - başqa fiziki kəmiyyətdir, cismə tə'sir edən ağırlıq qüvvəsinə bərabərdir və qüvvə vahidi nyutonla ölçülür (Cİ-sistemindən əvvəl kiloqram-qüvvə). Kütlə maddənin yerləşdiyi yerdən asılı deyildir. Çəki isə cismin üzərində olduğu yer qabığının vəziyyətindən asılıdır. Cismin kütləsi Yerdə də, Ayda da eyni qiymətə malikdir, çəkisi isə Yerdəki çəkisinə nisbətən Ayda 7 dəfə azdır.

Kütlə (m) ilə enerji (E) arasında qarşılıqlı asılılığı A. Eynşteyn tənliyi ilə ifadə etmək olar:

$$\Delta E=C^2\cdot \Delta m$$

Burada ΔE - enerjinin, Δm - maddənin kütləsinin dəyişməsidir, C-işığın vakuumdakı sür'əti olub $C=3\cdot10^{10}$ sm/san-dir.

Reaksiyaların çoxu istilik effekti ilə müşaiyət olunduğundan ($\Delta E\neq0$) $\Delta E=C^2\Delta m$ tənliyindən belə çıxır ki, reaksiya zamanı maddələrin kütlələri dəyişməlidir.

Lakin, mütənasiblik əmsalının qiyməti ($C^2=9\cdot10^{20}$sm/san^2) böyük və reaksiyaların istilik effekti (ΔE=80-1000K) kiçik olduğundan, kütlənin dəyişməsini ($\Delta m=10^{-8}$-10^{-9} q) praktiki olaraq ölçmək qeyri-mümkündür. Ona görə istilik effekti ilə müşaiyət olunan reaksiyalar üçün də maddə kütləsinin saxlanması qanununun maddə kütləsinin və enerjinin saxlanması və yaxud materiyanın saxlanması qanunu kimi adlandırılması düzgün olardı.

Maddə tərkibinin sabitliyi qanunu

Nisbi atom və nisbi molekul kütlələri, atom və molekulların kütlə ölçüləridir, bu da mürəkkəb maddədə müxtəlif element atomlarının kütlə nisbətləri haqqında nəticə çıxarmağa imkan verir.

Hidrogen və oksigenin nisbi atom kütlələri 1,008 və 16,00-ya müvafiqdir. Buradan görünür ki, hidrogen və oksigen atomlarının kütlə nisbəti 1:16 kimidir. Su molekulunda (H_2O) iki hidrogen atomu və bir oksigen O atomu vardır, müvafiq olaraq onların kütlə nisbətləri 2:16 və 1:8 kimi olur.

Birləşmələrdə element atomlarının kütlə nisbətlərini tərkibin sabitliyi qanunu müəyyən edir. Bu qanunu XIX əsrin əvvəlində fransız kimyaçısı J. Prust kimyəvi birləşmələrin analizinə əsasən kəşf etmişdir (1799-1806).

Bu qanunun müasir ifadəsi aşağıdakı kimidir.

Maddənin alınma üsulundan asılı olmayaraq tərkibi həmişə sabitdir.

Bu qanun saf maddələrə tətbiq olunduğundan onu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

İstənilən saf maddə alınma üsulundan asılı olmayaraq, sabit vəsfi və miqdarı tərkibə malikdir.

(Məsələn, karbon qazının CO_2 və suyun müxtəlif üsullarla alınması.

$2C+O_2 \rightarrow 2CO$ $\quad$ $2H_2+O_2=2H_2O$

$2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2$ $\quad$ $H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$

$CaCO_3 \rightarrow CaO+CO_2$ $\quad$ $CuSO_4.5H_2O \rightarrow CuSO_4+5H_2O$

Hər bir mürəkkəb maddədə onu təşkil edən element atomlarının say nisbəti və atomların kütlə nisbətləri (alınma üsulundan asılı olmayaraq) sabitdir. Ona görə də müxtəlif element atomlarının saylarının nisbəti kiçik tam ədədlərin nisbəti kimidir. Belə ki, su H_2O üçün 2:1; karbon qazı CO_2 üçün 2:1, azot 3-oksid N_2O_3 üçün 2:3 nisbəti kimidir. Bu ədədlər verilmiş mürəkkəb maddələrin tərkibini müəyyən edir.)

Buradan belə nəticə çıxır ki, əgər iki və daha çox bəsit maddə birləşərək mürəkkəb maddə əmələ gətirirsə, reaksiyaya girən maddələrin kütlə nisbətləri verilmiş məhsul üçün sabitdir. Belə ki, hidrogen və oksigenin qarşılıqlı tə'siri zamanı su H_2O və hidrogen-peroksid H_2O_2 alına bilər.Ancaq reaksiya məhsullarında hidrogen və oksigenin kütlə nisbətləri 1:8 və 1:16 olacaq, eləcə də reagentlərin kütlə nisbətləri bu cür olacaqdır.

Kimyanın sonrakı inkişafı göstərdi ki, həm sabit tərkibli, həm də dəyişkən tərkibli maddələr mövcuddur. Sabit tərkibli birləşmələr daltonidlər adlanır. Daltonidlərin tərkibi tam indeksli formullarla ifadə olunur, məsələn, H_2SO_4, H_2O, CH_4, HCl, C_2H_6 və s.

Dəyişkən tərkibli maddələr **bertolloidlər** adlanır.Bertolloidlərin tərkibi kəsr ədədli indekslərlə ifadə olunur. Məsələn, titan 2-oksidin tərkibi TiO (II) həqiqətdə $TiO_{0,7}$-dən $TiO_{1,3}$-ə kimi dəyişir. Bertolloidlər kristal quruluşlu qeyri-üzvi birləşmələr (oksidlər, hidridlər, sulfidlər, karbidlər, silisidlər və s.) arasında geniş yayılmışlar.

Bunlara əsasən də, tərkibin sabitliyi qanununu daha dəqiq aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

Molekulyar quruluşlu istənilən saf maddə alınma üsulundan asılı olmayaraq sabit vəsfi və miqdarı tərkibə malikdir.

Həndəsi nisbətlər qanunu

Həndəsi nisbətlər qanunu C.Dalton tərəfindən kəşf edilmişdir və aşağıdakı kimi ifadə olunur: *Əgər iki element öz aralarında bir neçə birləşmə əmələ gətirirsə, bu birləşmələrdə elementlərdən birinin eyni kütləsi ilə birləşmiş digər elementin kütlələri arasındakı nisbət kiçik tam ədədlərin nisbəti kimidir.*

Məsələn, kükürd iki oksid əmələ gətirir: kükürd 4-oksid SO_2 və kükürd 6-oksid SO_3. Kükürdün və oksigenin atom kütlələri müvafiq olaraq 32 və 16-dır.

SO_2 kütlə nisbətləri/32 : (2·16) = 32 : 32
SO_3 32 : (3·16) = 32 :48

Buradan görünür ki, kükürdün hər 32 kütlə hissəsinə bu birləşmələrdə 32 və 48 oksigenin kütlə hissəsi uyğundur, başqa sözlə oksigenin kütlə hissələrinin nisbəti (32:48=2:3) həqiqətən də kiçik tam ədədlərin nisbəti kimidir.

Digər bir misal olaraq azot oksidlərini göstərmək olar.

	Kütlə nisbətləri		Oksigenin 14 q azota düşən kütlə nisbətləri	
N_2O	28:16	14:8	8	1
NO	14:16	14:16	16	2
N_2O_3	28:48	14:24	24	3
NO_2	14:32	14:32	32	4
N_2O_5	28:80	14:40	40	5

Buradan görünür ki, bu birləşmələrdə 14 q azota 8,16,24,32,40 q oksigen düşür və bu kütlələrin arasındakı nisbət 1:2:3:4:5 nisbəti kimidir.

Bu qanun əsas e'tibarilə molekulyar quruluşlu maddələr üçün doğrudur.

Avaqadro qanunu. İdeal qazın molyar həcmi. Avoqadro ədədini tə'yin etmə metodları

Avoqadro qanunu ideal qaz qanunlarına aiddir. Bu zaman molekullar arası qarşılıqlı tə'sir praktiki cəhətdən olmur və molekulun xüsusi həcmi nəzərə alınmır.

Avoqadro qanunu belə ifadə olunur:

Eyni temperatur və təzyiqdə qazların bərabər həcmlərində bərabər sayda molekul olur.

Bu qanun aşağı təzyiq və yuxarı temperaturlarda real qazlara tətbiq olunur. Bu şəraitdə qaz molekulları arasındakı məsafə onların ölçülərindən çox-çox böyük olduğundan, molekulların həcmini nəzərə almamaq olar.

Bu qanunu başqa cür ifadə edərək deyə bilərik ki, *müxtəlif qazların bərabər həcmlərində eyni temperaturda bərabər miqdarda molekul vardırsa, o zaman bu qazların təzyiqləri də bərabər olmalıdır.* Deməli, sabit həcmdə və sabit temperaturda qazların təzyiqi onların təbiətindən deyil, yalnız molekullarının sayından asılıdır.

Avoqadro qanunundan çıxan nəticələr:

1. İstənilən qazın bir molu verilmiş şəraitdə eyni həcm tutur. Bu, qazın molyar həcmi adlanır.

Molyar həcm, qazın verilmiş həcminin onun miqdarına olan nisbətinə bərabərdir.

$$V_M = V/\nu$$

Normal şəraitdə ($t^0=0^0C$, P=101,3kPa və ya 1 atm) molyar həcm 22,4 l-ə bərabərdir.

Yə'ni istənilən qazın bir molu normal şəraitdə 22,4 *l* həcm tutur.

Molyar həcmin qiyməti normal şəraitdə Avoqadro və Loşmidt sabitlərinin nisbətinə bərabərdir:

$$V_M = \frac{N_A}{N_L} = \frac{6{,}024 \cdot 10^{23}\, mol^{-1}}{2{,}69 \cdot 10^{19}\, sm^{-3}} = 2{,}24 \cdot 10^4 sm^3/mol = 22{,}4\ l.$$

2. Qazın molyar kütləsini onun sıxlığına görə hesablamaq olar:

$$M_{qaz} = 22{,}4.\rho$$

ρ - normal şəraitdəki sıxlıqdır.

3. Qazların eyni şəraitdəki sıxlıqlarının nisbəti molyar kütlələrinin nisbətinə bərabərdir:

$$\rho_1/\rho_2 = M_1/M_2$$

Bu nisbət bir qazın digərinə görə sıxlığı adlanır. Məsələn, hidrogenə görə sıxlıq $D_{H_2}=M/2$, havaya görə isə $D_{hava} = M/29$; havanın orta molekul kütləsi 29-dur.

Buna əsasən qazın molyar kütləsini hesablamaq olar:

$$M_{qaz}=2\cdot D_{H_2};\ M_{qaz}=29\cdot D_{hava};\ M_{qaz}=32\cdot D_{O_2}$$

4. Qazlar qarışığının orta molyar kütləsi, onların həcm paylarının molyar kütlələrinə (M) hasillərinin cəminə bərabərdir:

$$M_{orta} = w_1M_1+w_2M_2+....w_nM_n$$
$$w_1=V_1/V_{ümumi};\ w_1+w_2+.....=1$$

Əgər qaz qarışığında qazların həcm payları faizlə verilsə,

$$w_1+w_2+w_3+.....=100\%$$

onda, qaz qarışığının orta molyar kütləsi

$$M_{orta}= \frac{w_1M_1 + w_2M_2 + w_3M_3}{100}$$ olar.

Avoqadro ədədi sabit kəmiyyətdir. Əvvəlki paraqrafda öyrəndik ki, istənilən maddənin bir molunda $6{,}02\cdot10^{23}$ quruluş hissəciyi olur ki, bu da Avoqadro ədədi adlanır.

Avoqadro ədədini aşağıdakı üsullarla tapmaq olar.

1: $N_A=\frac{N(X)}{\nu}$

Məsələn, $3{,}01\cdot10^{23}$ hidrogen molekulu verilmişdir ki, o da 0,5 mol həcm tutur. Onda

$$N_A=\frac{3{,}01\cdot10^{23}}{0{,}5mol} = 6{,}024\cdot10^{23}\ mol^{-1}$$

2. $N_A=\frac{Ar(E)}{m_c}$

Məsələn: $N_A=\frac{Ar(c)}{m_c}=\frac{0{,}012kq/mol}{1{,}993\cdot10^{-26}kq}=6{,}024\cdot10^{23}mol^{-1}$

3. $\nu = \frac{m}{M_1}$ olduğundan $N_A = \frac{N(X)}{\nu} = \frac{N(X) \cdot M}{m}$

Məsələn: $3{,}01 \cdot 10^{23}$ hidrogen molekulunun kütləsi 1 q-dır. Avaqadro ədədini tapın.

$$\text{Onda, } N_A = \frac{3{,}01 \cdot 10^{23} \cdot 2}{1} = 6{,}02 \cdot 10^{23}$$

4. $\nu = \frac{V}{V_m}$ olduğundan $N_A = \frac{M(X) \cdot V_m}{V}$

Məsələn: $3{,}01 \cdot 10^{23}$ molekul oksigen qazı normal şəraitdə 11,2*l.* həcm tutur.

Avoqadro ədədini tapın.

$$N_A = \frac{3{,}01 \cdot 10^{23} \cdot 22{,}4}{11{,}2} = 6{,}02 \cdot 10^{23}$$

5. Qazın molyar kütləsi $M = 22{,}4 \cdot \rho$ olduğu üçün.

$$N_A = \frac{N(X) \cdot 22{,}4 \cdot \rho}{m}$$

6. Qazın molekul kütləsi $M = 2D_{H_2}$, $M = 29D_{hava}$; $M = 32D_{O_2}$ olduğu üçün

$$N_A = \frac{N(X) \cdot 2D_{H_2}}{m}; \qquad \text{və i.a. olar}$$

Nümunəvi məsələlər:

1. Normal şəraitdə 3,2 q oksigen nə qədər həcm tutar?

Həlli:

32 q $O_2 \rightarrow$ 22,4 *l* həcm tutur.

3,2 q $O_2 \rightarrow$ x *l* həcm tutar.

$$X = \frac{3{,}2 \cdot 22{,}4}{32} = 2{,}24l.$$

2. 2 mol azot, 0,5 mol hidrogen, 0,5 mol karbon qazından ibarət qaz qarışığı nə qədər həcm tutar?

Həlli:

$$2+0,5+0,5=3 \text{ mol.}$$

1 mol → 22,4 həcm tutur.

3 mol → x *l* həcm tutar.

$$X=3\cdot22,4=67,2\ l.$$

3. 1 *l* oksigenin kütləsi 1,429 q-dır, 1 *l* kükürd 4-oksidin kütləsi isə 2,86 q-dır. $1,204\cdot10^{23}$ molekul oksigen və 4 *l* kükürd 4-oksiddən ibarət qaz qarışığının kütləsi nə qədər olar?

Həlli:

$6,024\cdot10^{23}$ molekul→22,4 *l* həcm tutur.

$1,204\cdot10^{23}$ molekul →x *l* həcm tutar.

$$x=\frac{1,204\cdot10^{23}\cdot22,4}{6,024\cdot10^{23}}=4,48\ l$$

1 *l* O_2 → 1,429 q

4,48 *l* O_2 →X q $\quad X=\frac{4,48\cdot1,429}{1}=5,716$ q O_2

1 *l* SO_2 → 2,86 q

4 *l* → X q $\quad X=4\cdot2,86=11,44$ q

Qaz qarışığının kütləsini tapaq:

$$5,716 + 11,44 = 17,156 \text{ q.}$$

4. 1,6 q oksigen, 0,2 q hidrogen və 2,8 q azotdan ibarət qaz qarışığı nə qədər həcm /n.ş./ tutar?

Həlli: $Mr/O_2/=32$; $Mr/H_2/=2$; $Mr/N_2/=28$.

32 q O_2 → 22,4 *l* həcm tutur.

1,6 q→X *l* $\quad X=\frac{1,6\cdot22,4}{32}=1,12lO_2$

2 q H_2→22,4 *l* həcm tutur.

0,2 q H_2→X *l* $\quad X=\frac{0,2\cdot22,4}{2}=2,24lH_2$

28 q N_2→22,4 *l* həcm tutur.

2,8 q N_2→X *l* $\quad X=\frac{2,8\cdot22,4}{28}=2,24lN_2$

Qaz qarışığının ümumi həcmini tapaq: 1,12+2,24+2,24=5,6 *l*.

II variantda həlli:

32 q $O_2 \rightarrow$ 1 mol

1,6 q $O_2 \rightarrow$ X mol $\quad X=\frac{1,6}{32}=0,05$ mol O_2

2 q $H_2 \rightarrow$ 1 mol

0,2 q $H_2 \rightarrow$ X mol $\quad X=\frac{0,2}{2}=0,1$ mol H_2

28 q $N_2 \rightarrow$ 1 mol

2,8 q $N_2 \rightarrow$ X mol $\quad X=\frac{2,8}{28}=0,1$ mol N_2

Qaz qarışığında ümumi mollar sayı 0,05+0,1+0,1=0,25 mol edər.

Buradan da 1 mol$\rightarrow$22,4 *l* həcm tutur.

0,25 mol$\rightarrow$X *l*.

X=0,25·22,4=5,6 l.

III variantda həlli:

$$V_{qaz\ qar.}=\left(\frac{m}{M_{O_2}}+\frac{m}{M_{N_2}}+\frac{m}{M_{H_2}}\right)\cdot 22,4=\left(\frac{1,6}{32}+\frac{2,8}{28}+\frac{0,2}{2}\right)\cdot 22,4=5,6\ l$$

5. 30% azotdan, 20% oksigendən və 50% karbon qazından ibarət qaz qarışığının hidrogenə görə sıxlığını tapın.

Həlli:

$$M\,qarışıq=\frac{w_1Mr(N_2)+w_2Mr(O_2)+w_3Mr(CO_2)}{100}=$$

$$=\frac{30\cdot 28+20\cdot 32+50\cdot 44}{100}=36,8$$

$$M=2D_{H_2};\ D_{H_2}=\frac{M}{2}=\frac{36,8}{2}=18,4.$$

6. 5,6 *l* hidrogenlə 3,36 *l* oksigen qarışdırılmışdır. Bu qarışıqda 1 molekul oksigenə neçə molekul hidrogen düşür?

Həlli: **I variant.**

Əvvəlcə hər iki qazın molekullarının sayını tapaq:

22,4 *l* H_2-də$\rightarrow 6,024\cdot 10^{23}$ molekul var

5,6 *l* H_2-də$\rightarrow$X molekul olar.

$$X=\frac{5,6\cdot 6,02\cdot 10^{23}}{22,4}=1,505\cdot 10^{23}\ (H_2)\ \text{və ya}$$

$$N=\frac{V}{V_M}\cdot N_A=\frac{5,6}{22,4}\cdot 6,02\cdot 10^{23}=1,505\cdot 10^{23}(H_2)$$

22,4 *l* O_2-də→$6,024\cdot 10^{23}$ molekul var

3,36 *l* O_2-də→ X molekul olar.

$$X=\frac{3,36\cdot 6,024\cdot 10^{23}}{22,4}=1,003\cdot 10^{23}\ (O_2)\ \text{və ya}$$

$$N=\frac{V}{V_M}=\frac{3,36}{22,4}\cdot 6,024\cdot 10^{23}=1,003\cdot 10^{23}(O_2)$$

$1,003\cdot 10^{23}$ molekul O_2-nə→$1,505\cdot 10^{23}$ molekul H_2 düşür.

1 molekul O_2-nə→X molekul H_2 düşər

$$X=\frac{1,505\cdot 10^{23}}{1,003}=1,5$$

Deməli, 1 molekul oksigenə qarışıqda 1,5 molekul H_2 uyğün gəlir.

II variant. H_2 və O_2 molekullarında atomların sayı eyni olduğuna görə onların qarışıqdakı həcm nisbətləri onların molekullar sayının nisbəti kimidir:

$$\frac{5,6}{3,36}=1,5$$

7. 5 *l* qazın /n.ş./ kütləsi 9,80 q-dır. Bu qazın nisbi molekul kütləsi nə qədərdir?

Həlli: $\rho=\frac{m}{v}$; verilmiş qaz üçün $\rho=\frac{9,80}{5}=1,96$ q/*l*

$m=V\cdot\rho$ və $M=V_M\cdot\rho$ olduğu üçün, onda

M/qaz/=22,4 *l*/mol·1,96 q/*l*=44 q/mol; Mr=44.

II variant: 5 *l*→9,8 q

22,4 *l*→M M=44 q.

Müsəqil həll etmək üçün məsələlər:

1. 0,4 mol oksigen normal şəraitdə nə qədər həcm tutar?

C a v a b: 8,96 *l*.

2. $1,204\cdot 10^{23}$ molekyl hidrogen neçə litr həcm tutar /n.ş.-də/?

C a v a b: 4,48.

3. $1{,}204 \cdot 10^{23}$ molekul oksigen, $3{,}01 \cdot 10^{23}$ molekul hidrogen və $6{,}02 \cdot 10^{23}$ molekul azotdan ibarət qaz qarışığı normal şəraitdə neçə litr həcm tutar?

C a v a b: 38,08 *l*.

4. $6{,}024 \cdot 10^{23}$ molekul hidrogen və $3{,}01 \cdot 10^{23}$ molekul oksigendən ibarət qaz qarışığında hər bir oksigen molekuluna neçə molekul hidrogen düşür?

C a v a b: 2.

5. 4 q hidrogen və 2,8 q azotdan ibarət qaz qarışığında hidrogen molekullarının sayı azot molekulundan neçə dəfə çoxdur?

C a v a b: 20 dəfə.

6. 3,2 q oksigen neçə moldur və normal şəraitdə neçə litr həcm tutur?

C a v a b: 0,1 mol; 2,24 *l*.

7. Azot və karbon qazından ibarət qaz qarışığı, 20% karbon qazından ibarətdir. Qaz qarışığının havaya görə sıxlığını və molekul kütləsini tapın.

C a v a b: $D_{hava}=1{,}0414$; M=31,2.

8. Hidrogen və oksigendən ibarət qaz qarışığının hidrogenə görə sıxlığı 10-dur. Qaz qarışığının tərkibində oksigenin faizlə miqdarını tapın.

C a v a b: 60%O_2.

9. Oksigenin bir molekulunun kütləsi nə qədərdir?

C a v a b: $5{,}315 \cdot 10^{-23}$ q.

10. 500 ml suda neçə molekul var?

C a v a b: $0{,}1672 \cdot 10^{26}$.

11. neçə qram oksigendə $1{,}204 \cdot 10^{24}$ molekul vardır?

C a v a b: 64 q.

12. Havada arqonun həcm payı 1% dir. Havada neçə molekul arqon vardır və $6{,}024 \cdot 10^{23}$ molekul arqon havanın hansı həcmində olar?

C a v a b: $1{,}344 \cdot 10^{20}$; 22400 *l* hava.

13. 3,36 *l* dəm qazı neçə moldur?

C a v a b: 0,15 mol.

14. Əgər dəm qazı və oksigendən ibarət qaz qarışığının hidrogenə görə sıxlığı 15-dirsə qarışıqda neçə molekul dəm qazı və oksigen olduğunu tapın?

C a v a b: $3{,}225 \cdot 10^{23}$ CO; $2{,}822 \cdot 10^{23}$ O_2.

IV fəsil

KİMYƏVİ FORMULLAR. KİMYƏVİ FORMULLAR VƏ KİMYƏVİ TƏNLİKLƏR ÜZRƏ HESABLAMALAR.

Kimyəvi formullar. Kimyəvi formullar üzrə hesablamalar

Kimyəvi formul mürəkkəb maddələrin kimyəvi tərkibini göstərir.

Kimyəvi formul - maddənin miqdarı və vəsfi tərkibinin kimyəvi işarələrlə göstərilməsidir.

Məsələn, HF, HCl, H_2S, H_2SO_4, CH_4, NaCl.

Maddə tərkibinin bu cür kimyəvi işarələrlə göstərilən formullarına brutto və ya empirik formullar deyilir.

Empirik kimyəvi formullar, maddənin adını, onun bir molekulunu, onun bir molunu, maddənin hansı elementlərdən ibarət olduğunu, maddənin bir molunda olan hər elementin miqdarını, maddənin nisbi molekul kütləsini göstərir.

Məsələn, H_2O formulu göstərir ki, bu sudur, onun bir moludur, suyun bir molekuludur, su iki elementdən-hidrogen və oksigendən ibarətdir, bir mol suda 2 mol hidrogen və 1 mol oksigen atomu vardır, suyun nisbi molekul kütləsi 18-dir.

Bəsit maddə molekulları da formullarla işarə edilir. Məsələn,

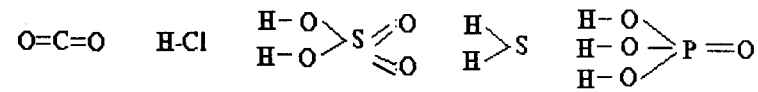
$$F_2,\ Cl_2,\ Br_2,\ J_2,\ H_2,\ O_2,\ P_4,\ S_8.$$

Molekulda atomların öz valentliklərinə müvafiq olaraq düzülüş ardıcıllığını göstərən formula quruluş formulu deyilir.

Quruluş formulu molekulyar quruluşlu maddələr üçün, yəni qaz və maye halda olan maddələr üçün yazılır.

Əgər maddə (qeyri-üzvi) bərk halda molekulyar quruluşludursa, onda onu da quruluş formulu ilə göstərmək olar.

Məsələn,



CO_2 HCl H_2SO_4 H_2S H_3PO_4

Buradan görünür ki, quruluş formulu yalnız kovalent birləşmələr üçün, yə'ni kovalent rabitə ilə əmələ gəlmiş molekulyar quruluşlu maddələr üçün yazılır.

Qeyri-molekulyar quruluşlu birləşmələrdə, yə'ni kristal qəfəsin düyünlərində atom və ya ionlar olan maddələrdə, atom və ionlar kovalent və elektrostatik qüvvələrlə birləşib nəhəng makromolekul əmələ gətirir, məsələn, (HCl)n, (RbF)n, $(SiO_2)n$.

Bu cür maddələr üçün qrafik formul yazılır.

Maddədə atom və ya ionların düzülüş ardıcıllığını göstərməyib yalnız elementin valentliyini (oksidləşmə dərəcəsini) əks etdirən formula qrafik formul deyilir.

Məsələn,

Na - Cl, Rb - F, O = Al - O - Al = O, O = Si = O

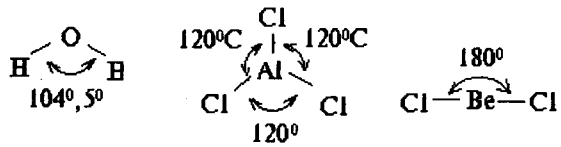
NaCl RbF Al_2O_3 SiO_2

Bu formullar makromolekulda, yə'ni nəhəng molekulda atomların və ionların düzülüş ardıcıllığını tam əks etdirmədiyindən həmin maddələrin qrafik formullarıdır.

Bu SiO_2-in 1 qrafik və II quruluş formullarını göstərir. Maddələrin empirik, quruluş və qrafik formullarından başqa, həqiqi quruluş formulları da vardır.

Həqiqi quruluş formulları molekulda nəinki atomların birləşməsi ardıcıllığını və valentliyini, həmçinin onların fəzada bir-birinə nisbətən neçə yerləşməsini göstərir.

Məsələn,



Kimyəvi formula görə aşağıdakı hesablamalar aparıla bilər:

1. Kimyəvi birləşmənin miqdarca tərkibi.

Mürəkkəb maddənin (kimyəvi birləşmənin) tərkibi, onu əmələ gətirən elementlərin kütlə nisbətləri ilə xarakterizə olunur.

Ən sadə hallarda mürəkkəb maddənin tərkibi ya həmin maddəni bəsit maddələrdən almaq yolu ilə /sintez üsulu/ və ya da onu bəsit maddələrə ayırmaq yolu ilə /analiz üsulu/ tə'yin edilir.

Misal 1. Alüminium oksidin tərkibini tə'yin etmək üçün 18 q alüminium yandırılır. 34 q alüminium-oksid alınmışdır. Deməli 34 q alüminium-oksiddə 34-18=16 q oksigen vardır. Yə'ni alüminiumla oksigen bir-birilə 18:16=9:8 kütlə nisbətində birləşmişdir. Bu nisbət alüminium-oksidin tərkibini ifadə edir.

Al_2O_3 54:48=9:8

Misal 2. Mis-bromidin 22,4 qramının parçalanmasından 16 q brom alınmışdır. Mis-bromidin tərkibini tam ədədlər nisbəti ilə ifadə edin. Buradan görünür ki, 22,4 q mis-bromiddə 16 q brom və 22,4–16= = 6,4 q mis vardır, yə'ni mislə brom bir-biri ilə 16:6,4=5:2 nisbətində birləşmişdir.

2. Maddədə elementin kütlə payının hesablanması.

Elementin maddədəki kütlə payı /w/ onun nisbi atom kütləsi Ar ilə atomları sayının vurma hasilinin maddənin nisbi molekul kütləsinə Mr olan nisbətidir

$$w/el\text{-}t/=\frac{Ar_{/el-t/}\cdot n}{Mr} \text{ və ya } w/el\text{-}t\%/=\frac{Ar_{/el-t/}\cdot n}{Mr}\cdot 100\%$$

Misal. Sulfat turşusunda hidrogen, oksigen və kükürdün kütlə payını hesablayın.

Əvvəlcə sulfat turşusunun nisbi molekul kütləsini hesablayaq.

$$Mr/H_2SO_4/=2\cdot1+32+4\cdot16=98$$

Alınan qiymətlərə görə:

$$w(H)=\frac{Ar(H)\cdot n}{Mr(H_2SO_4)}=\frac{1\cdot2}{98}=0,0203 \text{ və ya } 2,03\%$$

$$w(S)=\frac{Ar(S)\cdot n}{Mr(H_2SO_4)}=\frac{32\cdot1}{98}=0,3265 \text{ və ya } 32,65\ \%$$

$$w(O)=\frac{Ar(O)\cdot n}{Mr(H_2SO_4)}=\frac{16\cdot4}{98}=0,653 \text{ və ya } 65,32\%$$

3. Elementin kütlə payına görə maddənin kimyəvi formulu.

Mürəkkəb maddənin ən sadə formulunu tapmaq üçün, onun çəki tərkibini, kütlə payını və onu əmələ gətirən elementlərin atom kütlələrini bilmək kifayətdir.

Misal 1. 58,5% karbon, 4,1% hidrogen, 11,4% azot və 26% oksigendən ibarət maddənin molekulyar formulunu tapın. Maddənin molekul kütləsi 123-dür.

Həlli: Məsələnin şərtindən görünür ki, maddə dörd elementdən; karbon, hidrogen, azot və oksigendən ibarətdir. Bu maddəni ümumi formul ilə göstərmək olar. Bu birləşmənin molekulunda karbonun kütləsi 12x, hidrogen 1y, azot 14z, oksigen-16t karbon vahididir.Mə'lumdur ki, birləşmədə elementlərin kütlələrinin nisbəti bu elementlərin faizlə miqdarlarının nisbətinə bərabərdir.

$$12x:1y:14z:16t = 58,5:4,1:11,4:26$$

Məchulların qarşısındakı əmsalları götürmək üçün hər bir elementin faizlə miqdarını həmin elementin məchulunun qarşısındakı ədədə, yə'ni atom kütləsinə bölmək lazımdır.

$$x : y : z : t=\frac{58,5}{12} : \frac{4,1}{1} : \frac{11,4}{14} : \frac{26}{16}$$

buradan alırıq:

$$x : y : z : t = 4,87:4,1:0,81:1,62$$

x, y, z, t birləşmədə hər bir elementin saylarını göstərdiyindən kəsr ədəd ola bilməz, ona görə də alınmış nisbəti tam ədədlər nisbətinə çevirmək lazımdır. Onun üçün alınmış nisbətdəki bütün ədədləri onların ən kiçiyinə bölmək lazımdır.

$$x : y : z : t = \frac{4,87}{0,81} : \frac{4,1}{0,81} : \frac{0,81}{0,81} : \frac{1,62}{0,81} = 6 : 5 : 1 : 2$$

Alınan sonuncu nisbətdəki ədədləri birləşmənin ümumi formulunda yerinə yazsaq maddənin ən sadə formulu - $C_6H_5NO_2$ alınar.

Misal 2. Maqnezium oksidin tərkibinin analizi göstərir ki, maqneziumla oksigen 3:2 çəki nisbətində birləşmişdir. Maqnezium-oksidin formulunu tapın.

Həlli: Bundan əvvəlki misalda olduğu kimi əvvəlcə maqnezium-oksidin molekulunda olan maqnezium və oksigen atomlarının /Mg xOy/ sayları arasındakı nisbəti tapırıq:

$$24x : 16y = 3:2$$

Sonra məchulun qarşısındakı ədədləri yox edirik:

$$x : y = \frac{3}{24} : \frac{2}{16} : 0,125 : 0,125$$

Alınan nisbətdəki ədədlər eyni olduğu üçün hər ikisini 0,125-ə bölsək

$$x : y = \frac{0,125}{0,125} : \frac{0,125}{0,125} = 1 : 1 \text{ alarıq.}$$

Alınan nisbətləri ümumi formulda yerinə yazsaq MgO formulu alınar.

4.Kimyəvi formula əsasən valentliyin tapılması və valentliyə əsasən formulun düzəldilməsi.

Elementlərin valentliyini bilmək iki elementdən əmələ gəlmiş kimyəvi birləşmələrin formulunu tez və asanlıqla düzəltməyə imkan verir.

Mə'lum olduğu kimi elementin valentliyi onun atomlarının başqa element atomlarının müəyyən qədərini özünə birləşdirmək /və ya müxtəlif birləşmələrin molekullarında onu əvəz etmək/ qabiliyyətinə

deyilir. Başqa sözlə, valentlik elementin əmələ gətirdiyi rabitələrin sayına deyilir.

Valentliyin ölçüsü, həmin elementin bir atomunun özünə birləşdirdiyi və ya əvəz etdiyi hidrogen atomlarının sayıdır. Bir valentli element atomu başqa bir valentli elementin yalnız bir atomu ilə, iki valentli element atomu isə bir valentli elementin iki atomu ilə birləşir və ya onu əvəz edir.

Kimyəvi birləşməni əmələ gətirən elementlərdən biri bir valentlidirsə, digər elementin valentliyi göstərir ki, həmin birləşmənin molekulunda ikinci elementin hər atomuna birinci elementin neçə atomu düşmüşdür. Məsələn, sinkin ikivalentli, bromun isə metallarla birləşmələrində bir valentli olduğunu bildiyimizdən sink-bromidin formulunu $ZnBr_2$ kimi yaza bilərik.

Daha mürəkkəb birləşmənin formulunu yazmaq üçün, elementlərin atom saylarını elə götürmək lazımdır ki, bir elementin atom sayının valentliyinə hasili, o biri elementin atomları sayının valentliyinə hasilinə bərabər olsun. Başqa sözlə desək, hər iki elementin valentliklərinə bölünə biləcək ən kiçik ədədi tapmaq lazımdır. Tapılmış bu ədədin hər bir elementin valentliyinə bölünməsindən alınan ədəd, onun həmin birləşmə molekulundakı atomları sayını göstərir.

Misal 1. Nitrat turşusu anhidridinin formulunu düzəltməli.

Həlli: 5-ə və 2-yə bölünəcək ən kiçik ədədi tapırıq. Bu 10-dur. 10-nu 5-ə bölüb nitrat anhidridindəki azot atomlarının sayını, 2-yə böldükdə isə oksigen atomlarının sayını alarıq. Buna əsasən nitrat anhidridinin formulu N_2O_5-dir.

Misal 2. Dəmirin üç, oksigenin isə ikivalentli olduğunu bilərək dəmir oksidinin formulunu düzəldin.

Həlli: 3-ə və 2-yə bölünən ən kiçik ədəd 6 olduğundan, dəmir atomlarının sayı 6:3=2, oksigen atomlarının sayı isə 6:2=3 olacaq. Onda dəmir oksidin formulunu Fe_2O_3 kimi yaza bilərik ki, bu da dəmir-3-oksid adlanır.

Cədvəl 4-də bə'zi elementlərin valentlikləri verilmişdir.

Cədvəl 4

Valentliklər						
I	II	III	IV	V	VI	VII
H F	Be O C	Al P	C N S	P AS	S	Cl
Li Cl	Mg S	Fe N	Si Mn	Sb	Se	Br
Na Br	Ca Se	Ga Bi	Ge Pb	Bi	Te	J
K J	Sr Te	Cr Sb			W	Mn
Rb Cu	Ba Mn				Mo	
Cs Ag	Ra Pb				Cr	
Fr	Zn					
	Fe					

Nəhayət, elementin müəyyən birləşmədəki valentliyini onun nisbi atom kütləsi, valentliyi və ekvivalenti arasındakı nisbətə əsasən də müəyyən etmək olar.

$$\text{Valentlik=nisbi atom kütləsi/ekvivalent və ya } B=\frac{A}{E}.$$

Formula görə valentliyi tapmaq üçün formuldakı element atomlarının sayına görə ən kiçik ortaq bölünən tapılır. Məsələn, Fe_2O_3 formuluna görə dəmirin valentini tapın. Maddədə 2 atom dəmir və 3 atom oksigen vardır. Onlar üçün ən kiçik ortaq bölünən 6-dır. 6-nı 2-yə bölsək 3 alarıq. Deməli, dəmirin valenti 3-dür; 6:3=2 bu da oksigenin valentidir.

Elə birləşmələr vardır ki, bu qayda ilə elementin valentini tapmaq olmur: birləşmədə elementlərdən birinin valenti mə'lumdursa, digərini aşağıdakı kimi tapa bilərik. Məsələn, NO_2-də azotun valentini tapın. Oksigenin valenti 2-dir.

Bu cür vəziyyətdə oksigenin sayı onun valentinə vurulur 2·2=4. Deməli, azotun valenti 4-dür.

Digər bir misal; SO_3-də kükürdün valentini tapın. Oksigenin valenti 2-dir.

Yenə də molekuldakı oksigenin sayı onun valentinə vurulur 3·2=6. Deməli, kükürdün valenti 6-dır.

Birləşmələrdə elementin valentliyi birdirsə o kimyəvi formulda indeks kimi yazılmır.

5. Maddənin kimyəvi formuluna görə elementin atom kütləsinin tapılması.

Əgər iki elementdən əmələ gəlmiş maddənin molekul kütləsi və elementlərdən birinin atom kütləsi mə'lumdursa digərinin atom kütləsini tapmaq olar. Məsələn:

Molekul kütləsi 72-olan dəmir oksidində dəmirin atom kütləsini tapın. Oksigenin atom kütləsi 16-dır.

Həlli: Mr/FeO/=Ar/Fe/ + Ar/O/

72=Ar/Fe/ + 16; Ar/Fe/ = 72-16=56.

Əgər maddəni əmələ gətirən elementlərdən birinin kütlə payı mə'lumdursa digərlərinin atom kütləsini tapmaq olar.

Misal 1. H_2XO_4 birləşməsində X-in atom kütləsini tapın. Birləşmədə oksigenin kütlə payı 65,3%-dir.

Həlli: $w(O) = \frac{Ar(O)\cdot n}{Mr(H_2XO_4)}\cdot 100\%$ buradan

$$Mr(H_2XO_4)= \frac{Ar(O)\cdot n}{w(O)}\cdot 100\% = \frac{16\cdot 4\cdot 100}{65{,}3} = 98$$

$$Mr(H_2XO_4)=2\cdot Ar(H)+Ar(X)+4\cdot Ar(O)$$

$$98=2\cdot 1+Ar(X)+4\cdot 16$$

$$Ar(X)=98-66=32.$$

Deməli, X elementinin atom kütləsi 32 a.k.v.-dir.

Misal 2. Element hidrogenlə H_2X birləşməsi əmələ gətirir. Həmin elementin dəmirlə FeX birləşməsində kütlə payı 36,36%-dir. X elementinin valentliyini və atom kütləsini tapın.

Həlli: H_2X birləşməsindən görünür ki, X elementi 2 hidrogen atomunu özünə birləşdirmişdir. Deməli, o iki rabitə əmələ gətirmişdir. Hidrogen bütün birləşmələrində bir valentlidir. Buna görə də demək olar ki, X-in valenti 2-dir.

Birləşmədə elementin kütlə payı düsturundan istifadə edərək birləşmənin molekul kütləsini tapaq.

$$100-36{,}36=63{,}64\%\ Fe$$

$$w(Fe)= \frac{Ar(Fe)\cdot n}{Mr(FeX)}\cdot 100\%$$

$$Mr(FeX)= \frac{Ar(Fe)\cdot n}{w(Fe)}\cdot 100\% = \frac{56\cdot 1\cdot 100}{63{,}64} = 68.$$

Sonra elementin atom kütləsini tapaq:

$$Mr(Fe)=Ar(FeX)+Ar(X)$$

$$Ar(X)=Mr(FeX)-Ar(Fe)=88-56=32$$

6. Maddənin empirik və ya brutto formuluna əsasən elementin valenti tapılmadıqda o, quruluş və ya qrafik formuluna əsasən tapılır.

Misal: Fe_3O_4 birləşməsində dəmirin valenti neçədir?

Həlli: Emprik formuluna görə hesablasaq 8/3 alarıq. Biz bilirik ki, valentlik kəsr ədəd ola bilməz. Ona görə də onun qrafik formulunu yazmaqla valentliyini tapa bilərik.

O=Fe-O-Fe-O-Fe=O

Buradan görünür ki, dəmirin biri 2 valentli digər ikisi isə üç valentlidir.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

1. Mis 2-oksidin alınmasında 6,4 q misə 1,6 q oksigen sərf olunmuşdur. Mis oksidin tərkibini ən kiçik tam ədədlər nisbəti və faizlə ifadə edin.

C a v a b: 4:1; 80% Cu və 20% O_2.

2. 12 q mis sulfidin parçalanmasından 4 q kükürd alınmışdır. Mis sulfidin tərkibini kiçik tam ədədlər nisbəti və faizlə ifadə edin.

C a v a b: 2:1 və 66,67% Cu və 33,33%.

3. 6 q karbohidrogen yandıqda 17,6 q karbon qazı CO_2 və 10,8 q su H_2O alınmışdır. Karbohidrogenin miqdarca tərkibini tə'yin edin.

C a v a b: 4:1.

4. 15,5 q hidrogen-arsenid yandırılan zaman 18,67 q arsenit anhidridi /tərkibində 75% arsen vardır/ və 5,4 q su alınmışdır. Hidrogen-arsenidin tərkibini kiçik tam ədədlər nisbəti və faizlə göstərin.

C a v a b: 25:1; 96,154% As, 3,846% H.

5. 12,4 q mis karbonat parçalandıqda 8 q mis-oksid, 4,4 q karbon qazı alınmışdır. Mis-oksiddə çəki ilə 4 hissə misə 1 hissə oksigen, karbon qazında isə çəki ilə 3 hissə karbona 8 hissə oksigen düşdüyünü nəzərə alıb, mis-karbonatın tərkibini ən kiçik tam ədədlər nisbəti və faizlə göstərin.

C a v a b: 16:3:12 və 51,774% Cu; 9,515% C və 38,71% O.

6. Karbon, hidrogen və xlordan ibarət olan maddənin bir qədərini yandırdıqda 0,22 q karbon-2-oksid CO və 0,09 q su alınmışdır. Götürülmüş nümunədəki xlor, gümüş nitratla reaksiya nəticəsində 1,43 q gümüş-xlorid əmələ gətirmişdir. Maddənin faizlə tərkibini tapın.

C a v a b: 14,11% C; 2,35%H; 83,54% Ce.

7. Maddə 45,95% kalium, 16,45% azot, 37,60% oksigendən ibarətdir. Maddənin formulunu tapın.

C a v a b: KNO_2.

8. Maddənin 1,33 q-nı yandırarkən normal şəraitdə ölçülmüş 0,392 *l* karbon qazı CO_2 və 2,23 q kükürd-4-oksid alınmışdır. Maddənin sadə formulunu tapın.

C a v a b: CS_2.

9. 1,39 q dəmir-2-sulfatın kristalhidratını susuzlaşdırdıqda 0,76 q susuz duz alınmışdır. Kristalhidratın formulunu və ondakı suyun faizlə miqdarını tapın.

C a v a b: 45,32%; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

10. Analiz göstərir ki, duzun tərkibində 17,1% kalsium, 26,5% fosfor, 54,7 oksigen 1,7% hidrogen vardır. Duzun formulunu tapın.

C a v a b: $Ca(H_2PO_4)_2$.

11. 4,42 q əsası mis-karbonatın közərdilməsi zamanı 3,18 qr CuO, 0,88 q karbon qazı və 0,36 q su alınır.

Duzun formulunu tapın.

C a v a b: $Cu_2(OH)_2CO_3$.

12. Kriolitin tərkibində 60% natrium flüorid və 40 % alüminium-flüorid vardır. Kriolitin formulunu tapın.

C a v a b: $3NaF \cdot AlF_3$.

13. Yanıcı maddənin 1 *l* buxarının yanmasına 3 *l* oksigen sərf olunur. 1 *l* karbon qazı və 2 *l* kükürd oksid alınmışdır. Maddənin formulunu tapın.

C a v a b: CS_2.

14. Yanıcı qazın 500 ml-nin yanmasına 2,5 *l* oksigen sərf olunur. Reaksiya nəticəsində 1,5 *l* karbon qazı və 2 *l* su-buxarı alınır. Qazın formulunu və onun karbon qazına görə sıxlığını tapın.

C a v a b: C_3H_8; 1.

15. 0,44 q spirtin yanmasına 0,84 *l* oksigen sərf olunur. 0,56 *l* karbon qazı və 0,54 q su alınır. Spirtin formulunu tapın.

C a v a b: $C_5H_{11}OH$.

16. 3,3 q xlorlu üzvi birləşmənin yanması zamanı 1,493 *l* karbon qazı və 1,2 q su alınır. Verilmiş maddədəki xloru AgCl-ə çevirdikdə 9,56 q çöküntü alınmışdır. Maddənin buxarlarının hidrogenə görə sıxlığı 48,5-dir. Tədqiq olunan maddənin həqiqi quruluşunu tapın.

C a v a b: $C_2H_4Cl_2$.

Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalar

Kimyəvi reaksiyaların kimyəvi formullarla göstərilməsi kimyəvi tənliklər adlanır.

Kimyəvi tənliklər hansı maddələrin reaksiyaya girdiyini və reaksiya nəticəsində hansı maddələr alındığını göstərir. Kimyəvi tənliklər maddə kütləsinin saxlanması qanununa əsasən tərtib olunur və reaksiyada iştirak edən maddələrin miqdarlarının nisbətini göstərir.

Misal kimi kalium-hidroksidin orto-fosfat turşusu ilə qarşılıqlı tə'sir reaksiyasına baxaq:

$$H_3PO_4+3KOH=K_3PO_4+3H_2O$$

Reaksiya tənliyindən görünür ki, 1 mol (98 q) orto-fosfat turşusu 3 mol kalium-hidroksidlə /3·56 q/ reaksiyaya girir. Reaksiya nəticəsində 1 mol kalium orto-fosfat /212 q/ və 3 mol su /3·18 q/ əmələ gəlir.

Reaksiyada iştirak edən maddələrin formullarının altından onların miqdarlarını yazsaq:

$$\underbrace{H_3PO_4}_{98}+\underbrace{3KOH}_{168}=\underbrace{K_3PO_4}_{212}+\underbrace{3H_2O}_{54}$$

$$\underbrace{\qquad\qquad}_{266}\qquad\qquad\underbrace{\qquad\qquad}_{266}$$

görərik ki, reaksiyaya girən maddələrin kütləsi reaksiyadan alınan maddələrin kütləsinə bərabərdir. Bu da maddə kütləsinin saxlanması qanunu adlanır. Bu qanununu 1748-ci ildə M.V.Lomonosov kəşf etmişdir.

Kimyəvi reaksiyanın tənliyi verilmiş reaksiya ilə bağlı müxtəlif hesablamalar aparmağa imkan verir.

Misal: Orto-fosfat turşusunun 42 q kalium hidroksidlə neytrallaşması zamanı əmələ gələn kalium orto-fosfatın qramla miqdarını hesablayın.

Həlli:

$$\underset{98}{H_3PO_4}+\underset{168}{3KOH}=\underset{212}{K_3PO_4}+\underset{54}{H_2O}$$

reaksiya tənliyinə əsasən aşağıdakı tənasübü tərtib edək:

168 q KOH → 212 q K_3PO_4 əmələ gətirir.

42 q KOH→ X q K_3PO_4 əmələ gətirir.

$$X=\frac{42\cdot 212}{168}=53 \text{ q } K_3PO_4$$

Reaksiya tənliklərində qaz halında maddələrin qarşısındakı əmsallar yalnız reaksiyaya girən qazların kütlə nisbətlərini deyil, həm də onların arasında həcm nisbətlərini də göstərir. Bu da imkan verir ki, tənliyə əsasən reaksiyada iştirak edən qazların kütlələrini hesablamadan həcmlərini tapaq və ya əksinə.

Misal: Natriumun su ilə qarşılıqlı tə'sirindən 280 ml /normal şəraitdə/ hidrogen ayrılmışdır. Neçə qram natrium reaksiyaya girir?

Həlli: Reaksiyanın tənliyini yazaq:

$$\underset{46}{2Na} + \underset{36}{2H_2O} = \underset{80}{2NaOH} + \underset{22,4\,l}{H_2}$$

Reaksiya tənliyindən görünür ki, 2 mol natrium (2·23=46q) sudan 1 mol hidrogen /normal şəraitdə 22,4 *l* həcm tutur/ ayırır.

Reaksiyaya girən natriumun miqdarını aşağıdakı tənasüblə tapa bilərik:

$$46 \text{ qr } Na \rightarrow 22,4\ l\ H_2 \text{ ayırır}$$
$$X \text{ qr } Na \rightarrow 0,28\ l\ H_2 \text{ ayırar}$$
$$X = \frac{46.0,28}{22,4} = 0,575qNa$$

Kimyəvi tənliklər üzrə aşağıdakı hesablamaları da aparmaq olar.

1. Reagentlərdən (reaksiyaya girən maddələrdən) birinin artıq olması nəzərə alınmaqla hesablamalar.

Əgər məsələnin şərtində reaksiyaya girən iki maddənin kütlələri verilmişdirsə necə bilmək olar ki, onlar tamamilə reaksiyaya girmişdir və ya onlardan biri artıq götürülmüşdür?

Misal 1: Tərkibində 12,6 q nitrat turşusu olan məhlula, tərkibində 12 q kalium-hidroksid olan məhlul əlavə edilir. Neçə qram kalium-nitrat alınmışdır?

Reaksiya tənliyini yazırıq və məsələnin şərtindəki verilmiş mə'lumatları tənlikdə göstəririk:

$$\underset{1\text{ mol}}{\overset{12\text{ q}}{KOH}} + \underset{1\text{ mol}}{\overset{12,6\text{ q}}{HNO_3}} = \underset{1\text{ mol}}{KNO_3} + H_2O$$
$$\text{56 q} \qquad \text{63 q} \qquad \text{101 q}$$

Hansı maddənin artıq götürüldüyünü bilmək üçün məsələnin şərtində verilmiş reaksiyaya girən maddələrin miqdarını, yə'ni kütlələrinin molekul kütləsinə olan nisbətini tapmalıyıq.

Stexiometrik qanunlara görə hər iki maddə üçün bu nisbətlər stexiometrik nisbətlərə bərabər olmalıdır. Əgər bu nisbətlər bərabər deyilsə onda böyük ədədi atırıq, çünki o artıq miqdarda götürülmüşdür.

$$\frac{m_{KOH}}{M_{KOH}} = \frac{12}{56} = 0{,}21; \qquad \frac{m_{HNO_3}}{M_{HNO_3}} = \frac{12{,}6}{63} = 0{,}2$$

$$0{,}21 > 0{,}2$$

Müvafiq olaraq kalium-hidroksid artıq götürüldüyü üçün alınan kalium-nitratın miqdarını nitrat turşusunun miqdarına görə hesablayırıq.

63 q HNO_3-dən $\rightarrow$101 q KNO_3 alınırsa

12,6 q HNO_3-dən $\rightarrow$X q alınar.

$$X = \frac{12{,}6 \cdot 101}{63} = 20{,}2 \text{ q } KNO_3.$$

Misal 2: 25 q 10%-li barium-xlorid məhlulu üzərinə 200 q 15%-li maqnezium-sulfa məhlulu əlavə etdikdə neçə qram barium-sulfat alınar?

Maddənin kütlə payı düsturundan istifadə edərək ayrı-ayrı məhlullardakı maddələrin kütləsini tapaq.

$$w_1 = m_{BaCl_2} / m_{1məh} \cdot 100\%$$

$$m_{BaCl_2} = w \cdot m_{məh} / 100 = 10 \cdot 250 / 100 = 25q$$

$$w_2 = m_{HgSO_4} / m_{2məh} \cdot 100\%$$

$$m_{HgSO_4} = w_2 \cdot m_{2məh} / 100 = 15 \cdot 200 / 100 = 30 \text{ q}$$

Alınmış nəticələri reaksiya tənliyində yazaq:

$$\underset{\substack{1 \text{ mol} \\ 208 \text{ q}}}{BaCl_2} + \underset{\substack{1 \text{ mol} \\ 120 \text{ q}}}{MgSO_4} = \underset{\substack{1 \text{ mol} \\ 233 \text{ q}}}{BaSO_4\downarrow} + MgCl_2$$

25 q, 30 q, x q

Sonra hansı maddənin artıq olduğunu tapaq.

$$\frac{m_{BaCl_2}}{M_{BaCl_2}} = \frac{25}{208} = 0{,}12$$

$$\frac{m_{MgSO_4}}{M_{MgSO_4}} = \frac{30}{120} = 0{,}25$$

$$0{,}25 > 0{,}12$$

Buradan görünür ki, maqnezium-sulfat artıq götürülmüşdür.

Deməli barium-sulfatın alınmasını barium xloridə görə hesablamag lazımdır.

208 q BaCl-dən → 233 q $BaSO_4$ alınarsa

25 q $BaCl_2$-dən → X q $BaSO_4$ alınar.

$$X=\frac{25\cdot233}{208}=28{,}2 \text{ q } BaSO_4.$$

Misal 3. 200 ml 5%-li xlorid turşusu məhlulu (ρ=1,11 q/ml) üzərinə 5 ml 15%-li ammonyak məhlulu (ρ=0,958 q /ml) əlavə edilir.

Neçə qram ammonium-xlorid alınır?

Həlli: Əvvəlcə məhlulların kütlələrini, sonra isə məhlullardakı maddələrin miqdarlarını tapaq:

$$\rho_1=\frac{m_1}{V_1};\qquad m^{I}_{məh}=\rho_1\cdot V_1=200\cdot1{,}11=222 \text{ q}.$$

$$\rho_2=\frac{m_2}{V_2};\qquad m^{II}_{məh}=\rho_2\cdot V_2=5\cdot0{,}958=4{,}790.$$

$$w_1=m_1/m_{1məh}\cdot100\%$$

$$m_1=w_1\cdot m^{I}_{məh}/100=5\cdot222/100=1110/100=11{,}1 \text{ q HCl}$$

$$w_2=m_2/m^{II}_{məh}\cdot100\%$$

$$m_2=w_2\cdot m^{II}_{məh}/100=15\cdot4{,}790/100=0{,}7185 \text{ q } NH_3.$$

Sonra reaksiya tənliyini yazırıq.

$$\underset{\substack{1 \text{ mol}\\36{,}5 \text{ q}}}{HCl}+\underset{\substack{1 \text{ mol}\\17 \text{ q}}}{NH_3}=\underset{\substack{1 \text{ mol}\\53{,}5 \text{ q}}}{NH_4Cl}\qquad \begin{matrix}11{,}1 \text{ q} & 0{,}7185 & X \text{ q}\end{matrix}$$

Reaksiyaya girən maddələrin miqdarını tapaq.

$$\frac{m_{HCl}}{M_{HCl}}=\frac{11{,}1}{36{,}5}=0{,}3;\qquad \frac{m_{NH_3}}{M_{NH_3}}=\frac{0{,}7185}{17}=0{,}0423$$

$$0{,}3>0{,}0423$$

Deməli, xlorid turşusu artıq götürüldüyündən hesablamanı amonyaka görə aparmalıyıq.

17 q NH_3-dan→53,5 q NH_4Cl alınarsa,

0,7185 q NH_3-dan → X q NH_4Cl alınar.

$$X=\frac{0{,}7185\cdot53{,}5}{17}=2{,}273 \text{ q } NH_4Cl$$

2. Reaksiya məhsullarının praktiki çıxımı nəzərə alınmaqla hesablamalar.

Kimyəvi reaksiyalarda müxtəlif səbəblərdən reaksiya nəticəsində alınan məhsulları maddə miqdarı, kütləsi və ya həcmi reaksiya tənliyi üzrə hesablanmış nəzəri gözlənilən qiymətdən həmişə az olur.

Ona görə də kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalarda praktiki çıxım həmişə nəzərə alınır.

Reaksiya nəticəsində alınmış maddənin kütləsinin /$m_{prak.}$/ onun gözlənilən kütləsinə /$m_{nəz.}$/ olan nisbəti reaksiya məhsulunun çıxımının kütlə payı /η/ adlanır.

$$\eta = m_{prak}/m_{nəz}$$

Reaksiya nəticəsində alınmış qaz halında olan maddənin həcminin /V_{prak}/ onun nəzəri gözlənilən həcminə /$V_{nəz}$/ olan nisbəti reaksiya məhsulunun çıxımının həcm payı /θ/ adlanır:

$$\theta = V_{prak}/ V_{nəzəri}$$

Reaksiya məhsulunun çıxımı kimyəvi reaksiyalarda faizlə verildiyindən hər iki tənlik yüzə vurulur:

$$\eta=(m_{prak}/m_{nəz})\cdot 100\%;\ \theta = (V_{prak}/ V_{nəzəri})\cdot 100\%$$

Misal 1. 2,3 q natriumun su ilə qarşılıqlı tə'sirindən 1 *l* hidrogen /n.ş./ ayrılmışdır.

Hidrogenin praktiki çıxımını hesablayın.

Həlli: Əvvəlcə reaksiya tənliyini yazırıq:

$$\underset{\substack{2,3\ q\\ 2\ mol\\ 46\ q}}{2Na} + 2H_2O \rightarrow \underset{\substack{V_{nəz}\\ 1\ mol\\ 22,4\ l}}{2NaOH} + H_2$$

Tənlikdə göstərilən mə'lumatlara əsasən aşağıdakı tənasübü qururuq:

46 q Na-un tə'sirindən → 22,4 *l* H_2 alınarsa

23 q Na-un tə'sirindən → $V_{nəz}$ *l* H_2 alınar

$$V_{nəz}=\frac{2,3.22,4}{46}=1,12\ l$$

Məsələnin şərtində verilmişdir ki, V_{prak}-1 *l* olur, onda:

$$\theta\ (H_2)=V_{prak}(H_2)/V_{nəz}(H_2)\cdot 100\%=1/1,12\cdot 100\%=89,286\%$$

Misal 2. Reaksiya nəticəsində karbon qazının çıxımının həcm payının 90% olduğunu nəzərə alaraq, 1,68 q çay sodasının $NaHCO_3$ parçalanması zamanı neçə litr /n.ş.-də/ karbon qazı alındığını hesablayın.

Həlli: Əvvəlcə reaksiya tənliyini yazırıq:

$$\underset{\substack{1\text{ mol}\\168\text{ q}}}{2NaHCO_3} = Na_2CO_3 + \underset{\substack{1\text{ mol}\\22{,}4\ l}}{CO_2\uparrow} + H_2O \quad Mr(NaHCO_3)=84$$

(1,68 q; $V_{nəz}$)

Tənliyə əsasən 1,68 q $NaHCO_3$-ün parçalanmasından alınan karbon qazının nəzəri gözlənilən həcmini aşağıdakı tənəsüblə tapaq:

$$V_{nəz} = \frac{22{,}4 \cdot 1{,}68}{168} = 0{,}224\ l$$

Praktiki olaraq alınan karbon qazının həcmini aşağıdakı kimi tapaq:

$$\theta = V_{prak}/V_{nəz} \cdot 100\% \text{ buradan,}$$

$$V_{prak} = \theta \cdot V_{nəz}/100 = 90 \cdot 0{,}224/100 = 0{,}2016$$

$$V_{prak}/CO_2/ = 0{,}2016\ l.$$

Misal 3. 1,7 q gümüş nitratın xörək duzu ilə qarşılıqlı tə'sirindən 1,3 q gümüş-xlorid çöküntüsü alınmışdır. Gümüş xloridin praktiki çıxımı neçə faizdir?

Həlli: Əvvəlcə reaksiya tənliyini yazırıq:

$$\underset{17{,}0}{AgNO_3} + NaCl = \underset{143{,}5}{AgCl\downarrow} + NaNO_3$$

(1,7; $m_{nəz}$)

$$m(AgNO_3)=1{,}7\text{ q} \qquad m_{nəz}(AgCl) = \frac{143{,}5 \cdot 1{,}7}{170} = 1{,}435\text{ q.}$$

$$Mr(AgNO_3)=170;\ Mr(AgCl)=143{,}5$$

$$\eta = m_{prak}/m_{nəz} \cdot 100\% = \frac{1{,}3}{1{,}435} \cdot 100\% = 90{,}6\%$$

$$m_{prak}(AgCl) = 1{,}3\text{ q}$$

3. Reaksiyanın istiqaməti reagentlərin nisbəti ilə tə'yin olunduğu hallarda hesablamalar.

Buna aid məsələlərin həlli kimyəvi tarazlıq bəhsində öyrəniləcək.

4. Reaksiya tənliyinə əsasən reaksiyada iştirak edən maddələrin elementlərindən birinin atom kütləsinin tapılması.

Misal 1.

$$XO_2 + H_2O = R_2XO_3$$
$$?\quad 1{,}8q\quad 6{,}2q$$

Reaksiyadakı X-in atom kütləsi neçədir?

Həlli: Reaksiya tənliyindən görünür ki, reaksiyaya 1 mol XO_2 və 1 mol H_2O daxil olmuş və 1 mol H_2XO_3 alınmışdır.

Ona görə də reaksiya tənliyində formulların altındakı rəqəmləri 10-a vursaq həmin maddələrin molyar kütlələrini alarıq:

$1{,}8\cdot10=18$ q $\quad Mr/H_2O/=18$

$6{,}2\cdot10=62$ q $\quad Mr/H_2XO_3/=62$

Maddə kütləsinin saxlanması qanununa görə reaksiyaya girən maddələrin kütləsi reaksiyadan alınan maddələrin kütləsinə bərabər olduğuna görə XO_2 maddəsinin molyar kütləsini aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$62-18=44$$

Deməli, $\quad Mr/XO_2/=44$

Buna görə də X atomunun kütləsini aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$Mr/XO_2/=A/X/+2\cdot Ar/O/$$

Ona görə də

$$Ar/X/ = Mr/XO_2/ - 2\cdot Ar/O/ = 44-2\cdot16=12$$
$$Ar/X/=12$$

Deməli, X-in atom kütləsi 12-dir.

Misal 2. $XCO_3 \rightarrow XO+CO_2$ reaksiyasına görə 10 q XCO_3 parçalananda, 5,6 q XO alınmışdır. Buna görə, X elementinin atom kütləsi neçədir?

Həlli: Əvvəlcə reaksiya tənliyini yazıb kimyəvi formulların altında verilənləri yazaq:

$$XCO_3 \rightarrow XO + CO_2$$
$$10\,q\quad 5{,}6\,q\quad ?$$

Reaksiya tənliyindən görünür ki, 1 mol XCO_3-dən 1 mol XO alınmışdır. Ona görə də formulların altında yazılmış ədədləri 10-a vursaq onların mol kütlələrini alarıq:

$10\cdot10=100;\quad Mr/XCO_3/=100$

$5{,}6\cdot10=56;\quad Mr/XO/=56.$

Bu mə'lumatlara görə X elementinin atom kütləsini aşağıdakı kimi tapa bilərik:

$$Mr(XCO_3)=Ar(X)+Ar(C)+3\cdot Ar(O)$$

buradan

$$Ar/X/=Mr/\ XCO_3/-Ar/C/-3\cdot Ar/O/=100-12-3\cdot 16=100-60=40$$

$$Ar/X/=40$$

və ya

$$Mr/XO/=Ar/X/+Ar/O/, \text{ buradan}$$

$$Ar/X/=Mr/XO/-Ar/O/=56-16=40$$

$$Ar/X/=40$$

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Müəyyən miqdar alüminiumu xlorid turşusunda həll etdikdə 12 q alüminium xlorid alınmışdır. Neçə qram alüminium və xlorid turşusu reaksiyaya girmişdir?

C a v a b: 2,427 q Al; 9,84 q HCl

2. Ammonyakın əmələ gəlmə reaksiyasında azot və hidrogen hansı çəki və həcm nisbətlərində reaksiyaya girmişdir?

C a v a b: 14:3 və 1:3

3. Tərkibində 90% kalsium karbonat olan nümunənin 90 kq-nı parçaladıqda neçə kiloqram sönməmiş əhəng (CaO) alınar? Praktiki çıxım 80%-dir.

C a v a b: 34,28 kq.

4. İçərisində 10 qr HCl olan məhlula 7,4 q $Ca(OH)_2$ əlavə edilmişdir. Neçə qram kalsium-xlorid $CaCl_2$ alınmışdır və hansı maddədən artıq götürülmüşdür?

C a v a b: 11,1 q $CaCl_2$; HCl

5. Kütləsi 2 q olan mis və qızıldan ibarət ərinti ilə reaksiya üçün hansı həcmdə 20%-li nitrat turşusu məhlulu (ρ=1,19 q/ml) lazımdır? Ərintidə qızılın kütlə payı 58%-dir. Bu reaksiyada hansı qaz və hansı həcmdə /n.ş.-də/ ayrılar?

C a v a b: $V_{məh}$=9,8 ml; NO; 0,196 *l*.

6. Normal şəraitdə 100 *l* hidrogen almaq üçün xlorid turşusu ilə neçə qram sink və kadmiumdan ibarət ərinti qarşılıqlı tə'sirdə olar? Ərintidə sinkin kütlə payı 90%, kadmiumunku isə 10%-dir.

C a v a b: 307,4 q.

7. Bir qədər alüminium və kalsium ərintisinin natrium-hidroksidlə qarşılıqlı tə'sir reaksiyasından 11,2 *l* /n.ş./ hidrogen ayrılır.

Ərintinin həmin miqdarı xlorid turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirdə olanda 14 *l* hidrogen ayrılır. Ərintinin tərkibini tapın.

C a v a b: 9 q Al və 5 q Ca.

8. Həcmi 2 *l* olan oksigenlə doldurulmuş ağzı bağlı qabda 2,9 q dəmir-2-karbonat $FeCO_3$ közərdilir. Əgər qabın başlanğıc təzyiqi 1 atmosferdirsə, közərtmədən sonra reaksiya məhsullarını başlanğıc temperatura qədər soyutduqda qabdakı təzyiq nə qədər olar?

C a v a b: 1,2 atm.

9. 8,27 q dəmir-3-xloridi dəmir-3-hidroksidə çevirmək üçün neçə qram natrium-hidroksid tələb olunur?

C a v a b: 6 q.

10. 10 q natriumun su ilə qarşılıqlı tə'sirindən normal şəraitdə neçə litr hidrogen alınar?

C a v a b: 4,87 *l*.

11. İçərisində 30 q $BaCl_2$ olan məhlula 10 q sulfat turşusu əlavə edildikdə neçə qram çöküntü alınar və hansı maddə artıq qalar?

C a v a b: 22,8 q $BaSO_4$; $BaCl_2$.

12. Sulfat turşusu məhlulu ilə natrium-hidroksid məhlulu qarışdırılanda 5,4 q $NaHSO_4$ və 4,26 q Na_2SO_4 alınmışdır. Başlanğıc məhlullarda neçə qram sulfat turşusu və natrium-hidroksid olduğunu tapın.

C a v a b: 7,35 q H_2SO_4 və 4,20 q NaOH.

13. Havada oksigenin həcm e'tibarı ilə 21% olduğunu qəbul edib, tərkibi 50% hidrogen, 40% karbon-2-oksid, 5% karbon qazı və 5% azotdan ibarət olan 500 *l* su qazının yanması üçün hansı həcmdə hava tələb olduğunu hesablayın.

C a v a b: 1,125m^3

14. 10 mol SO_2 və 15 mol O_2-dən ibarət olan qaz qarışığını katalizator üzərindən keçirdikdə 8 mol SO_3 əmələ gəlmişdir. Neçə mol SO_2 və O_2 reaksiyaya girməmişdir?

C a v a b: 2 mol SO_2 və 11 mol O_2.

15. Tərkibi həcm e'tibarı ilə 50% hidrogen, 35% metan, 10% asetilen C_2H_2 və 5% yanmayan qarışıqlardan ibarət olan qaz qarışığının 10 *l*-nin yanmasına neçə litr hava sərf olunar?

C a v a b: 56,14 *l*.

16. Tərkibində 10% qarışığı olan 5 q texniki kalsium-karbidin artıqlaması ilə götürülmüş su ilə qarışıqlı tə'sirindən neçə qram kalsium-hidroksid və neçə litr asetilen /n.ş.-də/ alınar?

C a v a b: 5,2 q $Ca(OH)_2$ və 1,575 *l* C_2H_2.

17. Sink və misdən ibarət ərintinin 5 q-ı xlorid turşusu ilə reaksiyaya girdikdə 1,034 *l* hidrogen /n.ş.-də/ ayrılır? Qarışıqda misin kütlə payını tapın.

C a v a b: 40% Cu.

18. 2,8 q silisium almaq üçün kütlə payı 95% olan qumun neçə qramı maqneziumla reduksiya olunar?

C a v a b: 6,32 q.

19. Kütlə payı 90% $CaCO_3$-dan ibarət olan əhəngdaşının 1 kq-ı parçalandıqda 0,485 kq sönməmiş əhəng CaO alınmışdır. Sönməmiş əhəngin çıxımını tapın.

C a v a b: 96,23%.

20. $SO_2+1/2O_2 \rightarrow SO_3$ reaksiyası üzrə başlanğıcda götürülmüş oksigenin 44,8 litrindən bir qədəri reaksiyaya sərf olunur. Əmələ gələn kükürd 6-oksid SO_3 qazının həcmi 11,2 *l* olarsa, artıq qalan O_2-nin həcmi neçə litrdir?

C a v a b: 39,2 *l*.

21. $2CxHyNz+15/2O_2 \rightarrow 4CO_2+7H_2O+N_2$ reaksiyasına görə CxHyNz birləşməsinin molekul kütləsi nə qədərdir?

C a v a b: 45.

22. Kütləcə bərabər miqdarda götürülmüş kalsium və oksigen reaksiyaya girdikdə, kalsiumun tamamilə kalsium-oksidə çevrilməsi üçün başlanğıcda götürülmüş oksigenin neçə faizi sərf olunmuşdur?

C a v a b: 40% O_2.

23. X və Y elementlərindən $3X_2+2Y_2=2X_2Y_3$ və $2X_2+5Y_2=2X_2Y_5$ reaksiyaları üzrə X_2Y_3 və X_2Y_5 birləşmələri alınır. X_2Y_3-in 0,01 molunun kütləsi 1,1 q, X_2Y_5-in 0,01 molunun kütləsi 1,42 q-dır. Buna görə X və Y-in atom kütlələrini tapın.

C a v a b: 31 və 16.

24. Normal şəraitdə qapalı qabda olan 67,2 *l* XY_2 ilə 3 mol Y_2 qazları $XY_2+1/2Y_2=XY_3$ tənliyi üzrə reaksiyaya girir. Reaksiyadan sonra qabda qalan qaz molekullarının ümumi sayı nə qədər olar?

C a v a b: $2,709 \cdot 10^{24}$.

25. ${}_{13}{}^{27}X+{}_{6}{}^{12}Y$ elementləri arasında əmələ gələcək birləşmənin 10 molunda nə qədər atom vardır?

C a v a b: $42,14 \cdot 10^{24}$.

Ekvivalentlər qanunu.
Ekvivalentlər qanununa əsasən hesablamalar

Ekvivalentlər qanunu. Maddələrin və elementin ekvivalentləri. Ekvivalentlik faktoru.

Maddə tərkibinin sabitliyi qanunundan belə bir nəticə çıxır ki, hər bir kimyəvi birləşmə maddələrin istənilən miqdarından deyil, onların yalnız müəyyən miqdarından əmələ gəlir.

Məsələn azot hidrogenlə birləşib ammonyak əmələ gətirdikdə azotun 14 q-ı hidrogenin 3 q-ı ilə qalıqsız birləşir.Bu o deməkdir ki, reaksiyaya daxil olan maddələrin verilmiş miqdarı bir-biri ilə kimyəvi cəhətdən eyni qiymətlidir. Ona görə də kimyada hər hansı birləşmənin əmələ gəlməsini miqdari cəhətdən səciyyələndirmək üçün "ekvivalent" anlayışından istifadə edilir.

1 mol atom (1 q/mol) hidrogen və ya 0,5 mol atom (8q) oksigenlə birləşə bilən, yaxud kimyəvi reaksiyada bu miqdarı əvəz edən istənilən element miqdarına həmin elementin ekvivalenti deyilir.

Maddənin bir ekvivalentinin kütləsi onun ekvivalent kütləsi /Me q/ və ya ekvivalent molyar kütləsi adlanır.

Ekvivalentin tə'rifinə əsasən bəsit və ya mürəkkəb maddənin ekvivalenti müəyyən edilir. Məsələn, Na, Mg, B və C-nun oksigenli birləşmələrinin verilmiş Na_2O, MgO, B_2O_3, CO_2 formullarından aydın olur ki, oksigenin 8 kütlə hissəsinə natriumun 23, maqneziumun 12, borun 3,6 və karbonun 3 kütlə hissəsi ekvivalentdir. Göründüyü kimi 23 natriumun atom kütləsinə, 12 maqneziumun atom kütləsinin yarısına, 3,6 borun atom kütləsinin 1/3-nə, 3 karbonun atom kütləsinin 1/4-nə bərabərdir. Natrium bir, maqnezium iki, bor üç və karbon dördvalentli olduğundan həmin elementlərin nisbi atom kütləsinin valentliyinə bölünməsindən onların ekvivalenti alınır.

Elementlərin ekvivalentini onların hidrogenli birləşmələrində də hesablamaq olar. Məsələn, HCl, H_2S, NH_3 və CH_4 birləşmələrində hidrogenin vahid kütlə hissəsinə müvafiq elementlərin /Cl, S, N, C/ nisbi atom kütləsinin 1, 1/2, 1/3 və 1/4 hissəsi uyğun gəlir. Başqa sözlə, həmin elementlərin ekvivalenti 35,5; 16; 4,67 və 3-ə, yaxud 1 mol xlora, 1/2 mol kükürdə, 1/3 mol azota və 1/4 mol karbona bərabərdir /cədvəl 5,6/.

Cədvəl 5.

Elementlərin oksigenli birləşmələrində ekvivalent kütlələri

Maddənin kimyəvi formulu	Elementlərin kütlə nisbətləri	Oksigenin 8q-na uyğun gələn element kütlələri	Elementlərin ekvivalentləri	Elementlərin birləşmədəki valentlikləri
Na_2O	46:16	23:8	23	1
MgO	24:16	12:8	12	2
B_2O_3	21,6:48	3,6:8	3,6	3
CO_2	12:32	3:8	3	4

Cədvəl 6.

Elementlərin hidrogenli birləşmələrində ekvivalent kütlələri

Maddənin kimyəvi formulu	Elementlərin kütlə nisbətləri	Hidrogenin 1 q-na uyğun gələn elementin kütləsi	Elementlərin ekvivalent kütlələri	Elementlərin valentlikləri
HCl	1:35,5	1:35,5	35,5	1
H_2S	2:32	1:16	16	2
NH_3	14:3	4,67:1	4,67	3
CH_4	12:4	3:1	3	4

İki elementin əmələ gətirdiyi müxtəlif birləşmələrdə elementlərdən birinin ekvivalenti dəyişgən olur. Məsələn: Azotun oksidlərində 8 q oksigenə uyğun gələn azotun ekvivalent miqdarları cədvəl 7-də verilmişdir.

Cədvəl 7.

İki elementin əmələ gətirdiyi müxtəlif birləşmələrdə elementlərdən birinin ekvivalentinin dəyişgən olmasına aid misal.

Maddənin kimyəvi formulu	Elementlərin kütlə nisbətləri	8 q oksigenə uyğun gələn digər elementin kütlələri	Elementin ekvivalent kütləsi	Elementin birləşmədə valentliyi
N_2O	28:16	14:8	14	1
NO	14:16	7:8	7	2
N_2O_3	28:48	4,67:8	4,67	3
NO_2	14:32	3,5:8	3,5	4
N_2O_5	28:80	2,8:8	2,8	5

Cədvəl 7-dən göründüyü kimi, azotun oksigenlə əmələ gətirdiyi müxtəlif birləşmələrdə ekvivalenti müvafiq olaraq /14;7; 4,67; 3,5; 2,8-dir/.

Maddələrin ekvivalentini hesabladıqda aşağıdakıları nəzərə almaq lazımdır:

1. Elementin ekvivalenti /E/ onun nisbi atom kütləsinin /Ar/ valentliyinə olan nisbətinə bərabərdir.

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

Elementin molyar kütləsi /M/ ilə oksidləşmə dərəcəsi /ok.d. və ya valentliyi B/ və ekvivalent kütləsi /Meq/ arasında aşağıdakı kimi sadə əlaqə mövcuddur:

Meq=M/(ok.d.) və ya Meq=M/B

Elementin molyar ekvivalent kütləsi q/mol ilə göstərilir.

E/Cl/ =1 mol	Meq/Cl/=1·35,5=35,5 q/mol
E/O/ = 1/2 mol	Meq/O/=1/2·16=8 q/mol
E/N/=1/3 mol	Meq/N/=1/3·14=4,67 q/mol

Bu formullardan istifadə edərək dəmir 2-oksid FeO və dəmir-3oksiddə Fe_2O_3 dəmirin ekvivalent kütlələrini hesablayaq:

$$\text{Meq }/Fe^{+2}/ = \frac{M/Fe^{2+}/}{[ok.d./Fe^{2+}/]} = \frac{56q/mol}{2} = 28q/mol$$

$$\text{Meq }/Fe^{3+}/ = \frac{M/Fe^{3+}/}{[ok.d./Fe^{3+}/]} = \frac{56q/mol}{3} = 18{,}67q/mol$$

2. Bir ekvivalent hidrogen və yaxud bir ekvivalent başqa maddə ilə qalıqsız reaksiyaya girən mürəkkəb maddənin miqdarı onun ekvivalenti olacaqdır. Başqa sözlə, mürəkkəb maddənin ekvivalenti onun başda maddənin 1 ekvivalenti ilə qarşılıqlı tə'sirdə olan miqdarına deyilir.

Turşu, əsas və duzların ekvivalenti aşağıdakı kimi tapılır.

a) turşuların ekvivalenti onların molyar kütləsinin turşunun əsaslığına /turşuda metal atomu ilə əvəz oluna bilən hidrogen atomlarının sayına/ bölünməsindən alınan qismətə bərabərdir:

$$E_{HCl}=\frac{M/HCl/}{1}=\frac{36,5}{1}=36,5;$$

$$E_{H_3PO_4}=\frac{M/H_3PO_4/}{3}=\frac{98}{3}=32,7$$

$$E_{H_2SO_4}=\frac{M/H_2SO_4/}{2}=\frac{98}{2}=49;$$

$$E_{HNO_3}=\frac{M/HNO_3/}{1}=\frac{63}{1}=63;$$

b) Əsasların ekvivalenti onların molyar kütləsinin əsasdakı hidroksil qruplarının sayına bölünməsindən alınan qismətə bərabərdir.

$$E_{NaOH}=\frac{M/NaOH/}{1}=\frac{40}{1}=40;$$

$$E_{Al/OH/_3}=\frac{M(Al/OH)_3)}{3}=\frac{78}{3}=26.$$

$$E_{Fe/OH/_2}=\frac{M/Fe/OH/_2/}{2}=\frac{90}{2}=45;$$

$$E_{Fe/OH/_3}=\frac{M/Fe/OH/_3/}{3}=\frac{107}{3}=35,67.$$

v) Duzların ekvivalenti onların molyar kütləsinin duzun metal kationlarının sayı ilə metalın valentliyinə hasilinə olan nisbətinə bərabərdir.

$$E_{Al_2/SO_4/_3}=\frac{M[Al_2/SO_4/_3]}{2\cdot 3}=\frac{342}{6}=57.$$

$$E_{CaCO_3}=\frac{M/CaCO_3/}{1\cdot 2}=\frac{100}{2}=50.$$

$$E_{FlCl_3}=\frac{M/FeCl_3/}{1\cdot 3}=\frac{162,5}{3}=54,167.$$

q) Oksidlərin ekvivalenti onların molyar kütləsinin oksiddəki oksigen atomları sayının iki misliə bölünməsindən alınan qismətə bərabərdir:

$$E_{Fe_2O_3}=\frac{M/Fe_2O_3/}{2\cdot 3}=\frac{160}{6}=26,67.$$

$$E_{CaO}=\frac{M/CaO/}{1\cdot 2}=\frac{56}{2}=28.$$

$$E_{/K_2O/}=\frac{M/K_2O/}{1\cdot 2}=\frac{94}{2}=47.$$

Ekvivalentlərin tapılmasına aid məsələləri həll etdikdə aşağıdakıları nəzərə almaq lazımdır:

a) Oksidin ekvivalenti oksigenin və oksidin tərkibinə daxil olan digər elementin ekvivalentləri cəminə bərabərdir:

$$E_{MeO}=E_{Me}+E_{O}$$

b) Əsasların ekvivalenti metal və hidroksil qrupunun ekvivalentləri cəminə bərabərdir.

$$E_{MeOH}=E_{Me}+E_{OH}$$

v) Turşuların ekvivalenti hidrogenlə turşu qalığının ekvivalentləri cəminə bərabərdir.

Məsələn: $E_{H_2SO_4}=E_{H}^{+}+E_{SO_4^{-2}}$

q) Duzların ekvivalenti duzun tərkibinə daxil olan metal ilə turşu qalığının ekvivalentləri cəminə bərabərdir.

$$E_{MeNO_3}=E_{Me}^{+}+E_{NO_3^{-}}$$

3. Oksidləşmə reduksiya reaksiyalarında /sonrakı bölmələrə bax/ oksidləşdirici və reduksiyaedicinin ekvivalentini tapmaq üçün onların molekul kütlələrini verilən /reduksiyaedici üçün/ və ya alınan /oksidləşdirici üçün/ elektronların sayına bölmək lazımdır. Bu üsulla tapılan ekvivalent oksidləşmə /və ya reduksiya/ ekvivalenti adlanır.

Maddənin ekvivalentini eksperimental tə'yin etmək üçün Faradeyin qanunlarından istifadə etmək lazımdır /elektroliz bəhsinə bax/.

Maddələrin bir-biri ilə ekvivalentlərinə mütənasib miqdarda reaksiyaya daxil olmaları ekvivalentlər qanunu ilə ifadə olunur:

Reaksiyaya daxil olan maddələrin kütlələrinin nisbəti onların ekvivalentlərinin nisbəti kimidir.

Bu qanunun riyazi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{E_1}{E_2}$$

Burada m_1 və m_2 reaksiyaya daxil olan maddələrin kütlələri, E_1 və E_2 ekvivalentləridir.

Başqa sözlə reaksiyaya girən maddələrin kütlələrinin onların ekvivalent kütlələrinə olan nisbəti bir-birinə bərabərdir:

$$\frac{m_1}{E_1}=\frac{m_2}{E_2}$$

Ekvivalentlər qanununu 1803-cü ildə Rixter kəşf etmişdir.

Ekvivalentlər qanununa aid nümunəvi məsələ həlli:

Misal 1. X elementinin oksigenlə birləşməsində 65,22% həmin elementdir. X elementin ekvivalentini tapın.

Həlli: Əgər elementin oksigenlə birləşməsində 65,22% bu element varsa, onda birləşmədə oksigenin kütlə payı 100-65,22=34,78% edər.

Ekvivalentlər qanununa uyğun olaraq maddələr öz ekvivalent kütlələrinə mütənasib miqdarları ilə reaksiyaya girirlər. Ona görə də oksigenin və X elementinin çəki miqdarının nisbəti, onların ekvivalentlərinin nisbətinə bərabər olmalıdır:

$$\frac{m_x}{m_o} = \frac{E_x}{E_o}$$

Oksigenin ekvivalentinin 8-ə bərabər olduğunu bilərək aşağıdakı tənasübü yazarıq:

$65,22/34,78=E_x/8$ burada,

$$E_x = \frac{65,22 \cdot 8}{34,78} = 15.$$

Misal 2. 1 q metal turşudan 560 ml (n.ş-də) hidrogen ayırır. Metalın ekvivalentini tapın:

Həlli: Bilirik ki, hidrogenin ekvivalenti 1-ə bərabərdir. Onun 2 q-ı normal şəraitdə 22,4 *l* və ya 22400 ml həcm tutur.

2 q $H_2 \rightarrow$ 22400 ml həcm tutur.

1 q $H_2 \rightarrow$ X ml həcm tutar.

$$X = \frac{22400}{2} = 11200 \text{ ml.}$$

Buna əsasən də aşağıdakı tənasübü qururuq.

1 q metal $\rightarrow$ 560 ml H_2 ayırarsa

X q metal $\rightarrow$ 11200 ml H_2 ayırar

$$X = \frac{11200}{560} = 20.$$

Bu hidrogenin ekvivalentinə uyğun gələn metalın kütləsi olduğundan, metalın ekvivalenti 20-dir.

Misal 3. 7,1 q metal oksidin sulfat turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirindən bu metalın 15,1 q sulfatı alınmışdır. Metalın ekvivalentini tapın.

Həlli: Metal oksidinin ekvivalenti metalın ekvivalenti ilə E_{Me}, oksigenin ekvivalenti E_o cəminə bərabərdir.

$$E_{oksid} = E_{Me} + E_O$$

Oksigenin ekvivalenti 8-ə bərabər olduğundan

$$E_{oksid}=E_{Me}+8 \text{ olur.}$$

Metal sulfatının ekvivalenti metalın ekvivalenti E_{Me} ilə turşu qalığının ekvivalentinin ESO_4^{-2} cəminə bərabərdir.

$$EMeSO_4=E_{Me}+ESO_4^{-2}$$

Turşu qalığının ekvivalenti

$$ESO_4^{-2}=\frac{M_{/SO_4^{-2}/}}{2}=\frac{96}{2}=48 \text{ olduğundan}$$

$$EMeSO_4=E_{Me}+48$$

Neytrallaşma reaksiyalarında çoxəsaslı turşuların ekvivalenti belə olur:

$$E_{turşu}=M_{turşu}/a$$

Burada a-1mol turşu ilə reaksiyaya daxil olan birturşulu əsasın (məsələn, KOH, NaOH və s.) mollarının sayıdır

$$H_3PO_4+KOH\rightarrow KH_2PO_4+H_2O \quad (I)$$

$$H_3PO_4+2KOH\rightarrow K_2HPO_4+2H_2O \quad (II)$$

$$H_3PO_4+3KOH\rightarrow K_3PO_4+3H_2O \quad (III)$$

$$E^{I}_{H_3PO_4}=\frac{M(H_3PO_4)}{1}=\frac{98}{1}=98$$

$$E^{II}_{H_3PO_4}=\frac{M(H_3PO_4)}{2}=\frac{98}{2}=49$$

$$E^{III}_{H_3PO_4}=\frac{M(H_3PO_4)}{3}=\frac{98}{3}=36,7$$

Bə'zi birləşmələr mövcuddur ki, onlar klassik valentliyə tabe olmurlar. Bu halda birləşmədəki elementin ekvivalentini tə'yin etdikdə elementin atom kütləsini onun formal valentliyinə bölmək lazımdır: E_3O_4 birləşməsində E-nin formal valenti 8/3-ə bərabərdir. Fe_3O_4 birləşməsində $E_{Fe}=\frac{56}{8/3}\approx 21,5$.

Bə'zi məsələlərin həllini asanlaşdırmaq üçün, qazların ekvivalent həcmindən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Qazın ekvivalent həcmi dedikdə, onun ekvivalent kütləsinin n.ş-də tutduğu həcm nəzərdə tutulur.

Məsələn: 2 q H_2 —22,4 *l* həcm tutur

E_{H}=1 q —EV,H_2=?

$$EV,H_2=\frac{1\cdot 22,4}{2}=11,2l$$

$$E_{V,O_2} = \frac{8 \cdot 22,4}{32} = 5,6l$$

Ekvivalentlər qanununa əsasən aşağıdakı tənassübü qururuq.

$m_1 : m_2 = E_{oksid} : EMeSO_4$.

$m_1 = 7,1$; $m_2 = 15,1$ olduğundan

$7,1 : 15,1 = /E_{Me} + 8/ : /E_{Me} + 48/$.

$E_{Me} = 27,5$.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

1. 40 və 50% kükürd olan kükürdün oksidlərində kükürdün ekvivalentini tapın.

C a v a b: 5,33 və 8.

2. 1 q fosfor yanarkən onun 2,29 q beşvalentli oksidi alınır. Fosforun ekvivalentini tapın.

C a v a b: 6,2

3. Metalın sulfidində 89,88% kükürd vardır. Əgər kükürdün ekvivalenti 16-ya bərabərdirsə, metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 38,27.

4. Metalın bromidində 89,88% brom vardır. Metalın ekvivalentini tapın. Bromun ekvivalenti 80-dir.

C a v a b: 9.

5. Metalın eyni kütləsi 0,2 q oksigen və 0,4 q başqa elementlə birləşir. Bu elementin ekvivalentini tapın.

C a v a b: 16.

6. Oksidinin 1 q-ı sulfat turşusunda həll olan zaman 3 q sulfat duzu alınan metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 12.

7. 5,6 q metal sulfatından onun 2,6 q hidroksidi alınmışdır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 9.

8. 1 q metal karbonatından 1,71 q metal nitrat alınır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 15.

9. Metalın karbonatının 5 q-nın nitrat turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirindən bu metalın 8,2 q nitratı əmələ gəlir. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 20.

10. 1,4 q hidroksidindən 4,15 q yodidi alınan metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 39.

11. Suyun kaliumla, kalium oksidlə reaksiyasında ekvivalentini tapın.

C a v a b: 18 və 9.

12. 3,4 q metal oksidinin reduksiyasına sərf olunan qədər hidrogen 6,5 q sinkin turşu ilə qarşılıqlı tə'sir reaksiyasından alınmışdır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 9.

13. Metalın eyni kütlə miqdarları 0,4 q oksigen və 3,995 q hallogenlə birləşmişdir. Bu hansı hallogendir?

C a v a b: brom, E_{Br}=79,9.

14. Hidrogen sulfidi, tərkibində 5,21 q metal sulfat olan məhluldan keçirdikdə 3,61 q metal-sulfid alınır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 56,2.

15. Metalın 3,85 q nitratından 1,6 q onun hidroksidi alınmışdır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 15.

16. 0,3 q metal sulfat turşusundan 0,28 *l* hidrogen /n.ş-də/ çıxarır. Bu metalın 0,5 q-ı gümüş məhlulundan 4,5 q gümüş çıxarır. Gümüşün ekvivalentini tapın.

C a v a b: 108.

17. 2 q metal-hidroksidindən, 3,74 q onun sulfatı alınmışdır. Metalın ekvivalentini tapın.

C a v a b: 18,52.

18. 2,043 q metal turşudan 0,7 *l* hidrogen ayırır. Metalın həmin miqdarı qurğuşun duzu məhlulundan 6,475 q qurğuşun ayırır. Qurğuşunun ekvivalentini tapın:

C a v a b: 103,6.

19. Maqnezium-oksidlə maqneziumun qarışığının 1 q-nın sulfat turşusu ilə qarşılıqlı tə'sirindən 224 ml hidrogen ayrılmışdır. Başlanğıc qarışıqdakı maqnezium-oksidin faizlə miqdarını tapın.

Cavab: 76%.

20. Metal-fosfatın 1 çəki hissəsinin alınmasına 1,635 çəki hissə fosfat turşusu sərf olunur. Bu metalın 4 q-nın turşudan ayırdığı qədər hidrogeni 1,8 q alüminium turşu ilə reaksiyadan ayırır. Aluminiumun ekvivalenti 9-a bərabərdir. Fosfat turşusunun ekvivalentini tapın.

C a v a b: 32,7.

V fəsil

MADDƏNİN QAZ HALININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ İLƏ BAĞLI OLAN HESABLAMALAR

Maddələr bərk, maye, qaz olmaqla üç fiziki halda olurlar.

Bərk maddələrin sabit həcm və formaları vardır. Bərk maddə molekullarında hissəciklər bir-birinə çox yaxındır, buna görə də onlar praktiki olaraq sıxılmazdırlar. Bərk maddələri qızdırdıqda hissəciklər arasındakı rabitələr zəifləyir və molekullar bir-birindən aralanır. Molekulların bir-birindən bir qədər uzaqlaşması nəticəsində mayelər əmələ gəlir. Maye molekulları arasındakı cazibə qüvvəsi bərk maddə molekulları arasındakı cazibə qüvvəsindən zəif olur. Molekulları arasındakı cazibə qüvvələri çox zəif olan mayelər bir az da qızdırıldıqda rabitələrin tamamilə qırılması nəticəsində qazlar əmələ gəlir.

Qazların ümumi xassələri

1. Qaz molekulları sür'ətli hərəkət edirlər.
2. Yerləşdikləri qabın bütün nöqtələrinə eyni təzyiq göstərirlər.
3. Sabit həcmləri yoxdur. Yerləşdikləri qabın həcmini tuturlar.
4. Sıxılma və genişlənmə xassələri vardır.
5. Bütün qazların normal şəraitdə genişlənmə miqdarları eynidir.
6. Qaz molekullarının aralarındakı məsafə bərk və maye maddələrə nisbətən daha çoxdur.
7. Qazlar bir-birilə hər nisbətdə qarışırlar və bütün qaz qarışıqları homogendir.
8. Bərk maddələr və mayelərin həcmləri təzyiqlə bağlı olaraq heç vaxt dəyişmir, qazların həcmi isə dəyişir.

Temperaturdan asılı olaraq bərk maddələr və mayelərin həcmi az dəyişdiyi halda qazlarınkı çox dəyişir.

Qazın təzyiqi və qazın təzyiqinin ölçülməsi

Qazların təzyiqi P ilə göstərilir. Verilmiş qabdakı qazın təzyiqi, qaz molekullarının qabın divarına çırpılması nəticəsində yaranır. Onda demək olar ki, qabdakı qazın təzyiqi, qabın divarına çırpılan molekulların sayı ilə düz mütənasibdir. Yə'ni qabın divarına çırpılan qaz molekullarının sayı artdıqca təzyiq artır.

Qabdakı qazın təzyiqi üç yolla artırıla bilər.

1. Molekul sayını dəyişmədən həcmi kiçiltmək. Bu vəziyyətdə mövcud molekullar daha kiçik həcmə sıxışdırıldığı üçün qabın divarına çırpılan hissəciklərin sayı daha çox olacaqdır. Bu da təzyiqi artırır.

2. Qabın həcmini sabit saxlayaraq qazın temperaturunu artırmaq. Bunun nəticəsində də qaz molekullarının hərəkət sür'əti artdığından qabın divarına çırpılan molekulların sayı artır ki, bu da qazın təzyiqini artırır.

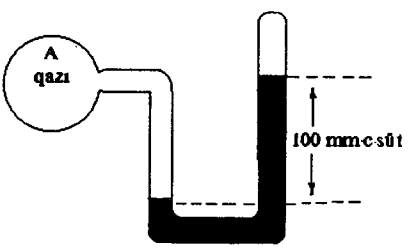
3. Qabın həcmi sabit qalmaq şərti ilə qaba qaz əlavə etmək. Əlavə edilən qazın hesabına qabdakı qaz molekullarının sayının artması hesabına qabın divarına çırpılan qaz molekullarının sayı artdığından qazın təzyiqi artacaqdır.

Təzyiqin ölçülməsi: Açıq havada təzyiq barometrlə, qapalı qablardakı qazın təzyiqi isə monometrlə ölçülür.

Dəniz səviyyəsində açıq havanın təzyiqi 760 mm c.süt. və ya 1 atmosferdir.

Əgər qabın təzyiqi qapalı uclu monometrlə ölçülərsə, o zaman U borusunun qolları arasındakı civə səviyyələri fərqi qazın təzyiqini göstərir.

Misal 1. Qabdakı A qazının təzyiqi neçə mm c. sütunudur.

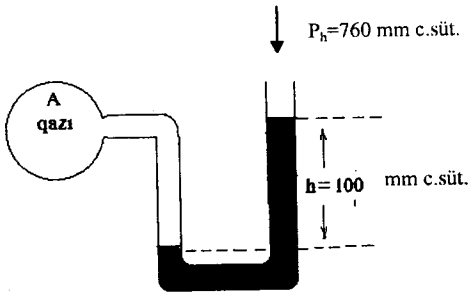


Həlli: civə səviyyələri arasındakı fərq 100 mm c.süt. olduğundan P_A=100 mm c.süt.

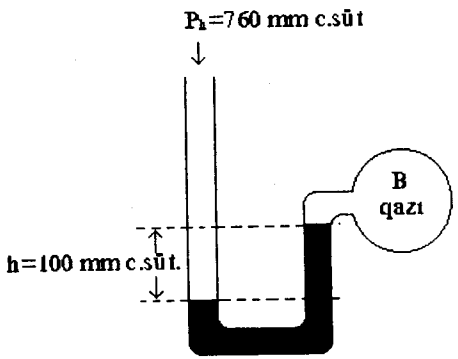
Əgər müəyyən təzyiqli qazla vir ucu bağlı olan U borusunun digər ucu açıqsa o zaman qabdakı qazın təzyiqi açıq hava təzyiqindən civə səviyyələri arasındakı fərqin çıxılması ilə tapılır.

$$P_{qaz}=P_{hava}-h$$

Misal 2.



1) $P_A=P_h+100$ mm c.süt.



2) $P_B=P_h-100$ mm.ç.süt.

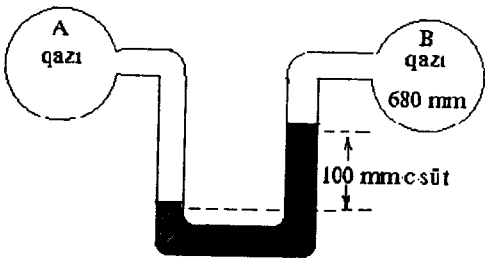
1-ci sistemdə civə səviyyəsinin sağ tərəfə yüksəlməsinin səbəbi A qazının təzyiqinin açıq hava təzyiqindən böyük olmasıdır.

A qazının təzyiqi açıq hava təzyiqindən civə səviyyələri arasındakı fərq qədər çoxdur. Bu açıqlamalara görə 1-ci sistemdəki A qazının təzyiqi $P_A=P_{hava}+100$ mm c.süt. və ya $P_A=760+100=860$ mm c.süt.-dur.

2-ci sistemdə isə civə səviyyələrinin sol tərəfə yüksəlməsinin səbəbi B qazının təzyiqinin açıq hava təzyiqindən kiçik olmasıdır. B qazının təzyiqi açıq hava təzyiqindən civə səviyyələri arasındakı fərq

qədər kiçikdir. Deməli, B qazının təzyiqi $P_B=P_{hava}$-100 mm.c.süt. və ya P_B=760-100=660 mm.c.süt. olur.

Misal 3. Aşağıdakı manometr sistemində A qazının təzyiqi nə qədərdir?



Həlli: civə səviyyəsinin B qazı tərəfinə doğru yüksəlməsinin səbəbi A qazının təzyiqinin B qazının təzyiqindən daha çox olmasıdır. A qazının təzyiqi B qazının təzyiqindən civə səviyyələri arasındakı fərq qədər çoxdur. Bu izahatlara görə A qazının təzyiqi

$P_A=P_B$+100 mm.c.süt. buradan P_A=680+100=780 mm.c.süt.

Qaz qanunları

1. **Avoqadro qanunu /bu haqda əvvəllərdə ətraflı mə'lumat verilmişdir/.**

2. **Boyl-Marriot qanunu /təzyiq-həcm əlaqəsi/. Sabit temperaturda verilmiş qaz kütləsinin təzyiqi ilə həcminin hasili sabit kəmiyyətdir:**

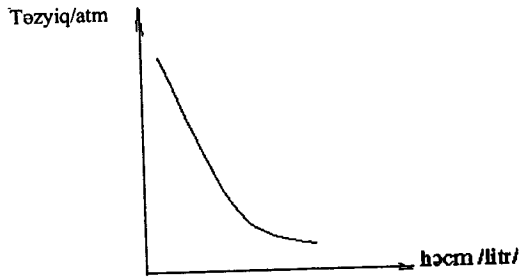
$$P_1V_1= P_2V_2 \text{ və ya } PV=\text{const}$$

Misal: Sabit temperaturda 4 litrlik bir qabdakı qazın təzyiqi 2 atmosferdir. Bu qazın həcmi yarıya endirilərsə son təzyiq nə qədər olar?

Həlli: $P_1V_1=P_2V_2$ düsturunda P_1=2, V_1=4, V_2=2 *l* qiymətlərini yerinə yazsaq,

$4\cdot2=2\cdot P_2$; buradan da P_2=4 atm alarıq.

Temperatur sabit qalmaq şərti ilə verilmiş qazın həcmi ilə təzyiqi arasındakı asılılığı göstərən qrafik aşağıdakı kimidir:



3. **Qazlarda temperatur—həcm əlaqəsi /Gey-Lüssak qanunu/.**

Sabit təzyiqdə qızdırılan qaz kütləsinin həcmi, qazın temperaturu hər dəfə bir dərəcə yüksəldikcə 0^0-də tutduğu həcmin 1/273 hissəsi qədər böyüyür.

$$V=V_0+\frac{V_0 t}{273}=V_0(\frac{273+t}{273})$$

burada t – yüzdərəcəli selsi şkalası ilə ölçülmüş temperaturdur.

Bu düstura mütləq sıfır nöqtəsindən, yə'ni yüzdərəcəli selsi şkalasında sıfırdan 273^0 aşağıda yerləşmiş nöqtədən hesablanan mütləq temperatur (T) daxil edildikdə (T=273+t) həmin qanun üçün belə bir ifadə alarıq:

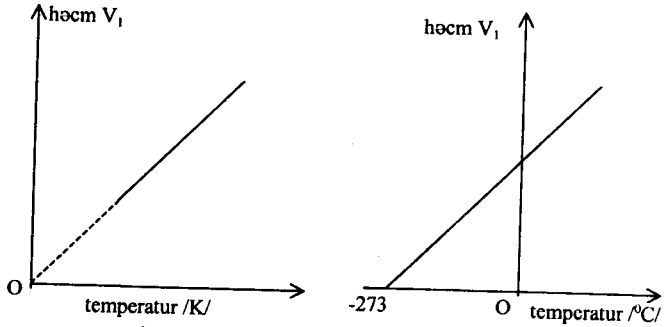
$$V=\frac{V_0 T}{273} \text{ və ya } \frac{V}{T}=\frac{V_0}{273}$$

$\frac{V_0}{273}$ həmin qaz kütləsi üçün sabit kəmiyyət olduğundan:

$$\frac{V}{T}=\text{const və ya } \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$$

Sabit təzyiqdə qazın həcmi mütləq temperatura düz mütənasib olaraq dəyişir.

Sabit təzyiqdə qazın həcmi ilə temperaturu arasındakı əlaqəni göstərən qrafiklər aşağıdakı kimidir:



Misal: X qazının 0^0C-dəki həcmi 2 *l*-dir. Təzyiqi sabit saxlamaq şərti ilə temperaturu 273^0C-yə qədər qaldırsaq son həcm nə qədər olar?

Həlli: $T_1=0^0C+273=273K$; $V_1=2\ l$;

$T_2=273^0C+273=546K$

Verilənləri $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ düsturunda yerinə yazsaq; $\frac{2}{273}=\frac{V_2}{546}$ alarıq ki, buradan da,

$$V_2=\frac{546\cdot 2}{273}=4\ l \text{ olar.}$$

4. Qazlarda temperatur–təzyiq əlaqəsi /Şarl qanunu/.

Sabit həcmdə verilmiş qaz kütləsinin təzyiqi mütləq temperaturla düz mütənasibdir:

$$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2} \text{ və ya } \frac{P}{T}=\text{const}$$

Misal: Sabit həcmli qabda yerləşən qazın temperaturu 27^0C olduqda təzyiqi 3 atmosferdir.

Əgər temperaturu 27^0C-yə qaldırsaq son təzyiq nə qədər olar?

Həlli: $T_1=27^0C+273=300K$; $T_2=127^0C+273=400K$

$P_1=3$ atm.

Verilənləri $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$ düsturunda yerinə yazsaq

$$\frac{3}{300}=\frac{P_2}{400}$$ olur.

Buradan, $P_2=\frac{3\cdot 400}{3}=4$ atm alınar.

Qazın ümumi hal tənliyi

Qazın təzyiqi ilə mol sayı arasındakı əlaqəni göstərən $\frac{P_1}{n_1}=\frac{P_2}{n_2}$ formulu ilə qazın həcmi ilə mol sayı arasındakı əlaqə düsturunu $\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2}$ qarışdırmadan yadda saxlamaq çətin olduğundan bu nisbətlərin hamısını bir yerdə göstərən $\left[\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\right]$ bərabərliyini yazmaq daha sərfəlidir.

Bu tənlikdən qazın sabit olan qaz parametrləri çıxarılır və yerdə qalanlar yazılır.

Məsələn təzyiq P və qazın mol sayı n sabit olarsa düstur $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ şəklində olur.

Misal 1. Bir qazın 0^0C-dəki təzyiqi 2 atmosferdir. Həcmi dəyişdirmədən təzyiqi 6 atmosferə çatdırmaq istəyirik. Son temperatur neçə Kelvin olmalıdır?

Həlli: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ düsturundan istifadə edək.

Məsələnin şərtində həcmin sabit olduğu verildiyindən düsturdan həcmi ixtisar edirik. Məsələnin şərtində mol sayının dəyişib dəyişilməməsi haqqında məlumat verilmədiyindən qazın mol sayı da sabit qəbul edilir. Ona görə də düsturu sadələşdirsək

$\frac{P_1V_1}{T_1n_1}=\frac{P_2V_2}{T_2n_2}$; $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$ formulunu alarıq.

$T_1=0^0C+273=273K$; $P_1=2$ atm, $P_2=6$ atm qiymətlərini sonuncu düsturda yerinə yazsaq

$$\frac{2}{273}=\frac{6}{T_2};\ T_2=\frac{6\cdot 273}{2}=819K \text{ alarıq.}$$

Deməli, son temperatur 819K olarsa sabit həcmdə təzyiq 2 atm-dən 6 atm-rə çıxar.

Misal 2. 0^0C-də 2 *l*-lik bir qabda 8 q CH_4 qazı vardır və onun təzyiqi 4 atm-dir. Həcm və temperaturu sabit saxlayaraq qaba 24 q CH_4 əlavə etsək qabdakı qazın təzyiqi neçə atmosfer olar?

Həlli: Qaba sonradan CH_4 əlavə edildiyindən qazın /CH_4/ mol sayı dəyişmişdir. Ona görə də məsələnin həlli üçün $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ düsturundan istifadə edəcəyik. Hadisə zamanı həcm və temperatur sabit qaldığından bu kəmiyyətləri düsturun hər iki tərəfindən ixtisar etsək $\frac{P_1}{n_1}=\frac{P_2}{n_2}$ düsturunu alarıq. $P_1=4$ atm; $n_1=\frac{m}{M}=\frac{8}{16}=0,5$ mol; $n_2=\frac{8+24}{16}=2$ mol. Verilənləri sonuncu düsturda yerinə yazsaq

$$\frac{4}{0,5}=\frac{P_2}{2};\ \text{buradan, } P_2=\frac{2\cdot 4}{0,5}=16 \text{ atm alarıq.}$$

Misal 3. 2 litrlik qabda olan bir qədər qaz 27^0C-də, 5 atm təzyiq yaradır. Əgər həcmi 4 *l*-ə, temperaturu 127^0C-yə qaldırsaq son təzyiq nə qədər olar?

Həlli: Məsələdə verilən, həcm, temperatur, təzyiq kimi qaz parametrləri dəyişdiyindən yenə də $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ düsturundan istifadə edəcəyik.

Məsələnin şərtində qazın mol sayının dəyişib dəyişməməsindən bəhs edilmədiyi üçün düsturda hər iki tərəfdəki n-lər ixtisar edilir.

Onda $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ olur.

$Y=2$ l; $T_1=27^0C+273=300K$; $P_1=0,5$ atm, $V_2=4$ *l*.

$T_2=127^0C+273=400K$. Düstürda bu verilənləri yerinə yazsaq.

$\frac{0,5\cdot 2}{300}=\frac{P_2\cdot 4}{400}$; buradan $P_2=\frac{400\cdot 1}{300\cdot 4}=\frac{1}{3}$ atm alarıq.

Yəni, P_2=0,33 atm.

Q e y d: Bütün qazların $\frac{PV}{nT}$ qiyməti eyni olduğundan müxtəlif qazların hər hansı bir andakı vəziyyəti üçün $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ düsturu yazıla bilər. Hər iki qaz üçün eyni qiymətə malik parametrləri düsturdan ixtisar etməklə yerdə qalan düstur üzrə məsələni həll etmək olar.

Misal 1.

2 mol A qazı	4 mol B qazı
P_A=1 atm.	P_B=?

Yuxarıdakı qazların temperaturları və həcmləri bərabər olduğuna görə B qabındakı qazın yaradacağı təzyiq neçə atmosferdir?

Həlli: Müxtəlif qazlarda $\frac{PV}{nT}$ qiymətlərinin bir-birinə bərabər olmasını yuxarıdakı qeyddə göstərmişdik. Ona görə də A və B qazları üçün $\frac{P_AV_A}{n_AT_A}=\frac{P_BV_B}{n_BT_B}$ bərabərliyini yaza bilərik. Hər iki qaz üçün həcmlər və temperaturlar bərabər və sabit olduğundan bərabərliyin hər iki tərəfindən V və T-ləri ixtisar etsək $\frac{P_A}{n_A}=\frac{P_B}{n_B}$ alarıq.

n_A=2 mol; n_B = 4 mol; P_A= 1 atm alarıq:

Verinləri sonuncu düsturda yerinə yazsaq.

$\frac{1}{2}=\frac{P_B}{4}$, buradan $P_B=\frac{4\cdot 1}{2}$=2 atm alarıq.

Misal 2. Həcmləri bərabər olan iki balonda eyni temperaturda X və Y qazları vardır.

I. X qazının kütləsi Y qazının kütləsindən 4 dəfə çoxdur.

II. X-in molekul kütləsi Y-kinin yarısı qədərdir.

Buna görə X balonundakı təzyiq Y balonundakı təzyiqdən neçə dəfə çoxdur?

Həlli: Müxtəlif qazların eyni anda $\frac{PV}{nT}$ qiymətləri bir-birinə bərabər olduğu üçün $\frac{P_xV_x}{n_xT_x}=\frac{P_yV_y}{n_yT_y}$ düsturunu alarıq.

Hər iki balonun həcmi və temperaturları bərabər olduğundan bərabərlikdə V və T-ni ixtisar etsək $\frac{P_x}{n_x}=\frac{P_y}{n_y}$ alarıq.

Fərz edək ki, m_y=1-dir, onda m_x=4-dür.

M_x=1-dirsə, onda Y qazının molekul kütləsini M_y=2 qəbul edirik.

Bu qiymətləri aşağıdakı kimi sistem halında göstərək:

X qazı üçün.

m_x=4 q.

$M_{/X/}$=1 $\qquad n_X=\frac{m}{M}=\frac{4}{1}$=4 mol X qazı var.

Y qazı üçün.

m_y=4 q.

$M_{/Y/}$=1 $\qquad$ onda $n_Y=\frac{1}{2}$=0,5 mol Y qazı vardır.

Tapdığımız n_x və n_y qiymətlərini düsturda yerinə yazsaq $\frac{P_x}{4}=\frac{P_y}{0,5}$

alarıq, onda $P_x=\frac{P_y\cdot 4}{0,5}$=8 P_y olur. Yə'ni X-in təzyiqi Y-kindən 8 dəfə çoxdur.

Q e y d. Kimyəvi reaksiyalarda reaksiyadan əvvəl qabdakı qaz fazasında olan maddənin $\frac{PV}{nT}$ qiyməti, reaksiyadan sonra qaz halında olan maddənin $\frac{PV}{nT}$ qiymətinə bərabərdir.

Misal: Sabit həcmli bir qaba 4 mol NH_3 qazı doldurulmuşdur, təzyiqi P_1-dir. Amonyakı qızdırıb parçaladıqdan sonra temperaturu əvvəlki vəziyyətə gətirdikdə isə təzyiq P_2-dir.

Buna görə P_2 ilə P_1 arasında necə əlaqə vardır?

Həlli: $\underset{2\text{ mol}}{2NH_3[qaz]} \xrightarrow{t} \underset{1\text{ mol}}{N_2[qaz]} + \underset{3\text{ mol}}{3H_2[qaz]}$

Yuxarıdakı qeydə əsasən ammonyakın $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}$ qiyməti, amonyak parçalanandan sonra alınan qaz məhsullarının $\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ qiymətinə bərabər olacağından $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ yaza bilərik.

Reaksiya sabit həcmli bir qabda getdiyindən reaksiyadan əvvəlki qaz ilə reaksiyadan alınan qazın həcmi eyni olacaq. Sistemin temperaturu də eynidir. Onda yuxarıdakı bərabərlikdən V və T kəmiyyətlərini ixtisar etsək $\frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2}$ alarıq.

n_1 amonyakın parçalanmadan əvvəlki mol sayı olduğundan $n_1=4$ mol, amonyak parçalanandan sonra alınan qazların mol sayı isə $n_2=2+6=8$ mol olur.

Bu qiymətləri düsturda yerinə yazsaq $\frac{P_1}{2} = \frac{P_2}{8}$ olur. Buradan da

$$4P_2=8P_1 \text{ və } P_2=\frac{8P_1}{4}=2P_1 \text{ alarıq.}$$

Deməli reaksiya məhsullarının təzyiqi amonyakın təzyiqindən 2 dəfə çox olacaq.

Misal: Sabit həcmli bir qabda 1 mol S ilə 2 mol O_2 arasında $S+O_2=SO_2$ tənliyi üzrə reaksiya gedir. Reaksiyadan sonra qazın mütləq temperaturu 2 dəfə artdığına görə, son təzyiq ilə reaksiyadan əvvəlki təzyiq arasında necə əlaqə vardır?

Həlli: Reaksiyadan əvvəlki təzyiqi P_1, son təzyiqi P_2 götürsək $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}$ bərabərliyini yaza bilərik. İlk və son vəziyyətdə həcm

eyni olduğundan, yə'ni qabın həcmi sabit qaldığından formuldakı V-ləri ixtisar etsək $\frac{P_1}{n_1T_1}=\frac{P_2}{n_2T_2}$ alarıq.

$$\underset{1\text{ mol}}{S}+\underset{1\text{ mol}}{\underset{2\text{ mol}}{O_2}}\rightarrow\underset{2\text{ mol.}}{\underset{x\text{ mol}}{SO_2}}$$

1 mol kükürdü yandırmaq üçün 1 mol O_2 sərf olunduğundan götürülən 2 mol O_2-dən 1 molu artıq qalır.

n_1=reaksiyadan əvvəlki mol sayı=2 mol. Kükürd bərk maddə olduğu üçün təzyiq yaratmaz.

n_2=reaksiyadan sonrakı mol sayı.

n_2= n artıqO_2+ nSO_2=1+1=2 mol.

$T_2=2T_1$ yə'ni T_1=100K-dirsə $T_2=200^0$K

Bu verilənləri yuxarıdakı sonuncu düsturda yerinə yazsaq.

$\frac{P_1}{2T_1}=\frac{P_2}{2T_1}$ buradan $P_2=\frac{P_1\cdot 4\cdot T_1}{2T_1}=2P_1$ alarıq.

Deməli, reaksiyadan sonrakı təzyiq reaksiyadan əvvəlki təzyiqdən 2 dəfə çox olacaq.

Qazın həcminin normal və ya başqa şəraitə gətirilməsi

Qazın həcmi, təzyiqi və temperaturu arasındakı asılılıq, adətən Boyl-Marriot, Gey-Lüssak və Şarl qanunlarını birləşdirən aşağıdakı ümumi tənliklə ifadə edilir:

$\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{PV}{T}$ və ya T_0=273K olduğundan,

$\frac{P_0V_0}{273}=\frac{PV}{T}$ buradan da, $PV=\frac{P_0V_0T}{273}$ olur.

Burada P və V-verilən T temperaturunda qazın təzyiqini və həcmini;

P_0 və V_0 isə normal şəraitdə qazın həcmini və təzyiqini göstərir.

Yuxarıdakı tənlik, ona daxil olan kəmiyyətlərin hər hansı birini yerdə qalanları mə'lum olduqda tapılmasına imkan verir.

Bu tənliyə əsasən V_0-ın tapılmasına qazın həcmini *normal şəraitə gətirmək* deyilir.

Misal 1. Bir qədər qazın 27^0C-də və 660 mm.c.süt. təzyiqdə tutduğu həcm 200 ml-dir. Həmin qazın 0^0C-də və 760 mm c.süt. təzyiqdə /normal şərait/ tutacağı həcmi hesablayın.

Həlli: Əvvəlcə verilənləri yazaq:

Verilir.

P_0=760 mm c.süt.
T_0=273^{0}K
V=200 ml.
P=660 mm c.süt.
T=27+273=300K
V_0=?

$$V_0=\frac{PVT_0}{P_0T}=\frac{660\cdot200\cdot273}{760\cdot300}=158 \text{ ml.}$$

Misal 2. 17^0C-də 700 mm.c.süt. təzyiq altında müəyyən qazın həcmi 860 ml-dir. Normal şəraitdə həmin qazın həcmi və qədər olar?

Həlli:

Verilir.

T_0=273K
T=273+17=290K
P_0=760 mm c.süt./n.ş./
V=860 ml.
P=700 mm c.süt.
V_0=?

$$V_0=\frac{PVT_0}{P_0T}=\frac{700\cdot860\cdot273}{760\cdot290}=745{,}6 \text{ ml}$$

Misal 3. 15^0C-də və 710 mm.c.süt. təzyiqdə 3 *l* qaz vardır. Həmin qazın 27^0C-də, 800 mm c.süt. təzyiqdə həcmi nə qədər olar?

Həlli:

Verilir.

T_1=15+273=288K
T_2=27+273=300K

P_1=710 mm.c.süt.

P_2=800 mm.c.süt.

V_1=3 l

V_2=?

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$V_2=\frac{P_1V_1T_2}{T_1.P_2}=\frac{710\cdot3\cdot300}{200\cdot800}=2{,}73\ l.$$

İdeal qazın hal tənliyi və ya qazın sıxlığı haqqında mə'lumata əsasən qazın molekulyar kütləsinin hesablanması.

İdeal qazlar: Qaz molekulları arasında cazibə qüvvəsi olmayan və molekulların öz həcmləri sıfır qəbul edilən qazlara ideal qaz deyilir. İdeal qazlarda qaz molekulları bir-birindən əlaqəsiz hərəkət edirlər.

İdeal qazın hal tənliyi: Bundan əvvəl göstərilən qaz halı tənliyində $\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{PV}{T}$; T_0=273K olduğundan, $\frac{P_0V_0}{273}=\frac{PV}{T}$ olur.

$\frac{P_0V_0}{273}$ kəmiyyəti götürülmüş qazın həm kütləsindən, həm də onun təbiətindən asılıdır /müxtəlif qazların eyni kütləsi üçün V_0-ın qiyməti müxtəlifdir/. Lakın göstərilən tənliyi qazın 1 moluna tətbiq etsək, o zaman $\frac{P_0V_0}{273}$ kəmiyyəti bütün qazlar üçün eyni olar, çünki hər hansı qazın 1 molu normal şəraitdə 22,4 *l* həcm tutur. Belə şəraitdə $\frac{P_0V_0}{273}$ kəmiyyəti universal qaz sabiti adlanır və R hərfi ilə işarə edilir. $\frac{P_0V_0}{273}=\frac{PV}{T}$ düsturundan PV= $\frac{P_0V_0T}{273}$ olur, tənlikdə R-in qiymətini $\frac{P_0V_0}{273}$ yerinə yazsaq PV=RT alarıq.

Qazın n molu üçün tənlik belə bir şəkil alır:

$$PV=n\cdot RT \qquad /1/$$

Bu da ideal qazın *hal tənliyi* adlanır.

Qazın mollarının sayı $n=\frac{m}{M}$ olduğundan, /1/ düsturu $PV=\frac{m}{M}RT$ /2/ olar. /1/ və /2/ tənlikləri Klapeyron-Mendeleyev tənliyi adlanır.

Qazın həcminin və təzyiqinin hansı vahidlərlə ifadə olunmasından asılı olaraq R universal qaz sabitinin qiyməti müxtəlif olar.

$R=\frac{P_0V_0}{T}$ düsturunda P_0=101325 Pa, $V_0=22,4\cdot10^{-3}m^3$/mol, T_0=273K qiymətlərini yerinə yazsaq

$$R=\frac{101325Pa\cdot22,4\cdot10^{-3}m^3/mol}{273K}=8,314 \text{ coul/mol.K. olar.}$$

Əgər həcm /V/ litrlə, təzyiq /P/ isə atmosferlə ifadə edilirsə, o zaman $R=\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{1atm\cdot22,4l}{273^0K}=0,082\ l$ atm/dərəcə olar.

Həcmi millilitrlə, təzyiqi isə mm c.süt ilə ifadə etdikdə .

$R=\frac{P_0V_0}{T_0}=760$ mm c.süt.22400ml/273^{0}K=62400 mm.c.süt. ml/dərəcə

Klapeyron-Mendeleyev tənliyi ona daxil olan kəmiyyətlərdən hər hansı birini qalan kəmiyyətlər mə'lum olmaq şərti ilə hesablamağa imkan verir.

Misal 1. Həcmi 2000 ml olan bir qabdakı 4 q metan qazının CH_4 0^0C-də təzyiqi neçə atmosferdir?

Həlli:

Verilir.

Mr/ CH_4/=16 q.

$n=\frac{m}{M}=\frac{4}{16}=0,25$ mol

T=t^{0}C+273=0^0C+273=273K

V=20000 $ml=2\ l$.

R=0,082

P=?

PV=nRT

$P=\frac{nRT}{V}=\frac{0,25\cdot0,082\cdot273}{2}=2,8$ atm.

Misal 2. 0^0C-də 2 atm təzyiq altında 22 q XO_2 qazı 5,6 *l* həcm tutduğuna görə X elementinin atom kütləsi neçədir?

Həlli:

Verilir:

V=5,6 *l*

m=22 q.

M/ XO_2/=X+32

P=2 atm.

T=0^0C+273=273^{0}K

R=$\frac{22,4}{273}$=0,082.

PV=$\frac{m}{M}$RT

$2 \cdot 5,6=\frac{22}{X+32} \cdot \frac{22,4}{273} \cdot 273$

X=12.

İdeal qazın hal tənliyinə əsasən qazın molekul kütləsinin hesablanması.

Misal 1. 27^0C-də və 720 mm.c.süt. təzyiqində 600 ml qazın kütləsi 10,154 qr-dır. Qazın molekul kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir:

V=600 ml.

P=720 mm c.süt.

T=27^0C+273 300^{0}K

m=10,154 q

P=62400

M=?

PV=$\frac{m}{M}$RT

M=$\frac{PT}{PV}=\frac{10,154 \cdot 62400 \cdot 300}{720 \cdot 600}$=44.

M=44.

Misal 2. 33^0C-də 2 atm təzyiqdə 500 ml qazın kütləsi 1,259 q-dır. Qazın molekul kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir.

P=2 atm

V=500 ml 0,5 *l.*

$T=37^0C+273=310K$

$m=1,259$ q

$R=0,082$

$M=?$

$$M=\frac{mRT}{PV}=\frac{1,259\cdot0,082\cdot310}{2\cdot0,5}=32$$

Misal 3. 67^0C-də 3 atm təzyiqdə 2 *l* asetonun kütləsi 12,5 q-dır. Asetonun molekul kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir.

$T=67^0C+273=340^0K$

$P=3$ atm.

$V=2$ *l*.

$m=12,5$ q.

$P=0,082$

$M=?$

$$M=\frac{mRT}{PV}=\frac{12,5\cdot0,082\cdot340}{3\cdot2}=58$$

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

1. Həcmi 3 *l* olan qazın təzyiqi 2 atm-dir. Qazın temperaturunu sabit saxlayaraq, həcmini sıxıb 1,5 *l*-ə çatdırsaq, təzyiqi nə qədər olar?

C a v a b: 4 atm.

2. 1,5 atm. təzyiq altında olan qazın həcmi 20 *l*-dir. Sabit temperaturda qazın həcmini 15 *l*-ə çatdırmaq üçün nə qədər təzyiq lazımdır?

C a v a b: 2 atm.

3. Normal şəraitdə 3,2 q oksigenin həcmi 2240 ml-dir. Həmin qədər oksigenin 0^0C-də və 720 mm c.süt. təzyiqdə həcmi nə qədər olar?

C a v a b: 2,365 *l*.

4. Tutumu 10 *l* olan polad balonda 0^0C-də və 30 atm. təzyiq altında olan hidrogen vardır. Həmin balondan normal şəraitə gətirilmiş neçə litr oksigen qazı almaq olar?

C a v a b: 300 *l*.

5. 17^0C-də qazın həcmi 200 ml-dir. Qazın həcmini 300 ml-ə çatdırmaq üçün, sabit təzyiqdə onu hansı temperatura qədər qızdırmaq lazımdır?

C a v a b: 162^0C.

6. Qapalı qabda olan qazın temperaturu 27^0C təzyiqi 720 mm c.süt-dür. Qaz 47^0C-yə qədər qızdırılarsa təzyiqi nə qədər olar?

C a v a b: 768 mm c.süt.

7. Qapalı qabda olan qazın 17^0C, təzyiqi 700 mm c.süt. Qabı 33^0C-yə qədər soyutsaq təzyiqi nə qədər azalar?

C a v a b: 120,7 mm c.süt.

8. Polad balon 27^0C-də və 100 atm təzyiq altında karbon qazı ilə doldurulmuşdur. Balon üçün yol verilən maksimal təzyiq 180 atm-dir. Hansı temperaturda azotun təzyiqi bu qədər olar?

C a v a b: 267^0C.

9. 37^0C-də və 700 mm.c.süt. təzyiqdə müəyyən qazın həcmi 850 ml-dir. Normal şəraitdə həmin qazın həcmi nə qədər olar?

C a v a b: 689,45 mm c.süt.

10. Temperaturu 55^0C və təzyiqi 710 mm.c.süt. olan 500 ml qazı normal şəraitə gətirin.

C a v a b: 386,4 ml.

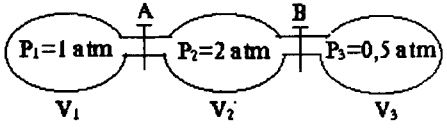
11. Bir qabda 64 qram O_2 qazı vardır. Qazın təzyiqi 2 atm-dir. Ona sabit temperaturda 128 q O_2 qazı əlavə edilib və qazın həcmi 3 dəfə artırılarsa son təzyiq nə qədər olar?

C a v a b: 2 atm.

12. Kütləsi molekul kütləsinin yarısı qədər olan bir qazın 0^0C-də 2 litirlik qabda yaratdığı təzyiq neçə atmosferdir?

C a v a b: 5,6 *l.*

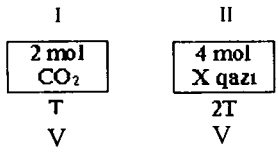
13.



Şəkildəki V_2 qabının həcmi, V_1 qabının həcminin yarısı qədər olub, V_3 qabının həcmindən 2 dəfə çoxdur. A və B kranları açılanda qazlar bir-birilə reaksiyaya girməmək şərti ilə qarışırlar. Son təzyiq neçə atmosfer olacaqdır?

C a v a b: 1,214 atm.

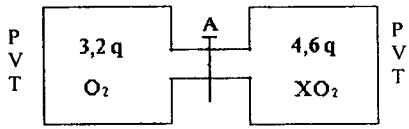
14.



Yuxarıdakı I və II qablardakı təzyiqlərin bərabər olması üçün I qaba neçə qram CO_2 qazı əlavə etməliyik.

C a v a b: 264 q. CO_2.

15.



Yuxarıdakı qabların həcmləri, təzyiqi və temperaturu bərabərdir. Qablarda iki ayrı qaz verilmişdir. Buna görə XO_2 qazındakı X elementinin atom kütləsini tapın.

C a v a b: 12.

16. 27^0C-də və 2 atm təzyiqdə 0,5 kq oksigenin həcmi nə qədər olar?

C a v a b: 192,2 *l.*

17. 47^0C-də və 720 mm c.süt. təzyiqdə 300 ml qazın kütləsi 5,43 q-dır. Qazın molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 17.

18. 27^0C-də və 750 mm.c.süt. təzyiqdə 600 ml qazın kütləsi 0,048 q-dır. Qazın molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 2.

19. Həcmi 500 ml olan və 17^0C-də azot qazı ilə doldurulmuş balonun kütləsi 75 q-dır. Boş balonun kütləsi 70 q-dır. Azot qazının təzyiqini tapın.

C a v a b: 8,49 atm.

20. 13^0C-də və 2 atm. təzyiqdə 0,5 kq karbon qazının həcmi nə qədərdir?

C a v a b: 121,14 *l.*

Sadə həcm nisbətləri qanununa əsasən hesablamalar

1805-ci ildə fransız alimi Gey-Lüssak reaksiyaya daxil olan və reaksiya nəticəsində əmələ gələn qazların həcmlərinin dəyişməsini öyrənərək həcm nisbətləri qanununu kəşf etmişdir. Həmin qanun aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Reaksiyaya daxil olan və eləcə də reaksiya zamanı alınan qazların həcmlərinin bir-birinə nisbəti sadə tam ədədlərin nisbəti kimidir.

Bu qanunu hidrogen-xloridin alınması reaksiyası tənliyi üzrə şərh edək:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

Reaksiya tənliyindən görünür ki, 1 həcm hidrogen, 1 həcm xlorla reaksiyaya girib 2 həcm hidrogen-xlorid əmələ gətirir. Bu qazların həcmlərinin nisbəti 1:1:2 kiçik tam ədədlər nisbəti kimi olacaq.

Reaksiyaya girən qazların həcm nisbətlərini bilmək, alınan maddələrin molekulyar tərkibini müəyyən etməyə imkan verir. Əksinə, götürülən maddələrin və reaksiya məhsullarının molekulyar tərkibi mə'lum olduqda, reaksiyada iştirak edən qazların həcm nisbətlərini /əgər temperatur və təzyiq sabitdirsə/ və ya reaksiya nəticəsində təzyiqdə əmələ gələn dəyişikliyi /əgər reaksiya qapalı mühitdə və sabit temperaturda aparılırsa/ asanlıqla hesablayıb tapmaq olar.

Misal 1. 2 həcm kükürd-4-oksidlə 1 həcm oksigenin qarşılıqlı tə'sirindən 2 həcm yeni qaz alınır. Əmələ gələn qazın formulunu müəyyən edin.

Həlli: Əmələ gəlmiş qazın molekullarının tərkibini S_xO_y formulu ilə işarə etsək, reaksiyanı aşağıdakı tənliklə ifadə edə bilərik

$$2SO_2 + O_2 = 2S_xO_y$$

Tənliyin sol tərəfindəki kükürd və oksigen atomlarının sayılması göstərir ki, yeni qazın 2 molunun tərkibində 2 atom kükürd və 6 atom oksigen olmalıdır, yə'ni onun molekulu 1 atom kükürd və 3 atom oksigendən ibarətdir. Deməli, qazın formulu SO_3-dür.

Misal 2. Etan qazı C_2H_6 yandıqda karbon qazı və su buxarı əmələ gəlir. Reaksiyada iştirak edən qazların həcmləri eyni şəraitdə ölçülürsə, onların bir-birinə nisbəti necə olacaqdır?

Həlli: Etan qazı tamam yandıqda, onun hər moluna 3,5 mol oksigen sərf olunur və nəticədə 2 mol karbon qazı və 3 mol su buxarı əmələ gəlir:

$$C_2H_6 + 3{,}5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

Bu o deməkdir ki, 1 həcm etan və 3,5 həcm oksigendən eyni şəraitdə ölçülmüş 2 həcm karbon qazı və 3 həcm su buxarı alınır ki, onların da bir-birinə nisbəti 1:3, 5:2:3 olur. Həcm nisbətləri qanununa görə reaksiyaya girən və alınan qazların həcmlərinin bir-birinə nisbəti kiçik tam ədədlər nisbəti kimi olduğundan yuxarıdakı nisbətin bütün hədlərini 2-yə vurmaq lazımdır. Onda bu nisbət 2:7:4:3 olacaq. Buna əsasən də reaksiya tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

Misal 3. Amonyak xlorda yandıqda reaksiya məhsulu olaraq hidrogen-xlorid və azot alınır. Bu zaman amonyak və xlor hansı həcm nisbətlərində reaksiyaya girir və alınan qazların həcmləri arasındakı nisbət nədən ibarətdir?

Həlli: Əvvəlcə reaksiya tənliyini yazaq.

$$NH_3 + Cl_2 \rightarrow HCl + N_2\uparrow$$

Tənliyi bərabərləşdirmək üçün reaksiyanın sağ və sol tərəflərindəki atomların sayını bərabərləşdirmək lazımdır. Tənliyin sağ tərəfində 2 atom azot olduğu üçün sol tərəfdə amonyakın qarşısında 2 yazmaq lazımdır. Onda sol tərəfdə 2 mol amonyak alındığından hidrogenin sayı altı olur. Buna görə də sol tərəfdə hidrogen-xloridin qarşısına 6 yazmaq lazımdır. 6 mol hidrogen-xloriddə də 6 atom xlor olduğundan tənliyin sol tərəfində xlorun qarşısına 3 yazmaq lazımdır. Bütün bu əmsallaşdırma aparıldıqdan sonra reaksiya tənliyi aşağıdakı kimi olur.

$$2NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow 6HCl + N_2$$

Reaksiya tənliyindən də görünür ki, qazların həcmlərinin bir-birinə nisbəti 2:3:6:1 kimidir. Reaksiya məhsullarının isə həcmlərinin bir-birinə nisbəti 6:1-ə kimidir.

Misal 4. Qapalı qabda 150^0C-də ekvivalent miqdarda oksigen və asetilen C_2H_2 qarışığı vardır. Qarışığı partladıb qabı əvvəlki temperaturuna gətirdikdən sonra qabdakı təzyiq nə qədər olar?

Həlli: $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$

Reaksiya tənliyindən görünür ki, 2 mol asetilenin yanmasına 5 mol oksigen sərf olunur və 4 mol karbon qazı və 2 mol su alınır.

Reaksiyaya girən maddələrin mollarının sayı 2+5=7 və reaksiyadan alınan maddələrin mollarının sayı 6 olduğunda reaksiyadan sonra temperatur əvvəlki vəziyyətə qaytarılır və həcm sabit qalır, molekulların sayı isə 1/7 dəfə azalır. Ona görə də təzyiq də 1/7 dəfə azalır.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Namə'lum qazın 1 həcmi ilə 1 həcm hidrogendən ibarət olan qarışığı partlatdıqda 1 həcm su buxarı və 1 həcm azot alınmışdır. Bütün ölçmələr eyni şəraitdə aparılmışdır. Namə'lum qazın formulunu tapın.

C a v a b: N_2O.

2. Ammonyak, katalizator iştirakı ilə oksidləşdirilən zaman reaksiya məhsulu olaraq azot-2-oksid NO və su buxarı alınır. Bu zaman qazların öz aralarındakı həcm nisbətləri necə olur?

C a v a b: 4:5:4:6.

3. Qapalı bir qabda 120^0C-də 0,4 atm. təzyiq altında hidrogenlə oksigenin bərabər həcmli qarışığı vardır. Qarışığı partlatdıqdan və qabı əvvəlki temperatura gətirdikdən sonra qabdakı təzyiq necə dəyişəcəkdir?

C a v a b: 0,3 atm.

4. 3 *l* metan CH_4 yanarkən neçə litr karbon qazı alınar? /Əgər iki qaz eyni şəraitdə ölçülərsə/.

C a v a b: 3 *l*.

5. Etan C_2H_6 yandırılan zaman 4,48 *l* karbon qazı alınmışdır. Etan və karbon qazı CO_2 eyni şəraitdə ölçülmüşdür. Neçə qram su alınmışdır və neçə litr etan yanmışdır? Reaksiyaya girən qazların həcm nisbətləri necədir?

C a v a b: 2,24 *l* C_2H_6; 5,4 q H_2O və V / C_2H_6/: V/O_2/=2:7.

6. Fosfor oksigenlə həcmcə 1:5 nisbətində reaksiyaya girib, fosfat anhidridi əmələ gətirirsə, buxar halında olan fosforun molekulu neçə atomdan ibarətdir?

C a v a b: 4.

7. 1 *l* azot-2-oksidlə NO, 2 *l* oksigen qazlarının qarşılıqlı tə'siri zamanı azot 2-oksidin hamısı azot 4-oksidə NO_2 çevrilmişdir. Reaksiyadan sonra alınan qaz qarışığının həcm tərkibini faizlə tə'yin edin.

C a v a b: 60% O_2 və 40% NO_2.

8. Etilenin C_2H_4 yanması zamanı etilen oksigenlə hansı həcm nisbətlərində reaksiyaya girir?

C a v a b: $V/C_2H_4/ : V/O_2/ = 1 : 3$.

9. Qapalı qabda 135^0C-də 0,2 atm təzyiqdə 2 həcm asetilenlə 8 həcm oksigendən ibarət qaz qarışığı vardır. Qaz qarışığını partladıb qabı əvvəlki temperaturuna gətirdikdən sonra qabdakı təzyiq nə qədər olacaqdır.

C a v a b: 0,18 atm.

10. Qapalı qabda 2 *l* azotla 6 *l* hidrogendən ibarət qaz qarışığı vardır. Azotun 25%-i amonyaka çevrilərsə, qaz qarışığının təzyiqi necə dəyişir? Qalan qaz qarışığının həcm tərkibini tapın.

C a v a b: Əvvəlki təzyiqin 1/8-i qədər azalır: 21,426% N_2; 64,286% H_2; 14,288%NH_3.

11. Eyni həcmdə götürülmüş kükürd-4-oksid SO_2 ilə oksigen qarışığı kontakt aparatından keçirilən zaman kükürd-4-oksidin 80%-i kükürd-6-oksidə SO_3 çevrilir. Kontakt aparatından çıxan qaz qarışığının həcm tərkibini tə'yin edin.

C a v a b: 12,5% SO_2; 37,5% O_2; 50% SO_3.

12. Reaksiya məhsulları karbon qazı CO_2 və su buxarından ibarətdirsə, 1,12 *l* asetilenin yanmasına nə qədər oksigen sərf olunar?

C a v a b: 2,8 *l*.

13. 2 *l* hidrogenlə oksigen qarışığı partladıqdan sonra 0,32 *l* oksigen artıq qalmışdır. Qarışığın həcm tərkibini faizlə ifadə edin.

C a v a b: 56% H_2 və 44% O_2.

14. 2 həcm xlorla 1 həcm hidrogendən ibarət qaz qarışığı qapalı qabda seyrək işıqda sabit temperaturda saxlanılmışdır. Bu zaman qarışığın həcm tərkibini faizlə ifadə edin.

C a v a b: 46,67% Ce_2; 13,33% H_2; 40% HCl.

Qaz qarışıqları ilə əlaqədar olan hesablamalar

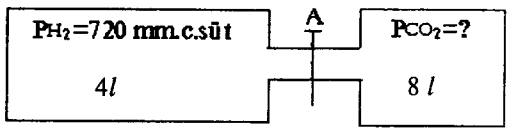
Ayrı-ayrı qablardakı qazların qarışdırılması zamanı əgər onların temperaturları bərabərdirsə

$$P_1V_1+P_2V_2+.....=P_{son}V_{son}$$ düsturu qəbul edilir.

P_1 - 1-ci qazın təzyiqi, V_1 - 1-ci qazın həcmi, P_2 - 2-ci qazın təzyiqi, V_2 - 2-ci qazın həcmi.

Əgər qablardakı temperaturlar və qarışdırıldıqdan sonrakı temperaturlar bir-birindən fərqli isə $\frac{P_1V_1}{T_1}+\frac{P_2V_2}{T_2}=\frac{P_{son}V_{son}}{T_{son}}$ formulu qəbul edilir:

Misal:



Yuxarıdakı sistemdə A kranı açıldığı zaman son təzyiq 760 mm.c. sütünü olur. Buna görə karbon qazının CO_2 ilk təzyiqi neçə mm.c. sütünüdür?

Həlli: Hər iki qabın temperaturları bərabər olduğu üçün qazlar qarışdırılmadan əvvəlki PV qiymətləri cəmi qarışdırıldıqdan sonrakı son PV qiymətinə bərabər olmalıdır, Yə'ni,

$$P_{H_2}V_{H_2}+P_{CO_2}V_{CO_2}=P_{son}V_{son} \text{ olur.}$$

Verilənləri formulda yerinə yazsaq

$$4\cdot720+8\cdot P_{CO_2}=/4+8/\cdot760$$

$$2880+8\ P_{CO_2}=12\cdot760.$$

$$P_{CO_2}=780 \text{ mm.c.süt.}$$

Verilmiş şəraitdə qarşılıqlı tə'sirdə olmayan qazlardan ibarət olan qaz qarışıqları həm məhlullarla, həm də ideal qazlarla bir çox cəhətdən oxşardır.

Bu baxımdan məhlullara və ideal qazlara aid hesablamalarda istifadə olunan formullar qaz qarışıqları üçün də tətbiq edilir.

Qarışığı təşkil edən hər bir qazın kütlə /w/ və həcm /φ/ payı aşağıdakı formullarla hesablanır.

$$W_1=m_1/m_{qarışıq} \quad \text{və ya} \quad W_1=m_1/m_{qarışıq}\cdot100\%$$

$$\varphi_1=V_1/V_{qarışıq} \quad \text{və ya} \quad \varphi_1=V_1/V_{qarışıq}\cdot100\%$$

İki qazdan ibarət qaz qarışığının orta nisbi molekul kütləsi /molyar kütləsi/ aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

1. Qarışıqdakı qazların birinin həcm payı /φ/ mə'lum olduqda:

$$M/qarışıq/=(M_1 \cdot \varphi_1+M_2 \cdot \varphi_2)/100\%=(M_1 \cdot \varphi_1+M_2(100-\varphi_1))/100\%$$

2. Qarışığın hidrogenə, havaya və ya hər hansı bir qaza görə sıxlığı mə'lum olduqda:

$$M/qarışıq/=2 \cdot D_{H_2} /qarışıq/$$
$$M/qarışıq/=29 \cdot D_{hava} /qarışıq/$$
$$M/qarışıq/=32 \cdot D_{O_2} /qarışıq/$$

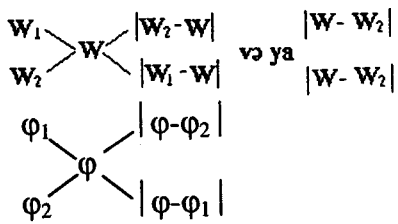
3. Qarışığın orta sıxlığı mə'lum olduqda:

$$M/qarışıq/=Vm \cdot \rho /qarışıq/ = 22,4 \cdot \rho \text{ (qarışıq)}$$

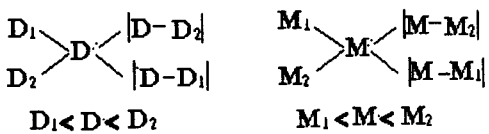
4. Qarışığın kütləsi və maddə miqdarı mə"lum olduqda

$$M/qarışıq/ =m_{qarışıq}/V_{qarışıq}=m_1+m_2/V_1+V_2$$

Qazlar qarışığına aid bir sıra məsələlərin həllini asanlaşdırmaq üçün diaqonal sxemi tətbiq edilir. Kütlə payı, sıxlıq, nisbi sıxlıq, nisbi molekul kütləsi və digər kəmiyyətlərdən diaqonal sxemin tərtib olunmasında istifadə edilir:



Burada W_1 və W_2 verilmiş qazın başqa müəyyən qazla əmələ gətirdiyi müxtəlif qarışıqlardakı kütlə paylarını, φ_1 və φ_2 isə onun həcm paylarını göstərir. W və φ isə uyğun olaraq verilmiş qazın kütlə payları W_1 və W_2; yaxud həcm payları φ_1 və φ_2 olan iki qaz qarışığından alınmış yeni qarışıqda həmin qazın kütlə və həcm payını göstərir.



Verilmiş qazın kütlə payı W olan qaz qarışığını almaq üçün, həmin qazın kütlə payı W_1 olan qarışıqdan $(W-W_2)$ kütlə vahidi və kütlə payı

W_2 olan qarışıqdan $(W-W_2)$ kütlə vahidi nisbətində qarışdırmaq lazımdır. Eləcə də, həcm payı φ olan qarışığı almaq üçün payı φ_1 olan qarışıqdan $(\varphi-\varphi_2)$, həcm vahidi və həcm payı φ_2 olan qarışıqdan $(\varphi-\varphi_1)$ həcm vahidi nisbətində qarışdırmaq lazımdır.

Burada D_1 və D_2, M_1 və M_2 uyğun olaraq müxtəlif qazların nisbi sıxlıqları və nisbi molekul kütləsidir. D və M isə bu qazlardan alınan qarışığın nisbi sıxlığını və nisbi molekul kütləsini göstərir.

Nisbi sıxlığı D olan qaz qarışığı almaq üçün sıxlığı D_1 olan qazdan $/D-D_2/$, həcm vahidi və nisbi sıxlığı D_2 olan qazdan $/D-D_1/$ həcm vahidi nisbətində qarışdırmaq lazımdır.

Nisbi molekul kütləsi M olan qarışıq almaq üçün nisbi molekul kütləsi M_1 olan qazdan $/M-M_2/$, həcm vahidi və nisbi molekul kütləsi M_2 olan qazdan $/M-M_1/$ həcm vahidi nisbətində qarışdırmaq lazımdır.

Misal 1. Normal şəraitdə həcmi 12 *l* olan azot və hidrogendən ibarət qaz qarışığının hidrogenə görə sıxlığı 9,2-dir. Bu qarışıqda azotun və hidrogenin həcmini və faizlə həcm payını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V_{(N_2)} + V_{(H_2)} = 12\ l.$	$V_{/N_2/}=?$
$D_{H_2}/qarışıq/ = 9,2$	$V_{/H_2/}=?$
$M_{/N_2/}=28$	$\varphi_{/N_2/}=?$
$M_{/H_2/}=2$	$\varphi_{/H_2/}=?$

Əvvəlcə qazlar qarışığının orta molekul kütləsini tapaq:

$$M/qarışıq/=2\cdot D_{H_2}=2\cdot 9,2=18,4$$

Qarışıqdakı azotun həcm payını X%-lə işarə edək, onda hidrogenin qarışıqdakı həcm payı /100-X/% olacaqdır.

$$M/qarışıq/=\frac{M/N_2/\cdot X+M/H_2/\cdot/100-X/}{100}$$

düsturunda verilənləri yerinə yazsaq

$$18,4=\frac{28\cdot X+2/100-X/}{100}$$ alarıq

buradan $1840=28x+200-2x$

$$26x=1640$$

$$X=63,08\%/N_2/$$

$$\varphi/H_2/=100\%-63,087\%=36,92\%.$$

Qazların həcm payları qiymətlərindən istifadə edərək qarışıqdakı qazların həcmlərini tapmaq olar.

$$\varphi_{/N_2/}=V_{(N_2)}\cdot 100\% / Vqarışıq \qquad \text{buradan,}$$

$$V_{(N_2)}=\varphi_{/N_2/}\cdot Vqarışıq / 100\% = 63,08\cdot 12 / 100=7,57\ l.$$

$$V/H_2/=12-7,57=4,43\ l.$$

Misal 2. Normal şəraitdə ölçülmüş 20 *l* azot və oksigen qazları qarışığının kütləsi 25,89 q-dır. Qarışıqdakı qazların hər birinin həcmini tapın.

Həlli:

Verilir:

$V(N_2)+ V(O_2)=20\ l.$

$m\ (N_2)+ m\ (O_2)=25,89$

$V/N_2/=?$

$V/O_2/=?$

$\nu=\frac{m}{M}$ düsturundan

$m=\nu M$ yaza bilərik.

Əgər azotun həcmini X, oksigen qazının həcmini 20-X yazsaq, onda qazların kütlələrini aşağıdakı kimi tapa bilərik.

$m/N_2/=\nu/N_2/\cdot M/N_2/$

Molyar həcmin düsturundan istifadə edərək $V_M=\frac{V}{\nu}$ azotun mollarının sayını $\nu=\frac{V(N_2)}{V_M}$ kimi yaza bilərik. Bunu yuxarıdakı düsturda yerinə yazsaq

$$m/N_2/=\frac{V/N_2/\cdot M/N_2/}{V_M} \text{ alarıq.}$$

Verilənləri bu düsturda yerinə yazsaq

$$m/N_2/=\frac{V/N_2/\cdot M/N_2/}{Y_M}=\frac{X/N_2/}{22,4l/mol}\cdot 28\ q/mol$$

Bu üsulla oksigenin kütləsini tapaq:

$$m/O_2/=V/O_2/ \cdot M/O_2/ = \frac{V/O_2/ \cdot M/O_2/}{V_M} = \frac{/20-X/32}{22,4}$$

Məsələnin şərtinə görə $m/N_2/+m/O_2/=25,89$ qr olduğundan

$$\frac{28x}{22,4}+\frac{32/20-X/}{22,4}=25,89$$

$$28x+640-32x=580$$

$$4x=60$$

$$X=60:4=15\ l\ \ /N_2/\ \text{və ya}\ V/N_2/=15\ l.$$

$$V/O_2/=20-V/N_2/=20-15=5\ l.$$

$$V/O_2/=5\ l.$$

Misal 3. Həcmcə 60% metan CH_4 və 40% azotdan ibarət olan qaz qarışığının bir litrinin kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir.

V/qarışıq/=1 *l*.	Qaz qarışığında qazın həcm payı
φ/ CH_4/=60%	/faizlə/ aşağıdakı kimi tapılır:
φ/N_2/=40%	φ /qaz/ = (V qaz/V qarışıq) . 100%
ρ=?	Metanın və azotun həcm payını tapaq.

$$V/CH_4/=Vqarışıq \cdot \varphi\,[CH_4]/100\% = 1\ l \cdot 60\%/100\% = 0,6\ l \cdot /CH_4/$$

$$V/N_2/=Vqarışıq \cdot \varphi\,[N_2]/100\% = 1\ l \cdot 40\%/100\% = 0,4\ l \cdot /N_2/$$

Qazların ayrı-ayrılıqda kütlələrini $m=\nu \cdot M$ düsturunun köməyi ilə tapaq:

$$\nu=\frac{V}{V_M}\ \text{olduğundan}$$

$$m/CH_4/=\frac{V/CH_4/ \cdot M/CH_4/}{V_M}=\frac{0,6\cdot 16}{22,4}=0,43\ \text{q.}$$

$$m/N_2/=\frac{V/N_2/ \cdot M/N_2/}{V_M}=\frac{0,4\cdot 28}{22,4}=0,5\ \text{q.}$$

Qazların alınan kütlələrinin cəmi onun 1 *l*-nin kütləsinə bərabərdir.

$$\rho_{qarışıq} = \frac{m/CH_4/ + m/N_2/}{1l} = \frac{0,43 + 0,5}{1l} = 0,93 \text{ q/l.}$$

Məsələni başqa variantda da həll etmək olar.

Bunun üçün əvvəlcə qaz qarışığının molyar kütləsi tapılır:

$$M/qarışıq/ = \frac{M/CH_4/ \cdot \varphi/CH_4/ + M/N_2/ \cdot \varphi/N_2/}{100\%} =$$

$$= \frac{16 \cdot 60 + 28 \cdot 40}{100} = \frac{2080}{100} = 20,8$$

$M/qarışıq/ = \rho_{qarışıq} \cdot V_M$ ifadəsindən ρ-nu (1 *l* qaz qarışığının kütləsini) tapaq:

$$\rho_{qarışıq} = Mqarışıq/V_M = 20,8 \text{ q}/22,4 \text{ l} = 0,93 \text{ q/l.}$$

Misal 4. Etilenlə C_2H_4 oksigen qarışığının hidrogenə görə sıxlığı 15-dir. Qarışıqdakı qazların həcm payını faizlə tapın.

Həlli:

$D_{H_2}/qarışıq/ = 15.$

$M/C_2H_4/ = 28$

$M/O_2/ = 32$

$\varphi/C_2H_4/ = ?$

$\varphi/O_1/ = ?$

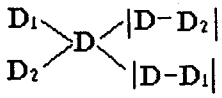
Məsələni bir neçə üsulla həll etmək olar.

1. Qarışdırma üsulu

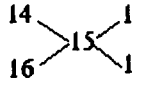
$$D_{H_2}/C_2H_4/ = \frac{M/C_2H_4/}{2} = \frac{28}{2} = 14$$

$$D_{H_2}/O_2/ = \frac{M/O_2/}{2} = \frac{32}{2} = 16.$$

Hidrogenə görə sıxlıqlara əsasən diaqonal sxem qurub qarışıqda olan qazların həcm nisbətini tapaq:



Sıxlıqların qiymətlərini yerinə yazsaq



buradan $V/C_2H_4/ : V/O_2/ = 1:1$

Yə'ni qarışıqda 1 həcm /1V/ etilen və 1 həcm /1V/ oksigen qazı vardır. Qarışığı təşkil edən qazların həcm payları 100% olduğundan

$1V+1V=100\%$ və ya $2V=100\%$ buradan da, $V=\frac{100}{2}=50\%$ alarıq.

Deməli qarışıqda 50% etilen /C_2H_2/ və 50% oksigen /O_2/ vardır.

2-ci variant.

Əvvəlcə qaz qarışığının orta molekul kütləsini tapaq:

$$M/qarışıq/=2.DH_2=2\cdot 15=30.$$

Qarışıqdakı etilenin həcm payını X ilə işarə etsək, oksigenin qarışıqdakı həcm payı 100-X olar. Onda:

$$M/qarışıq/=\frac{M/C_2H_4/\cdot\varphi/C_2H_4/+M/O_2/\cdot\varphi/O_2/}{100\%}=$$

$$=\frac{28\cdot X+32/100-X/}{100}$$

və ya $$30=\frac{28X+32/100-X/}{100}$$ buradan.

$$3000=28x+3200-32x.$$

$$4x=200$$

$$X=\frac{200}{4}=50\%\ C_2H_4;\qquad 100-50=50\%\ O_2.$$

Misal 5. 20 *l* azot-4-oksidin müəyyən həcmini dimerləşdirdikdən sonra sistemin həcmi 5 *l* azalmışdır. Sərf olunmuş azot-4-oksidin NO_2 həcmini və alınan qaz qarışığında azot-4-oksidlə N_2O_4-ün həcm payını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V_1/NO_2/=20$ *l.*	$2NO_2 = N_2O_4$
$V/NO_2/$-V qarışıq = 5 *l.*	V 44,8 l 22,4 *l.*
$V/NO_2/$ sərf olunan =?	Tənlikdən görünür ki, 22,4 l N_2O_4
$\varphi/NO_2/$=?	alınan zaman sistemin həcmi
$\varphi/N_2O_4/$=?	44,8-22,4=22,4 *l* azalır.

Sistemin həcmi 5 *l* azalanda alınan N_2O_4-ün həcmini tapmaq üçün aşağıdakı tənassübü qururuq:

22,4 *l* fərqlə —22,4 *l* N_2O_4 alınırsa
5 *l* fərqlə — X *l* N_2O_4 alınar.

$$X=\frac{22,4\cdot 5}{22,4}=5\ l\ \ N_2O_4$$

5 *l* N_2O_4-ün alınmasına sərf olunan azot 4-oksidin NO_2 həcmini tapmaq üçün aşağıdakı tənassübü qururuq.

22,4 *l* N_2O_4 alınmasına — 44,8 *l* NO_2 sərf olunarsa
5 *l* N_2O_4 alınmasına — X *l* NO_2 sərf olunur.

$$X=\frac{5\cdot 44,8}{22,4}=10\ l\ NO_2.$$

$V/NO_2/$ sərf olunan = 10 *l*.

Beləliklə, sistemdə 20-10=10 *l* NO_2 qalmışdır və 5 *l* N_2O_4 alınmışdır. Onda qalan qaz qarışığının ümumi həcmi Yqarışıq=10+5=15 *l*-dir.

Buna əsasən də qarışıqdakı qazların həcm payları aşağıdakı kimi tapılır:

$\varphi/NO_2/= V[NO_2]/Vqarışıq \cdot 100\% = 10\ l \cdot 100\% / 15\ l = 66,67\%.$

$\varphi/N_2O_4/= V[N_2O_4]/Vqarışıq \cdot 100\% = 5\ l \cdot 100\% / 15\ l = 33,33\%.$

Q e y d: Qazlar qarışığının tərkibi qazların mol sayı ilə verilirsə, onda qaz qarışığının həcmi aşağıdakı kimi tapılır.

$$V_{qarışıq} = V_M(\nu_1+\nu_2+\nu_3+....\nu_n)$$

Misal: 0,5 mol N_2; 0,2 mol H_2; 3 mol O_2 və 0,3 mol metandan /CH_4/ ibarət qaz qarışığının normal şəraitdə tutduğu həcmi tapın.

Həlli:

Verilir.

$\nu/N_2/=0,5$ mol
$\nu/H_2/=0,2$ mol
$\nu/O_2/=3$ mol
$\nu/CH_4/=0,3$ mol
$V_{qarışıq}=?$
$V_M=22,4\ l.$

$V_{qarışıq}=V_M(\nu N_2+\nu H_2+\nu O_2+\nu CH_4)=$
$22,4(0,5+0,2+0,3+0,3)=22,4\cdot 4=89,6\ l.$

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Metan qazının hidrogenə və havaya görə sıxlığını tapın.

C a v a b: 8 və 0,552

2. Qazın havaya görə sıxlığı 1,517-dir. Qazın nisbi molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 44.

3. Həcmi 2 *l* olan qazın təzyiqi 0,5 atm-dir. 3 atm təzyiqdə həmin qazın həcmi nə qədər olar?

C a v a b: 0,33 *l*.

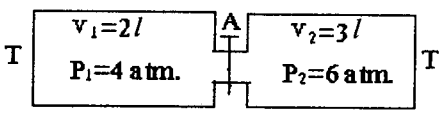
4. Həcmi 3 *l* olan qabdakı qazın təzyiqi 720 mm.c. sütunudur. Həcmi 5 *l* olan qabdakı qazın təzyiqi isə 860 mm.c. sütunudur. Bu qabları kranla bir-birinə birləşdirsək alınan qaz qarışığının təzyiqi nə qədər olar?

C a v a b: 807,5 mm.c.süt.

5. Həcmi 6 *l* olan qazın təzyiqi 40 kPa-dır. 160 kPa təzyiqdə həmin qazın həcmi nə qədər olar?

C a v a b: 1,5 *l*.

6.



Yuxarıdakı sistemdə A kranı açılsa alınan qaz qarışığının son təzyiqi nə qədər olar?

C a v a b: 5,2 atm.

7. Normal şəraitdə 10 *l* metan /CH_4/ və hidrogen qazlarının qarışığının oksigenə görə sıxlığı 0,375-dir. Bu qarışıqda metanın və hidrogenin həcmini və faizlə həcm payını tapın.

C a v a b: 71,43% CH_4 və 28,57% H_2;

$V(CH_4)=7,143$ l və $V(H_2)=2,857$ l.

8. Normal şəraitdə ölçülmüş 44,8 *l* azot və dəm qazından ibarət qaz qarışığının kütləsi 5 *l* q-dır. Bu qarışıqdakı qazların hər birinin həcmini və faizlə həcm payını tapın.

C a v a b: 33,6 *l*/N_2/ və 11,2 *l*/CO/

$\varphi/N_2/=75\%/N_2/$ və 25%/CO/

9. 14 q azot 1 q hidrogenlə qarışdırılmışdır. Bu qaz qarışığında bir hidrogen molekuluna neçə azot molekulu düşür.

C a v a b: 1.

10. 5 *l* H_2, 0,2 mol O_2, 11,2 *l* metan CH_4 qazlarından ibarət qaz nə qədər həcm tutar və qaz qarışığının kütləsi və nisbi molekul kütləsi nə qədər olar?

C a v a b: 20,68 *l*; 14,846 q; Mqarışıq=16.

11. Normal şəraitdə həcmi 30 *l* olan karbon qazı CO_2 və dəm qazı CO-dan ibarət qaz qarışığında 10 *l* dəm qazı CO vardır. Bu qarışığın hidrogenə görə sıxlığını tapın.

C a v a b: 14,667.

12. Normal şəraitdə ölçülmüş 2,24 *l* azot və 4,48 *l* oksigendən ibarət qaz qarışığının kütləsini tapın.

C a v a b: 6 q.

13. Tərkibində həcmcə 30% N_2, 50% O_2, 10% H_2 və 10% CO_2 qazı olan qaz qarışığının oksigenə görə sıxlığını tapın.

C a v a b: 0,9.

14. 60% karbon qazı, 25% metan CH_4 və 15%O_2-dən ibarət 10 *l* qaz qarışığında hər bir qazın kütlə payını və qaz qarışığının molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 11,8 q /CO_2/; 1,786 q /CH_4/; 2,143 /O_2/

M/qarışıq/=35,2.

15. Həcm payı bərabər olan azot və hidrogendən ibarət qaz qarışığının molekul kütləsini və havaya görə sıxlığını tapın.

C a v a b: M/qarışıq/=15; Dhava=0,517.

Parsial təzyiq və həcm

Daltonun parsial təzyiq qanunu. *Qaz qarışığının ümumi təzyiqi qarışığı əmələ gətirən ayrı-ayrı qazların parsial təzyiqləri cəminə bərabərdir.*

$$P_{qarışıq}=P_A+P_B+P_E+.....+Pn$$

P_A-A qazının, P_B-B qazının təzyiqini göstərir.

Parsial təzyiq. Qaz qarışığında hər bir qazın ayrılıqda qaba göstərdiyi təzyiqə həmin qazın parsial təzyiqi deyilir.

Məsələn, qapalı bir qabda X_2, Y_2, Z_2 qazları vardır və qarışığın ümumi təzyiqi 600 mm.c.sütunudur. Bu qarışıqda yalnız X_2 qazının

tək başına bu qabda yaratmış olduğu təzyiqə X_2 qazının parsial təzyiqi deyilir.

$$Px_2=(n_x/n_{qarışıq})\cdot P_{qarışıq}.$$

n_x - x_2 qazının mol sayı, $n_{qarışıq}$ qaz qarışığının ümumi mol sayı, $P_{qarışıq}$ - qaz qarışığının ümumi təzyiqi, Px_2 - isə X_2 qazının parsial təzyiqini göstərir.

Misal 1. Qapalı bir qabda 2,8 q azot N_2, 4 q hidrogen H_2, 1,6 q metan CH_4 və 16 q oksigen O_2 vardır. Qaz qarışığının qaba göstərdiyi ümumi təzyiq 720 mm.c.süt. Qaz qarışığındakı hidrogenin parsial təzyiqini tapın.

Həlli: Əvvəlcə hər bir qazın mol sayını tapırıq.

$$n=\frac{m}{Mr} \text{ düsturuna görə}$$

$$n_{N_2}=\frac{2,8}{28}=0,1 \text{ mol}; \quad n_{H_2}=\frac{4}{2}=2 \text{ mol}.$$

$$n_{CH_4}=\frac{1,6}{16}=0,1 \text{ mol}; \quad n_{O_2}=\frac{16}{32}=0,5 \text{ mol}.$$

$$n_{qarışıq}=0,1+2+0,1+0,5=2,7 \text{ mol}.$$

Alınan qiymətləri $P_{H_2}=nH_2/n_{qarışıq}\cdot P$ qarışıq düsturunda yerinə yazsaq.

$$P_{H_2}=\frac{2}{2,7}\cdot 720=533,33 \text{ mm.c.süt}.$$

Deməli qaz qarışığında hidrogenin parsial təzyiqi 533,33 mm.c.süt.

2-ci variant. Bu məsələni tənassüb qurmaqla da həll etmək olar. Qaz qarışığının mollarının sayı yuxarıdakı kimi tapılır.

$$n_{qarışıq}= n_{N_2} + n_{H_2} + n_{CH_4} + n_{O_2} = 0,1 + 2 + 0,1 + 0,5 = 2,7 \text{ mol}.$$

Sonra aşağıdakı kimi tənassüb qururuq.

2,7 mol qaz qarışığı - 720 mm.c. sütünü təzyiq yaradarsa

2 mol H_2 qazı ayrılıqda - X mm.c.süt. təzyiq yaradar

$$X=\frac{2\cdot 720}{2,7}=533,33 \text{ mm.c. sütünü}$$

Misal 2. 600 mm.c.süt. təzyiqdə 3 *l* hidrogenlə, 830 mm.c.süt təzyiqdə 7,4 *l* oksigen qazı qarışdırılmışdır. Qarışıqda qazların parsial təzyiqləri və qarışığın ümumi təzyiqi nə qədərdir?

Həlli:

$$V_{qarışıq}=3+7,4=10,4\ l.$$

$$P_{H_2}=\frac{600\cdot 3}{10,4}=\frac{1800}{10,4}=173 \text{ mm.c.süt.}$$

$$P_{O_2}=\frac{830\cdot 7,4}{10,4}=591 \text{ mm.c.süt.}$$

$$P_{qarışıq}=173+591=764 \text{ mm.c.süt.}$$

Q e y d: Qapalı qabda olan qaz qarışığındakı qazların parsial təzyiqləri bərabərdirsə bu qazların maddə miqdarları da /mol sayları/ bərabərdir.

Misal: Qapalı qabda olan 14 q azot N_2 qazı ilə 22 q XO_2 qazının parsial təzyiqləri bərabər olduğuna görə X elementinin atom kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir.

$m_{N_2}=14$ q.

$m_{XO_2}=22$ q.

$M_{N_2}=28$

$Ar_X=?$

Əvvəlcə qazın mollarının sayını tapaq.

$$n_{N_2}=\frac{m_{NO_2}}{M/N_2/}=\frac{14}{28}=0,5 \text{ mol.}$$

Qaz qarışığındakı qazların parsial təzyiqləri bərabər olduğu üçün $n_{N_2}=n_{XO_2}$ yaza bilərik.

Deməli, XO_2 qazının mollarının sayına yə'ni 0,5 mola bərabərdir.

$$n_{XO_2}=\frac{m(XO_2)}{M/XO_2/}=\frac{22}{X+32} \qquad n_{XO_2}=0,5 \text{ mol}$$

olduğuna görə

$$0,5=\frac{22}{X+32}$$

buradan $X=12$.

Deməli X elementinin atom kütləsi 12-dir.

Qazların diffuziya qanunu

Qaz molekulları sür'ətli hərəkətdə olduqlarından yayılma xassələrinə malikdirlər. Qazların yayılma sür'əti molekul kütlələrinin

kvadrat kökü ilə tərs mütənasibdir. Yə'ni eyni şəraitdə olan iki qazdan molekul kütləsi kiçik olan qaz molekulları daha sür'ətli yayılır. İki qazın molekul kütlələri ilə sür'ətləri arasındakı əlaqə aşağıdakı kimi olur.

$$\frac{v_{X_2}}{v_{Y_2}} = \sqrt{\frac{M/Y_2/}{M/X_2/}}$$

v_{X_2} - X_2 qazının, v_{Y_2} - Y_2 qazının sür'ətləri, $M/Y_2/$ - Y_2 qazının, $M/X_2/$ - X_2 qazının molekul kütlələri.

Qaz molekullarının yayılma sür'əti qazların sıxlıqlarının kvadrat kökü ilə tərs mütənasibdir.

$$\frac{v_{X_2}}{v_{Y_2}} = \sqrt{\frac{d_{Y_2}}{d_{X_2}}}$$

Hər iki düsturu birləşdirsək

$\frac{v_{X_2}}{v_{Y_2}} = \sqrt{\frac{M/Y_2/}{M/X_2/}} = \sqrt{\frac{d_{Y_2}}{d_{X_2}}}$ şəklində olar. Burada d qazların sıxlığını göstərir.

Misal 1. Qapalı bir qabda olan oksigen O_2 və hidrogen H_2 qazları molekullarının hansı daha sür'ətlə hərəkət edər və nə qədər çox?

Həlli:

Verilir.

$M/O_2/=32$

$M/H_2/=2$

$$\frac{v_{O_2}}{v_{H_2}} = \sqrt{\frac{2}{32}} = \frac{1}{4}$$

$\frac{v_{O_2}}{v_{H_2}} = \frac{1}{4}$ isə $v_{H_2} = 4v_{O_2}$

Yə'ni hidrogen qazı molekullarının sür'əti oksigen qazı molekullarının sür'ətindən 4 dəfə çox olacaqdır.

Misal 2. Qapalı bir qabda bərabər mol sayı olan karbon 4-oksid CO_2, oksigen O_2, azot N_2 və hidrogen H_2 qazları vardır. Qabın ağzı açılıb və bir qədərdən sonra bağlansa qabda hansı qazdan daha çox qalar?

Həlli: Qazların molekul kütlələrini tapırıq:

M/ CO_2/=44; M/ O_2 /=32; M/ N_2 /=28; M/ H_2 /=2.

Qazlardan hansının molekul kütləsi daha kiçikdirsə onun molekulları sür'ətlə hərəkət etdiyindən qabdan o daha tez çıxır. Hansının molekul kütləsi daha ağırdırsa onun molekulları zəif sür'ətlə hərəkət etdiyindən qabda ondan çox qalacaq. Bu deyilənlərə görə qapalı qabın ağzı açılıb bağlandıqdan sora qabda karbon qazı daha çox qalacaq.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. 720 mm c.süt təzyiqdə 3 *l* karbon qazı cO_2, 930 mm c.süt. təzyiqdə 7 *l* dəm qazı CO ilə qarışdırılmışdır. Qarışığın həcmi götürülən qazların həcmləri cəminə bərabərdir. Qarışıqda qazların parsial təzyiqləri və qarışığın ümumi təzyiqi nə qədərdir?

C a v a b: PCO_2=216; P_{CO}=651 mm c.süt. $P_{qarışıq}$=867mm c.süt.

2. Azot, hidrogen, oksigen və karbon qazından ibarət qaz qarışığının təzyiqi 930 mm c.süt-dür. Qarışıqdakı hidrogenin parsial təzyiqi 230 mm c.süt., oksigenin parsial təzyiqi 170 mm c.süt., karbon qazının parsial təzyiqinin 400 mm c.süt. olduğunu nəzərə alaraq azotun parsial təzyiqini tapın.

C a v a b: 130 mm c.süt.

3. Azot və hidrogendən ibarət qaz qarışığının ümumi mol sayı 6 mol, təzyiqi isə 860 mm c.süt. Qaz qarışığında hidrogenin mol sayının azotun mol sayından 2 dəfə çox olduğunu bilərək qaz qarışığında hidrogenin parsial təzyiqini tapın.

C a v a b: 573,33.

4. 720 mm c.süt. təzyiqdə olan 3 *l* azotla 2 *l* oksigen qarışdırılmışdır. Qarışığın təzyiqi isə 732 mm c.süt. Götürülmüş oksigenin təzyiqi nə qədər imiş?

C a v a b: 750 mm c.süt.

5. 780 mm c.süt. təzyiqdə 3 *l* azot vardır. Qaz qarışığında azotun parsial təzyiqinin 700 mm.c.süt-a bərabər olması üçün 780 mm c.süt. təzyiqdə götürülmüş neçə litr hidrogen əlavə edilməlidir?

C a v a b: 0,34 *l*/H_2/.

6. Qaz qarışığı, parsial təzyiqləri 600 və 300 mm c.süt olan oksigen və hidrogendən ibarətdir. Qarışıqda hər bir qazın həcm payını tapın.

C a v a b: 66,67% /O_2/; 33,33% /H_2/.

7. Həcmi 2 *l* və 3 *l* olan iki azot balonu bir-biri ilə kranlı boru vasitəsi ilə birləşdirilmişdir. Kran bağlı olduqda birinci balondakı azotun təzyiqi 560 mm c.süt, ikinci balonda isə 720 mm c.sütünüdür. Qazların temperaturu bərabərdir. Kranı açsaq, həmin temperaturda balonlardakı təzyiq nə qədər olar?

C a v a b: 656 mm.c.süt.

8. Qapalı bir qabda olan SO_2 molekulları ilə metan CH_4 molekullarının yayılma sür'ətləri arasında necə əlaqə vardır?

C a v a b: $v/CH_4/=2v/SO_2/$.

9. 650 mm c.süt-da 2 l karbon qazı, 620 mm.c.süt. təzyiqdə 2 l oksigen, 730 mm c.süt-da 2 l hidrogendən qaz qarışığı hazırlanmışdır. Qarışıqdakı qazların parsial təzyiqlərini və qarışığın ümumi təzyiqini tapın.

C a v a b: $P/CO_2/=216,67$ mm. $P/O_2/=206,67$ mm.

$P/H_2/=243,33$. $P_{qarışıq}=666,67$ mm.c.süt.

10. Qapalı qabda 4,4 q karbon qazı CO_2, 8 q helium He, 2 q hidrogen H_2 və 8 q oksigen O_2 qazı vardır. Qaz qarışığının ümumi təzyiqi 650 mm.c.süt. olduğuna görə heliumun parsial təzyiqini tapın.

C a v a b: 388,06 mm.c.süt.

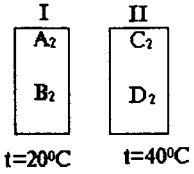
Qazların kinetikası

Kinetik nəzəriyyəyə görə qazların kinetik enerjisi yalnız temperaturla əlaqədardır. Deməli, temperaturun sabit qaldığı zaman qazın kinetik enerjisi dəyişməz. Buna görə eyni qabda olan qazların temperaturları eyni olduğu üçün kinetik enerjiləri də eynidir.

Əgər qazın temperaturu dəyişərsə onun kinetik enerjisi də temperaturla düz mütənasib olaraq dəyişir. Yə'ni temperatur artarsa qazın kinetik enerjisi artar, temperatur azalarsa qazın kinetik enerjisi də azalar.

Kinetik nəzəriyyəyə görə molekulların toqquşmadan sonrakı kinetik enerjisi toqquşmadan əvvəlki kinetik enerjisinə bərabərdir.

Misal.



I və II qablardakı A_2, B_2, C_2, D_2 qazlarının kinetik enerjiləri arasında necə əlaqə vardır?

Həlli: A_2 ilə B_2 eyni qabda olduqlarından A_2 və B_2 qazlarının temperaturu, C_2 və D_2 qazları da eyni qabda olduğundan onların da temperaturu bərabərdir. Buna görə də A_2 ilə B_2-nin, C_2 ilə də D_2 qazlarının kinetik enerjiləri eynidir. II qabın temperaturu I qabın temperaturundan daha çox olduğu üçün II qabdakı qazların kinetik enerjiləri I qabdakı qazların kinetik enerjilərindən daha çoxdur. Deməli, bu qazların kinetik enerjiləri arasında əlaqə aşağıdakı kimi olacaq:

$$A_2 = B_2 < C_2 = D_2$$

Q e y d: Əgər qablardakı temperaturlar yüksəldilərsə eyni qabdakı molekulların kinetik enerjiləri də eyni nisbətdə yüksələr.

VI fəsil

MƏHLULLAR. MADDƏLƏRİN MƏHLULLARI İLƏ ƏLAQƏDAR OLAN HESABLAMALAR

Məhlullar

İki və ya daha artıq komponentlərdən təşkil olunmuş birfazalı sistem məhlul adlanır. Təmiz maddələrdə olduğu kimi, məhlul da homogen sistemdir. Yə'ni, məhlulun komponentləri qarşılıqlı sürətdə bir-birinin kütləsində molekul, atom və ya ionlar şəklində bərabər paylanır. Bu zaman aqreqat halını dəyişməyən komponent həlledici adlanır. Məsələn, müxtəlif duzlar, şəkər və s. suda həll olduqda, suyun aqreqat halı dəyişməz qalır. Deməli, bu cür məhlullarda su həlledicidir. Məhlulun eyni aqreqat halına malik komponentlərdən /qaz-qaz; maye-maye; bərk-bərk/ əmələ gəlməsi zamanı isə miqdarca çoxluq təşkil edən komponent həlledici hesab olunur.

Məsələn müxtəlif qazlar qarışığından ibarət olan havaya qaz məhlulu kimi baxılarsa, onda azot /həcmcə 78% təşkil edir/ həlledici olacaqdır.

Məhlullar aqreqat halına görə bir neçə cür olur.

1. Qaz məhlullar. Molekullar arası qüvvənin zəif olduğu hallarda fərdi maddələr qaz şəklində olduğu kimi, qaz məhlullar, həmçinin, qarışan maddə molekulları arasında qarşılıqlı tə'sirin zəif olduğu hallarda meydana çıxır. Hər iki sistem üçün molekulların nizamsız /xaotik/ hərəkəti və müəyyən quruluşun olmaması xarakterikdir. Buna əsasən adi təzyiqdə qaz məhlullarına, komponentlərinin

özünəməxsus fiziki və kimyəvi xassələrə malik olduğu fiziki qarışıq kimi də baxıla bilər.

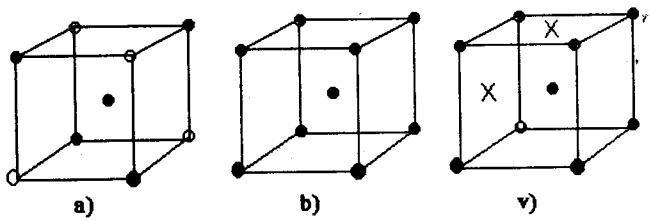
Qazlarda molekullararası qarşılıqlı tə'sir son dərəcə az olduğundan, adi təzyiqlərdə onlar bir-birində qeyri-məhdud şəkildə həll olur, yə'ni bütün nisbətlərdə qarışır. Yüksək təzyiqlərdə qaz məhlullarında həcmin güclü sür'ətdə dəyişməsi və istilik effekti müşahidə olunur. Bu, həmin şəraitdə həlledici və həll olan qaz molekulları arasında qarşılıqlı tə'sirin müəyyən dərəcədə güclənməsi ilə əlaqədardır.

Sıxılmış qazlar mayeni və hətta bərk maddəni həll edir. Məsələn, 100 atm təzyiq və 100^0C temperatur şəraitində azot 10 mol %-ə qədər benzin həll edir və ya kvars yüksək temperaturlarda sıxılmış su buxarında həll olur.

2. Bərk məhlul - bir maddənin /həlledicinin/ kristal şəbəkəsində onun kristal qurluşunu dəyişdirmədən başqa bir və ya bir neçə maddə atomlarının və ya ionlarının müəyyən qayda üzrə paylanması /həll olması/ nəticəsində əmələ gəlir. Bərk məhlulun əmələ gəlməsi həlledici və həll olanın aşağıdakılardan ibarət bir sıra ümumi cəhətlərinin mövcudluğu şəraitində baş verir: həlledici və həll olan maddələrin kristal sinqoniyaları eyni və ya heç olmasa yaxın olmalıdır. Nəhayət, həll olan maddələrin hissəciklərinin atom və ya ion radiusları arasındakı fərq 10-15%-dən artıq olmamalıdır və s.

Həll olan maddə hissəciklərinin həlledicinin kristal qəfəsində paylanma xarakterindən asılı olaraq, bərk məhlullar üç əsas qrupa bölünür: əvəzolma, daxilolma və çıxma bərk məhlullar.

Əvəzolma bərk məhlulların əmələ gəlməsi zamanı həll olan maddə hissəcikləri həlledicinin hissəciklərini kristal qəfəsdə qismən əvəz edir /şəkil 1*a*/, yə'ni həlledicinin kristal qəfəsinin təpə nöqtələrinin bir hissəsində həll olan maddə hissəcikləri yerləşir.



Şəkil 1. Kristal qəfəslərinin sxemi:
a - əvəzolma bərk məhlul, *b* - çıxma bərk məhlul, *v* - daxilolma bərk məhlul.

Məsələn, dəmir-xrom, nikel, manqanla; mis-nikel, koboltla əvəzolma bərk məhlul əmələ gətirir. Əvəzolma bərk məhlul, birləşmələrin qarşılıqlı tə'siri zamanı da əmələ gəlir: AlSb və GaSb; GaP və GaAs arasında və s.

Daxilolma bərk məhlullarda həll olan maddə hissəcikləri kristal şəbəkəsində həlledici hissəciklərinin arasına daxil olur /şəkil 1 v/.

Bu növ bərk məhlul əksərən atom radiusu nisbətən kiçik olan metalların /Li, Na və s./ və qeyri-metalların /C, N, H və s./ başqa metallarda həll olması zamanı əmələ gəlir.

Çıxma bərk məhlul, adətən, kimyəvi birləşmələrlə elementlərin qarşılıqlı tə'siri nəticəsində əmələ gəlir. Bu vaxt birləşmənin ionları və həlledici rolunu oynayan element atomları birlikdə onun kristal şəbəkəsinin təpə nöqtələrində yerləşir. Məsələn, AlNi+Al; VC+V; TiC+Ti və s.

Əgər qarşılıqlı tə'sirdə olan komponentlər bir-birində bütün mümkün nisbətlərdə /sıfırdın 100%-ə qədər/ həll olaraq sistemdə başdan-başa məhlul sahəsi əmələ gətirirsə, ona qeyri-məhdud və ya fasiləsiz bərk məhlul deyilir.

Həll olan və həlledici maddələr bir-birində yalnız müəyyən məhdud nisbətlərdə həll olarsa, məhdud bərk məhlul alınar.

Maddələrin bir-birində həll olması "oxşarın-oxşarı" prinsipi ilə müəyyən olunur. Məsələn, polyar həlledici (H_2O) polyar maddələri (HCl, NH_3) yaxşı həll edir, qeyri-polyar həlledici (benzol və s.) qeyri-polyar maddələri yaxşı həll edir (toluol və s.).

3. Maye məhlullar. Həll olan maddənin aqreqat halından asılı olaraq, maye məhlullar üç xüsusi hala malikdir.

a) Qazların mayelərdə həll olması. Bu və ya digər qazla təmasda olan hər hansı maye onun bir hissəsini özündə həll edir. Qazın mayedə həll olması həlledicinin və həll olan qazın təbiətindən, həmçinin, temperatur və təzyiqdən asılıdır.

Qazların mayelərdə həll olmasının təzyiqdən asılılığı Henri-Dalton qanunu /1803-cü il/ ilə müəyyən edilir.

Verilmiş müəyyən temperaturda qazların mayelərdə həll olması onların qaz fazadakı təzyiqi ilə düz mütənasibdir.

$$C_{qaz}/C_{maye}=K_1/K=\text{sabit}$$

burada C_{qaz} - qaz fazada qaz molekullarının qatılığını, C_{maye} - mayedə qaz molekullarının qatılığını göstərir, K və K_1 isə sabitlərdir.

Henri-Dalton qanunu yalnız məhlulda qazın molekulyar tərkibi dəyişmədiyi, yə'ni onun məhlulda həll olması zəif olduğu hallar üçün tətbiq edilir. Lakin qazların məhlulda güclü sürətdə həll olaraq, hidrat /solvat/ əmələ gətirdiyi və ya ionlara dissosiasiya etdiyi /məsələn, HCl, NH_3, CO_2 və s-nin suda məhlulu/ hallarda Henri-Dalton qanununu tətbiq etmək mümkün deyil.

1807-ci ildə Dalton müəyyən etmişdir ki, qazlar qarışığı məhlulda həll olarkən, onlardan hər biri öz parsial təzyiqinə müvafiq şəkildə həll olur.

b) Mayelərdə mayelərin həll olması. Mayelərin bir-birində həll olması onların təbiətindən asılıdır. Bə'zi mayelərin qarşılıqlı həll olması qeyri-məhdud /bütün nisbətlərdə/ olur. Su və spirtin bir-birində həll olması buna misal ola bilər. Su və spirtin qarşılıqlı yaxşı həll olması onların molekulları arasında hidrogen rabitəsinin əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır.

Bə'zi mayelər isə bir-birində çox zəif həll olur. Məsələn, efirin, neftin suda həll olması.

Bə'zi mayelər arasında qarşılıqlı həll olma praktiki sürətdə getmir. Buna su və kerosin misal ola bilər.

Bir mayenin digər mayedə qismən həll olması zamanı həmişə iki məhlul alınır. Məsələn, efirin suda həll olması ilə yanaşı, eyni zamanda su da müəyyən dərəcədə efirdə həll olaraq məhlul əmələ gətirir.

Mayelərin qarşılıqlı həll olmasına temperatur, adətən, müsbət tə'sir göstərir. Temperaturun artması ilə həll olma artdığı üçün müəyyən yüksək temperaturda mayelərin tam qarşılıqlı həll olması baş verir. Bu temperatur həmin mayelərin bir-birində həll olmasının böhran temperaturu adlanır.

Təzyiq mayelərin bir-birində həll olmasına çox zəif tə'sir göstərir. Mayelərin bir-birində həllolma xarakterindən müəyyən praktiki məqsədlər üçün istifadə edilir. Məsələn, bu prinsip əsasında hər hansı bir maddənin bir məhluldan başqa həlledici ilə çıxarılması həyata keçirilir ki, bu da ekstraksiya üsulu adlanır. Məsələn, az miqdarda yod həll olmuş suya bir qədər benzin tökülərsə, iki təbəqə əmələ gələcəkdir; alt təbəqə içərisində yod həll olmuş sudan, üst təbəqə isə benzindən ibarət olacaqdır. Yod benzində daha yaxşı həll olduğundan, su və benzin təbəqələri çalxalandıqda, yod, demək olar

ki, tamamilə benzin təbəqəsinə keçəcəkdir. Bu yolla yodu sulu məhluldan çıxarmaq olar. Sonra isə sudan ayrılmış yodlu benzin təbəqəsi müvafiq temperaturda buxarlandırıldıqda, təmiz yod kristallaşır.

Bə'zən maddə bir-birilə qarışmayan mayelərin hər ikisində bu və ya digər dərəcədə həll olur. Belə halda verilmiş müəyyən şəraitlərdə həll olan maddənin iki maye arasında paylanması, adətən, qatılıqların sabit nisbətləri ilə xarakterizə olunmaqla, Bertlo və Yunqorleyş qanununa /paylanma qanununa/ tabe olur:

$$\frac{C_1}{C_1} = K$$

Burada C_1 - həll olan maddənin 1-ci mayedə, C_2 onun 2-ci mayedə qatılığını göstərir. K - verilmiş müəyyən temperatur üçün sabit kəmiyyət olub, paylanma əmsalı adlanır. Paylanma əmsalından ekstraksiya prosesinin hesablanmasında istifadə edilir.

v) Bərk maddələrin mayelərdə həll olması. Bu halda həlledici və həll olan maddə molekulları arasında nisbətən güclü kimyəvi qarşılıqlı tə'sir olur. Bərk maddələrin mayelərdə həllolma xarakteri həlledici ilə həll olan maddələrin təbiətindən, temperatur və təzyiqdən asılıdır.

Həllolma həlledicinin təbiətindən də güclü sürətdə asılıdır. Buna əsasən bir həlledicidə yaxşı həll olan maddə başqa həlledicidə pis həll olur. Məsələn, şoralar /nitrat turşusunun duzları/ suda yaxşı həll olduğu halda, efirdə praktiki olaraq həll olmur.

Bərk maddələrin mayelərdə həll olmasına temperatur müxtəlif cür tə'sir göstərir. Həllolma istilik udulması ilə getdikdə, temperaturun artması həllolmanı sür'ətləndirir. Əksinə, həllolma zamanı istilik ayrılarsa, temperaturun artması ilə bərk maddənin həll olması zəifləyir.

Temperaturun 1^0C artması nəticəsində həll olmanın faizlə artması və ya azalması həll olmanın temperatur əmsalı adlanır.

Bərk maddələrin mayelərdə həll olmasına təzyiq çox zəif tə'sir göstərir.

Bərk maddənin doymuş məhlulda həll olması zamanı həcmin artması baş verirsə, təzyiqin artması həll olmanı azaldır. Nəticədə həll olan maddə məhlulda çökür. Əksinə, doymuş məhlulda həllolma

nəticəsində həcm azalırsa, təzyiqin artması ilə həllolma artır. Yə'ni bərk maddənin bir hissəsi məhlula keçir.

Məhlullar həlledicidə həll olan maddə miqdarına görə iki yerə bölünür: 1-ci duru məhlullar, 2-ci qatı məhlullar.

Duru məhlullar - Müəyyən miqdarda həlledicidə həll olan maddənin az miqdarda həll olması ilə alınan məhlula deyilir. Məsələn, 1 *l* suda 1 q duzun həll olması ilə alınan məhlul duru məhluldur.

Qatı məhlul - Bir qədər həlledicidə daha çox miqdarda həll olan maddə həll edərək alınan məhlula qatı məhlul deyilir.

Məhlullar doymuşluğuna və həll olan maddə miqdarına görə üç yerə bölünür.

1. Doymuş məhlul - Verilmiş müəyyən temperaturda məhlulda həll olan maddənin əlavə miqdarının daha həll ola bilmədiyi məhlula doymuş məhlul deyilir.

Başqa sözlə, *həll olmuş maddənin artıq miqdarı ilə dinamik tarazlıqda olan məhlul doymuş məhlul adlanır.*

2. Doymamış məhlul - Verilmiş müəyyən temperaturda məhlulda həll olan maddənin yeni əlavə edilmiş miqdarı həll olursa, belə məhlul doymamış məhlul adlanır.

Başqa sözlə, *doymuş məhlula nisbətən həll olmuş maddənin miqdarının az olduğu məhlula doymamış məhlul deyilir.*

3. İfrat doymuş məhlul - Məhlula həll olan bərk maddənin kristalı daxil edilərkən həll olan maddənin məhluldan kristallaşması baş verirsə, belə məhlul ifrat doymuş məhlul adlanır.

Başqa sözlə, *verilən temperaturda doymuş məhlullara nisbətən daha çox həll olmuş maddə saxlayan məhlullara ifrat doymuş məhlullar deyilir.*

Məhlulda maddənin xüsusi miqdarının ifadə üsulları: kütlə və mol payları, molyar və normal qatılıqlar, titr, molyallıq, həllolma.

Məhlulun qatılığı onun komponentləri arasındakı miqdarı nisbətlə xarakterizə olunur. Məhlulun müəyyən kütləsində və ya həcmində həll olmuş maddənin miqdarına məhlulun qatılığı deyilir. Məhlulun qatılığının, yə'ni həll olan maddənin həlledicisiyə nisbətən miqdarının müxtəlif ifadə üsulları vardır.

I. Məhlulda həll olmuş maddənin kütlə və mol payları. (Faizli məhlullar).

Həll olmuş maddənin kütlə payı /w/ onun kütləsinin /m_{mad}/ məhlulun ümumi kütləsinə /$m_{məh}$/ olan nisbətidir.

$$W=m_{mad}/m_{məh}=m_{mad}/mH_2O+m_{mad}=m_{məh}/V_{məh}\cdot q_{məh}$$

Həll olmuş maddənin mol payı /w/ onun mollarının sayının /n_{mad}/ məhlulun mollarının ümumi sayına /$n_{məh}$/ olan nisbətidir.

$$W=n_{mad}/n_{məh}=n_{mad}/\ nH_2O+n_{mad}$$

Həll olan maddənin kütlə və mol payları faizlə ifadə olunduqda məhlul faizli məhlul adlanır. Faizli məhlullarda maddənin kütlə və mol paylarını tapmaq üçün yuxarıdakı düsturlar 100%-ə vurulur.

$$W\%=m_{mad}/m_{məh}\cdot 100\%=m_{mad}/mH_2O+m_{mad}\ .\ 100\%$$

$$W\%=n_{mad}/n_{məh}\ .\ 100\%=n_{mad}/\ nH_2O+n_{mad}\cdot 100\%=$$

$$=\frac{m_{mad}/M_{mad}}{m(H_2O)/M(H_2O)+m_{mad}/M_{mad}}.100\%$$

Misal 1. 50 q suda 20 q natrium-hidroksid həll edilmişdir. Məhlulun faizlə qatılığını tapın.

$$W\%=(m_{mad}/mH_2O+m_{mad})\cdot 100\%=20/50+20\cdot 100\%=28{,}57\%.$$

Misal 2. 10%-li 500 q sulfat turşusu məhlulunda neçə qram sulfat turşusu həll edilmişdir?

Həlli:

Verilir.

$W\%=10\%$	$W\%=m_{mad}/m_{məh}\cdot 100\%$ buradan
$m_{məh}=500$ q	$m_{mad}=W\%\cdot m_{məh}/100\%=10\cdot 500/100=50$ q.
$m_{mad}=?$	

Q e y d: Çəki faizi. Bu halda qatılıq, həll olan maddənin, məhlulun 100 çəki hissəsindəki çəki hissələrinin sayı ilə ifadə edilir. Məsələn, xörək duzunun 5%-li məhlulu o deməkdir ki, məhlulun 100 q-nın 5 qramı NaCl-dən və 90 q-ı sudan H_2O ibarətdir.

Misal 3. 10% sulfat turşusu məhlulunun mol-faizlə qatılığını tapın.

$$W\%=\frac{\frac{m_{H_2O}}{M_{H_2SO_4}}}{\frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}}+\frac{m_{H_2SO_4}}{M_{H_2SO_4}}}\cdot 100\%$$

Həlli:

Verilir.

$m_{H_2SO_4}=10q$

$m_{H_2O}=90q$

$M(H_2SO_4)=98$

$M(H_2O)=18$

$W\%=?$

$$W\%=\frac{\frac{10}{98}}{\frac{10}{18}+\frac{10}{98}}\cdot 100\%=\frac{10,2}{\frac{980+180}{1764}}=$$

$$=\frac{17992,8}{1160}=15,51 \text{ mol}\%H_2SO_4$$

$100-15,51=84,49 \text{ mol}\%H_2O$

Misal 4. 30%-li məhlul almaq üçün 50 q duza nə qədər su əlavə etməliyik.

Həlli:

Verilir.

$W\%=30\%$

$M_{mad}=50$ q

$mH_2O=?$

$W\%=m_{mad}/m_{məh}\cdot 100\%=m_{duz}/ mH_2O+m_{duz}\cdot 100\%$

$W(mH_2O+m_{duz})= m_{duz}\cdot 100\%$

$30\cdot mH_2O+1500=5000$

$mH_2O=3500/30=116,67$ q H_2O

Bu cür məsələləri başqa cür yə'ni tənassüb qurmaqla da həll etmək olar.

2-ci variant.

100 q məhlulda→30 q duz varsa

X q məhlulda→ 50 q duz olar.

$$X=\frac{50\cdot 100}{30}=166,67 \text{ q məhlul}$$

Məhlulun ümumi kütləsindən həll olan maddənin kütləsini çıxsaq lazım olan suyun kütləsini taparıq.

$$M_{məh}= m_{H_2O}+ m_{duz}$$

$$166{,}67 = m_{H_2O} + 50$$

$$m_{H_2O} = 166{,}67 - 50 = 116{,}67 \text{ q } H_2O.$$

Misal 5. 25%-li məhlul almaq üçün 400 q suda neçə qram natrium-hidroksid həll etməliyik?

Həlli:

Verilir.

W%=25	$W\% = \frac{m_{NaOH}}{m_{H_2O} + m_{NaOH}} \cdot 100\%$
mH_2O=400 q.	W(mH_2O+ mNaOH)=100 mNaOH
mNaOH=?	25(400+ mNaOH)= 100 mNaOH
	mNaOH=1000/75=133,3 qr.

2-ci variant. Faizli məhlulun tərifinə görə aşağıdakı tənassübü qura bilərik.

75 q suda → 25 q NaOH həll olursa

400 q suda → X q NaOH həll olar.

$$X = \frac{400 \cdot 25}{75} = \frac{10000}{75} = 133{,}33 \text{ q NaOH}$$

Q e y d: Əgər eyni maddənin müxtəlif faizli məhlulları qarışdırılarsa alınan məhlulun faizlə qatılığı aşağıdakı formul üzrə hesablanır.

$$m_1W_1 + m_2W_2 = m_{son}W_{son}$$

Misal 1. 200 q 20%-li xörək duzu məhlulunun üzərinə 300 q 40%-li xörək duzu məhlulu əlavə edilərsə alınan son məhlulun faizlə qatılığı necə olar?

Həlli:

Verilir.

m_1=200 q.	$W_{son}\% = \frac{m_1W_1 + m_2W_2}{m_{son}} = \frac{200 \cdot 20 + 300 \cdot 40}{500}$
W_1=20%	W_{son}%=32%.
m_2=300 q.	
W_2=40%.	
$m_{son}=m_1+m_2=$	
=200+300=500 q.	
W_{son}=?	

Q e y d: Məhlulun həcmi və sıxlığı verildikdə məhlulun kütləsi $m=V\rho$ ifadəsinə görə hesablanır və həll olmuş maddənin məhlulundakı kütlə payı əvvəlki məsələlərdə olduğu kimi tapılır.

Misal 1. Sıxlığı 1,2 olan 500 ml 32%-li nitrat turşusu məhlulunun üzərinə 1 *l* su əlavə edilərsə, turşunun faizlə qatılığı nə qədər olar?

Həlli:

Verilir.

$\rho=1,2$ q/mol
$V=500$ ml
$W=?$

$W=m_{mad}/m_{məh}\cdot 100\%=m_{mad}/V\rho\cdot 100\%$
$m_{mad}=W(V\rho)/100=32(500\cdot 1,2)/100=$
$=32\cdot 600/100=192$ q HNO_3.
$m_{son}=m_{mad}+mH_2O=(V\rho)+1000=1600$ q.
$W=mHNO_3/m_{son}\cdot 100\%=192/1600\cdot 100=12\%$.

Misal 2. Normal şəraitdə ölçülmüş 67,2 *l* hidrogen-sulfid qazının suda həll edilməsindən kütləsi 450 q olan sulfid-turşusu məhlulu alınmışdır. Məhlulun faizlə qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V(H_2S)=67,2$ *l*.
$m_{məh}=450$ q.
$M(H_2S)=34$
$W(H_2S)\%=?$

Əvvəlcə 67,2 *l* qazının kütləsini tapaq

$$m(H_2S)=n(H_2S)\cdot M(H_2S)=\frac{V(H_2S)}{V_M}\cdot M(H_2S)=$$

$$=\frac{67,2\cdot 34}{22,4}=102\text{q } H_2S$$

Bundan sonra məhlulun faizlə qatılığını tapaq

$W(H_2S)\%=m(H_2S)/m_{məh}\cdot 100\%=$
$=102\cdot 100/450=22,69\%$

II. Molyar məhlul.

Həll olmuş maddənin mollarla miqdarının (ν) məhlulun həcminə $V_{məh}$ olan nisbətinə molyar qatılıq C_M deyilir.

Başqa sözlə, molyar qatılıq 1 l məhlulda həll olmuş maddənin mollarının sayını göstərir:

$$C_M=\nu/V_{məh} \text{ və ya } C_M=m_{mad}/M_{mad}\cdot V_{məh} \quad (V\div l,\ m^3)$$

Bir litrində həll olmuş maddənin 1 molu olan məhlula molyar məhlul deyilir. Məhlulun 1 *l*-də 0,1; 0,01 və 0,001 mol həll olmuş

maddə olarsa ona müvafiq olaraq desimolyar, santimolyar və millimolyar məhlul deyilir.

Misal 1. 200 ml sulfat turşusu məhlulunda 0,3 mol H_2SO_4 həll edilmişdir. Buna görə məhlulun molyar qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V_{məh}$=200 ml=0,2 *l.*
ν=0,3 mol
C_M=?

$$C_M=\frac{\nu}{V}=\frac{0,3}{0,2}=1,5 \text{ mol/}l.$$

Misal 2. 0,3 M 500 ml hidrogen-xlorid turşusu məhlulunda həll olan hidrogen-xloridin kütləsini tapın.

Həlli:

Verilir.

C_M=0,3 M.
V=500 ml=0,5 *l.*
M/HCl/=36,5.
m/HCl/=?

C_M=m(HCl)/M(HCl)·$V_{məh}$
m(HCl)= C_M·M(HCl)·$V_{məh}$=0,3·0,5·36,5
m(HCl)=5,475 q.

Misal 3. Həcmi 400 ml olan 0,2 M sulfat turşusu məhlulu hazırlamaq üçün neçə qram sulfat turşusu götürmək lazımdır?

Həlli:

Verilir.

C_M=0,2 M
V=400 ml=0,4 *l.*
M/H_2SO_4/=98
m/H_2SO_4/=?

$c_M=\frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4).Vmhl}$ düstüründən

M(H_2SO_4)=C_M.M(H_2SO_4).$V_{məh}$=
=0,2·98·0,4=7,84 qr H_2SO_4

Misal 4. Sıxlığı 1,24 q/ml olan nitrat turşusunun kütlə payı 40% olan məhlulun molyar qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

ρ=1,24 q/ml
W(HNO_3)=40%
M(HNO_3)=63
C_M=?

Faizli məhlulun tərifinə görə 100 q məhlulda 40 q HNO_3 vardır.
40 q HNO_3-ün mollarının sayını tapaq.
$\nu(HNO_3)=m(HNO_3)/M(HNO_3)=$
=40/63=0,635 mol.

götürülmüş 100 q məhlulun həcmini tapaq.

$V_{məh}=m_{məh}/\rho$=100/1,24=80,645 ml =0,0806 *l*

$C_M=\nu(HNO_3)/V_{məh}=0,635$ mol/0,0806=7,88 mol/l.

Misal 5. Həcmi 200 ml olan 0,3 M xlorid-turşusu məhlulu hazırlamaq üçün sıxlığı 1,12 q/ml olan 50%-li HCl məhlulundan neçə millilitr götürmək lazımdır?

Həlli:

Verilir.

$V_{məh}$=200 ml=0,2 *l*	Əvvəlcə 0,3 M 200 ml məhlul hazırlamaq üçün lazım olan xlorid-turşusunun kütləsini tapaq.
C_M=0,3 M	
ρ=1,12 q/ml	
W(Hcl)=50%	$m=c_M \cdot M \cdot V=0,3 \cdot 36,5 \cdot 0,2=2,190$ q (HCl)
m(HCl)=36,5	
$V^1_{məh}$=?	

Tərkibində 2,190 q (Hcl) olan məhlulun kütləsini isə aşağıdakı kimi taparıq

$$m_{məh}=m(HCl)/W(HCl)\cdot 100\%=2,190\cdot 100/50=4,380 \text{ q.}$$

Sonra isə bu məhlulun həcmini tapırıq:

$$V^1_{məh}=m/\rho=4,380/1,12=3,91 \text{ ml.}$$

Q e y d: Məhlula su əlavə edilməsinə durulaşma, məhluldan su buxarlandırma hadisəsinə isə məhlulun qatılaşması deyilir.

Bu iki hadisədə həll olan maddənin mol sayı sabit olur, sadəcə həlledicinin miqdarı dəyişir.

Bu cür məsələləri həll edərkən aşağıdakı formuldan istifadə edilir.

$$C_{1/M/} \cdot V_1=C_{2/M/} \cdot V_2$$

C_1 və C_2 - 1-ci və 2-ci məhlulların müvafiq olaraq molyar qatılıqlarını, V_1 və V_2 isə həcmlərini göstərir.

Misal 1. 0,2 M 300 ml xörək duzu məhluluna neçə ml su əlavə edilməlidir ki, məhlulun molyar qatılığı 0,1 M olsun.

Həlli:

Verilir.

$C_{1/M/}$=0,2 M	$C_{1/M/} \cdot V_1=c_{2/M/} \cdot V_2$
V_1=300 ml =0,3 *l*	$0,2 \cdot 0,3=0,1 \cdot V_2$
$C_{2/M/}$=0,1 M	$V_2=0,06/0,1=0,6$ *l*.
$V/H_2O/$=?	

Məhlulun son həcmi 0,6 *l*→600 ml olduğuna görə əvvəlki həcmə 600-300=300 ml su əlavə etməliyik.

Misal 2. 0,3 M 600 ml natrium-sulfat Na_2SO_4 məhlulundan 200 q su buxarlandırıldıqda alınan sonuncu məhlulun molyar qatılığı nə qədər olar?

Həlli:

Verilir.

$C_{1/M/}$=0,3 M
V_1=600 ml
V_2=600-200=400 ml
$C_{2/M/}$=?

$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$

$$C_2(M) = \frac{C_1(M) \cdot V_1}{V_2} = \frac{0{,}3 \cdot 600}{V_2} = \frac{0{,}3 \cdot 600}{400} =$$

$$= 0{,}45 \text{ M}$$

Eyni maddənin müxtəlif molyar qatılıqlı məhlulları qarışdırılan zaman əmələ gələn sonuncu məhlulun həcmi məhlulların həcmləri cəminə bərabərdir. Əmələ gələn məhlulda həll olan maddənin molları sayı da qarışdırılan məhlullardakı həll olan maddələrin molları cəminə bərabərdir. Deməli, eyni maddənin müxtəlif molyar qatılıqlı məhlullarını qarışdırdıqda aşağıdakı düsturdan istifadə etməliyik.

$$C_1(M) \cdot V_1 + C_2(M) \cdot V_2 + C_3(M) \cdot V_3 + \ldots = C_{son}(M) \cdot V_{son}$$

Misal 1. 0,5 M 300 ml sulfat turşusu H_2SO_4 məhlulu ilə 0,3 M 500 ml H_2SO_4 məhlulu qarışdırılarkən əmələ gələn son məhlulda sulfat turşusunun molyar qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$C_1(M)$=0,5 M
V_1=300 ml
$C_2(M)$=0,3 M
V_2=500 ml
$V_{son} = V_1 + V_2 =$
=300+500=800 ml
$C_{son}(M)$=?

$$C_{son}(M) = \frac{C_1(M) \cdot V_1 + C_2(M) \cdot V_2}{V_{son}} =$$

$$\frac{0{,}5 \cdot 300 + 0{,}3 \cdot 500}{800} = 0{,}375 \text{ mol/}l$$

Misal 2. 4 l 0,6 M Hcl məhlulu hazırlamaq üçün 0,8 M Hcl məhlulu ilə 0,4M Hcl məhlulundan neçə millilitr götürmək lazımdır?

Həlli:

Verilir.

$C_{son}(M)$=0,6 M
V_{son}=4 *l*
$C_1(M)$=0,8 M

0,8 M qatılıqlı məhlulun həcmi V_1
0,4 M qatılıqlı məhlulun həcmi isə 4-V_1
$C_1(M) \cdot V_1 + C_2(M) \cdot V_2 = C_{son}(M) \cdot V_{son}$

$C_2(M)=0,4$ M	$0,8 \cdot V_1+0,4(4-V_1)=0,6.4$
$V_1=?$ $V_2=?$	$V_1=2$ l. $V_2=4-V_1=4-2=2$ *l*= 2000 ml.

III. Normal məhlullar.

Məhlulun 1 litrində həll olmuş maddənin ekvivalentləri sayına normal /və ya ekvivalent/ qatılıq deyilir. $C_H=m_{mad}/E \cdot V_{məh}$. Burada C_H-məhlulun normal və ya ekvivalent qatılığı, $V_{məh}$-məhlulun həcmi /litrlə/, m_{mad} - həll olan maddənin qramlarla kütləsi, E həll olan maddənin ekvivalent kütləsidir.

Bir litrində həll olmuş maddənin bir ekvivalenti olan məhlullara normal məhlullar deyilir və 1 N kimi işarə edilir. Desi-, santi- və millinormal məhlulların 1 litrində müvafiq olaraq həll olmuş maddənin 0,1; 0,01 və 0,001 ekvivalenti olur.

Misal 1. 300 ml 0,2 N xlorid turşusu məhlulu hazırlamaq üçün neçə qram HCl həll etməliyik?

Həlli:

Verilir.

V=300 ml=0,3 *l*.	$m(HCl)=C_N \cdot E \cdot V_{məh}=0,2 \cdot 36,5 \cdot 0,3=2,190$ q.
$c_N=0,2_N$	m(HCl)=2,190 q.
$E_{HCl}=36,5/1=36,5$	
m(HCl)=?	

Misal 2. Qatılığı 1,02 N olan sulfat turşusu məhlulunda 10 q H_2SO_4 vardır. Məhlulun həcmini tapın.

Həlli:

Verilir.

$C_N=1,02_N$	$V_{məh}=\frac{m(H_2SO_4)}{E \cdot C_N}=\frac{10}{49 \cdot 1,02}$ 0,2 l=200 ml
$m(H_2SO_4)=10$ q	
$E(H_2SO_4)=98/2=49$	
V=?	

Məhlulun normal qatılığını aşağıdakı düsturla da hesablamaq olar.

$$C_N=v \cdot n/V_{məh} \text{ və ya } C_N=C_M \cdot n$$

Hər iki düsturdakı n - həll olan maddənin ekvivalentlik əmsalını, yə'ni turşularda metalla əvəz oluna bilən hidrogen atomlarının sayını /başqa sözlə əsaslığını/, əsaslarda hidroksil qruplarının sayını /başqa sözlə əsasların turşuluğunu/, duzlarda isə kationun sayı ilə valentliyi hasilini göstərir.

Misal. 4,9 q sulfat turşusunun həll olunması ilə 500 ml-lik məhlul hazırlanmışdır. Məhlulun normal qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V_{məh}=500ml=0,5\ l$
$m(H_2SO_4)=4,9$ q.
$n=2$
$M(H_2SO_4)=98$
$C_N=?$

$$C_H=\frac{m}{E\cdot V}=\frac{4,9}{49\cdot 0,5}=0,2\ _N.$$

Misal 2. 0,5 M kalium-sulfat K_2SO_4 məhlulunun normal qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$C_M=0,5$ M
$n=2\cdot 1=2$
$C_N=?$

$$C_N=C_M\cdot n=0,5\cdot 2=1\ N.$$

IV. Titrli məhlullar

Məhlulun 1 millilitrində həll olmuş maddənin qramlarla miqdarına məhlulun titri /T/ deyilir.

Titrli məhlulun qatılığı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$T=\frac{C_M\cdot M_{mad}}{1000}$$

Misal 1. 0,2 M natrium-hidroksid məhlulunun 1 ml-də neçə qram natrium-hidroksid NaOH vardır?

Həlli:

Verilir:

$C_M=0,2$ M
$M(NaOH)=40$
$T=?$

$$T=\frac{C_M\cdot M(NaOH)}{1000}=\frac{0,2\cdot 40}{1000}=\frac{8}{1000}=0,008\ q.$$

Misal 2. 1 ml-də 0,02 q HCl olan xlorid turşusu məhlulunun molyar qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir:

$T=0,02$ q
$M(HCl)=36,5$

$$T=\frac{C_M\cdot M(HCl)}{1000}\ \text{buradan}$$

C_M=?

$$C_M=\frac{T\cdot 1000}{M(HCl)}=\frac{0{,}02\cdot 1000}{36{,}5}=0{,}548\ M$$

V. Molyal qatılıq

Həlledicinin 1 kq-da həll olan maddənin mollarının sayını göstərir.

$$C=\frac{\nu}{P(kq)} \text{ və ya } C=\frac{m_{mad}}{M_{mad}\cdot P(kq)}$$

P - həlledicinin kütləsi.

Misal 1. 200 q sulfat turşusu məhlulunda 4,9 q H_2SO_4 vardır. Məhlulun molyal qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir:

m=200 q=0,2 kq
$m(H_2SO_4)$=4,9 q
$M(H_2SO_4)$=98
C=?

$$C=\frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)\cdot P}=\frac{200-4{,}9}{98-0{,}2}=\frac{195{,}1}{19{,}6}=9{,}9\ M.$$

Məhlulun qatılığının dəyişməsi və bir qatılıq formasından digərlərinə keçilməsi ilə bağlı olan hesablamalar

Məhlulları durulaşdırdıqda və ya buxarlandırdıqda məhlulun qatılığını aşağıdakı düsturlarla tapmaq olar.

$W_1\cdot m_1=W_2\cdot m_2$	faizli məhlul üçün
$C_1(M)\cdot V_1=C_2(M)\cdot V_2$	molyar məhlul üçün
$C_1\cdot P_1=C_2\cdot P_2$	molyal məhlul üçün
$C_1(N)\cdot V_1=C_2(N)\cdot V_2$	normal məhlul üçün

Bu tip məsələlərin həlli üsulları əvvəldə verilmişdir.

Məhlulların bir qatılıq ifadəsindən digərinə keçmək üçün bütün qatılıq ifadələrinin düsturundan istifadə edilir.

Faizli məhluldan molyar məhlula keçmək üçün məhlulun sıxlığını bilmək lazımdır. Buna aid bir-iki məsələ həll edək.

Misal 1. Sıxlığı 1,24 q/ml olan 40%-li xlorid turşusunun molyar qatılığı nə qədərdir?

Həlli:

1 ml məhlul →1,24 q-dır.

1000 ml məhlul→ X q-dır.

X=1000·1,24=1240 q.

Deməli, məhlulun 1-nin kütləsi 1240 q-dır.

Sonra tapmaq lazımdır ki, 1240 q məhlulda neçə q HCl vardır.

$$W(HCl)=m(HCl)/m_{məh}\cdot 100\% \text{ buradan}$$

$$m(HCl)=W(HCl)\cdot m_{məh}/100=40\cdot 1240/100=496 \text{ q HCl}$$

İndi isə məhlulun götürdüyümüz 1 litrinə görə molyar qatılığını tapaq.

$$C_N=\frac{m(HCl)}{M(HCl)\cdot V}=\frac{496}{36,5\cdot 1}=13,6 \text{ M}$$

Məhlulun molyarlığını tapandan sonra onun normal qatılığını tapmaq olar. Məsələn, yuxarıdakı məsələyə görə həmin məhlulun normal qatılığını tapaq.

Bunun üçün həll olan maddənin kütləsini bilmək kifayətdir ki, onu da faizli məhluldan tapmışdıq.

$$C_H=\frac{m(HCl)}{E\cdot V}=\frac{496}{36,5\cdot 1}=13,6$$

Xlorid turşusunun molyar kütləsi ilə ekvivalent kütləsi E_{HCl} 36,5 bərabər olduğuna görə molyar və normal qatılıqları ədədi qiymətcə bir-birinə bərabərdir.

Molyal qatılığı tapaq

$$C=\frac{m(HCl)}{M(HCl)\cdot P}=\frac{496}{36,5(1,24-0,496)}=18,26 \text{ M}$$

P=1240 q=1,24 kq.

Həmin məhlulun titrini tapaq.

$$T=\frac{C(M)\cdot M(HCl)}{1000}=\frac{13,6\cdot 36,5}{1000}=0,4964 \text{ q.}$$

Misal 2. Sıxlığı 1,2 q/ml olan 500 ml 32%-li nitrat-turşusunun üzərinə 1 *l* su əlavə edilərsə alınan turşunun faizlə, molyar, normal, molyal qatılığını və titrini tapın.

$\rho=m/V$ olduğundan $m_{məh}=\rho \cdot V=1,2 \cdot 500=600$ q.

$m_2=m_1+1\ l\ H_2O=m_1+1000$ q$=600+1000=1600$ q.

$W_2=W_1 \cdot m_1/m_2=32 \cdot 600/1600=12\%$.

Sonra həll olan maddənin kütləsini tapaq.

$m_{mad}=W \cdot m_{məh}/100=12 \cdot 1600/100=192$ q.

Bundan sonra məhlulun molyar qatılığını tapmaq olar.

$V_{məh}=500$ ml$+1000$ ml su$=1500$ ml$=1,5\ l$.

$C_M=m_{mad}/M_{mad} \cdot V=192/63 \cdot 1,5=2,04$ M.

$M(HNO_3)=63$.

Molyar qatılıq mə'lum olduğundan normal qatılığı tapaq.

$C_N=C_M \cdot n$

n-HNO_3-ün ekvivalentlik əmsalıdır o da 1-ə bərabər olduğundan

$C_N=C_M \cdot 1=2,04 \cdot 1=2,04$ N.

başqa cür

$$C_N=\frac{m(HNO_3)}{E(HNO_3) \cdot V}=\frac{192}{63 \cdot 1,5}=2,04 \text{ N.}$$

$E(HNO_3)=63/1=63$.

Sonra isə molyal qatılığı tapaq. Məhlulun ümumi kütləsi

$m_{məh}=m_1+1000$ q $H_2O=600+1000=1600$ q.

olduğundan molyal qatılıq düsturundakı $P=1600-192/1000=1,408$ kq.

$$C=\frac{m(HNO_3)}{M(HNO_3) \cdot P}=\frac{192}{63 \cdot 1,408}=2,11 \text{ molyal}$$

Molyar qatılıq mə'lum olduğundan məhlulun titrini aşağıdakı kimi tapmaq olar.

$$T=\frac{C_M \cdot M(HNO_3)}{1000}=\frac{2,04 \cdot 63}{1000}=0,1285 \text{ q.}$$

Məhlulların qarışdırılması ilə aparılan hesablamalar

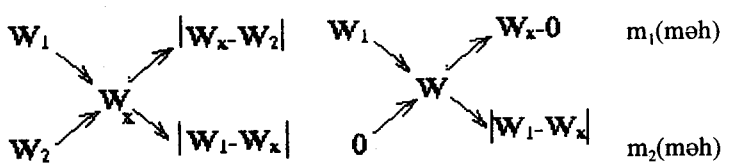
Eyni maddənin müxtəlif qatılıqda məhlulları qarışdırılarkən aşağıdakı düsturlardan istifadə etmək lazımdır.

$$W_1m_1+W_2m_2=Wson.mson$$
$$C_1(M)\cdot V_1+C_2(M)\cdot V_2=C_{son}(M)\cdot V_{son}$$
$$C_1(N)\cdot V_1+C_2(N)\cdot V_2=C_{son}(N)\cdot V_{son}$$
$$C_1\cdot V_1+C_2V_2=C_{son}V_{son}$$

Tərkibində həll olmuş maddənin kütlə payı mə'lum olan iki məhlulun qarışdırılması zamanı aparılan hesablamalar, adətən, iki istiqamətdə aparılır: 1. Məhlulların kütləsi və onlarda həll olmuş maddənin kütlə payına əsasən qarışıqda həll olmuş maddənin kütlə payının hesablanması; 2. Qarışıqda və məhlullarda həll olmuş maddənin kütlə payı mə'lum olduqda qarışdırılacaq məhlulların kütlələrinin hesablanması. Hesablamalar "qarışdırma qaydası üzrə" və ya "müvafiq mülahizələr" əsasında (məsələn, sistem tənliklər tərtib edilməklə) aparılır.

Qarışdırma üsulu (diaqonal sxem) üsulu kütlə payı mə'lum olan iki məhlulu hansı kütlə nisbətində qarışdıraraq tələb olunan (W_x) qatılıqda məhlul hazırlamaq üçün istifadə edilir.

Bu üsula görə hazırlanacaq məhlulun kütlə payı W_x ortada, verilən kütlə payının böyüyü W_1 solda üstə, kiçiyi W_2 isə solda aşağıda yazılır. Böyük kütlə payı W_1-dən W_x-i çıxıb fərqi W_2-nin qarşısında, W_x-dən W_2-ni çıxıb fərqi W_1-in qarşısında yazırlar. Alınan fərqlər [(W_x-W_2) və (W_1-W_x)] göstərir ki, I məhluldan (W_x-W_2) kütlə hissəsini, II məhluldan isə (W_1-W_x) kütlə hissəsini götürüb qarışdırsaq, kütlə payı W_x olan məhlul alınar;



Əgər kütlə payı mə'lum olan məhlulu su ilə qarışdırıb tələb olunan W_x qatılıqda məhlul hazırlamaq lazım olarsa, bu zaman W_2-nin əvəzinə sıfır "0" yazılır (yə'ni su 0%-li məhlul hesab edilir).

"Qarışdırma" qaydasının riyazi istifadəsi belədir:

$$m_1(məh)/m_2(məh)=W_x-W_2/W_1-W_2$$

burada, m_1(məh) və m_2(məh) - müvafiq olaraq qarışdırılan 1-ci və 2-ci məhlulların kütləsi, W_1 və W_2 - müvafiq olaraq məhlullarda həll olmuş maddənin kütlə payları, W_x isə həll olmuş maddənin qarışıqdakı kütlə payıdır.

Misal 1. 200 q 20%-li natrium-hidroksid məhlulu ilə 300 q 40%-li natrium-hidroksid məhlulu qarışdırılmışdır. Alınan məhlulda natrium-hidroksidin kütlə payını tapın.

Həlli:

Verilir

m_1=200 q
W_1=20%
m_2=300 q
W_2=40%
$m_{son}=m_1+m_2$=500 q
W_{son}=?

$W_1m_1+W_2m_2=W_{son}m_{son}$

$$W_{son}=\frac{W_1m_1+W_2m_2}{m_{son}}=\frac{20\cdot200+40\cdot300}{500}=32\%$$

2-ci üsul.

Hər iki məhlulda həll olan maddənin kütləsini tapaq.

$m_1(mad)=W_1\cdot m_1(məh)/100\%=20\cdot200/100=40$ q.

$m_2(mad)=W_2\cdot m_2(məh)/100\%=40\cdot300/100=120$ q.

$m_1(məh)+ m_2(məh)=200+300=500$ q$=m_{son}(məh)$

$m_{son}= m_1(mad)+ m_2(mad)=40+120=160$ q.

$W_{son}= m_{son}/ m_{son}(məh)\cdot 100\%=16000/500=32\%$.

Misal 2. 0,5 M 200 ml məhlulla, neçə molyar 300 ml məhlul qarışdırılmalıdır ki, 2M məhlul alınsın.

Həlli:

Verilir.

$C_1(M)$=0,5 M
V_1=200 ml
V_2=300 ml
$C_{son}(M)$=2M
$V_{son}=V_1+V_2=$
$=200+300=500$ ml.

$C_2(M)$=?

$C_1(M)\cdot V_1+ C_2(M)\cdot V_2= C_{son}(M)\cdot V_{son}$.

$$C_2(M)=\frac{C_{son}(M)\cdot V_{son}-C_1(M)\cdot V_1}{V_2}=$$

$$=\frac{2\cdot500-0,5\cdot200}{300}=\frac{900}{300}=3M.$$

$C_2(M)$=3M.

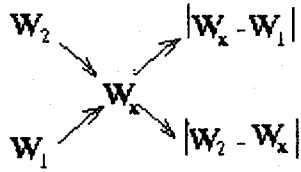
Misal 3. Kütlə payı 10% və 30% olan iki məhlulu hansı kütlə nisbətində qarışdırmaq lazımdır ki, alınan məhlulun kütlə payı 20% olsun.

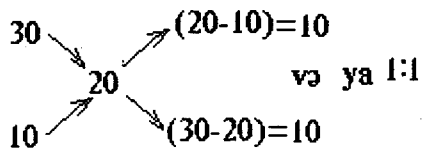
Həlli:

Verilir.

W_1=10%
W_2=30%
W_x=20%
m_1(məh)=?
m_2(məh)=?

Diaqonal sxem quraq.





Alınan sxemdən görünür ki, hər iki məhluldan 1:1 kütlə nisbətində qarışdırsaq 20%-li məhlul alarıq.

Misal 4. Kütlə payı 10% olan 300 q xlorid turşusu məhlulu hazırlamaq üçün kütlə payı 30% olan məhlul neçə qram su qarışdırmaq lazımdır.

Həlli:

Verilir.

W_1=30%
W_2=10%
m_2(məh)=300 q.
m_1(məh)=?
$m(H_2O)$=?

$W_1 \cdot m_1 = W_2 \cdot m_2$

$$m_{HCl} = \frac{300 \cdot 10\%}{100\%} = 30 \text{ q.}$$

Tənliyindən lazım olan 30%-li məhlulun kütləsini tapaq.

$$m_1(\text{məh}) = \frac{W_2 \cdot m_2}{W_1} = \frac{10 \cdot 300}{30} = 100 \text{ q.}$$

$m(H_2O)=m_2(\text{məh})-m_1(\text{məh})=300-100=200$ q.

<u>2-ci üsul</u>

W_1=30%
W_{son}=10%

$W_1 m_1 + W_2 m_2 = W_{son} \cdot m_{son}$
W_2=0 olduğundan $W_2 m_2$=0 olur.

$m_{son}=m_1+m(H_2O)=300$ q.	$W_1\ m_1= W_{son}(m_1+ m(H_2O))$
$W_2=0$	$m_1= m_{son}- m(H_2O)=300- m(H_2O)$
m_1(məh)=?	$30(300- m(H_2O))=10\cdot300$
	$m(H_2O)=200$ q.

$$m_1(məh)= m_{son}- m(H_2O)=300-200=100 \text{ q.}$$

$$m_1(məh)=100 \text{ q.}$$

Turşu və əsasların məhlulda neytrallaşma problemləri ilə əlaqədar hesablamalar

Turşu ilə əsasın qarşılıqlı tə'sirindən duz və suyun əmələ gəlməsi ilə nəticələnən reaksiyalara *neytrallaşma reaksiyası deyilir.* Neytrallaşma reaksiyalarına aid məsələləri həll etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$\nu(\text{turşu})\cdot n(\text{turşu})= \nu(\text{əsas})\cdot n(\text{əsas})$$

ν - turşu və əsasın mollarının sayı, n - isə turşu və əsasın ekvivalentlik əmsalı yə'ni turşularda metalla əvəz olunan hidrogen atomlarının sayı, əsaslarda isə hidroksil qruplarının sayını göstərir.

$$\nu=\frac{m}{M} \text{ olduğundan}$$

$$m(\text{turşu})/M(\text{turşu})\cdot n(\text{turşu})=m(\text{əsas})/M(\text{əsas})\cdot n(\text{əsas})$$

Misal 1. 0,5 M 300 ml NaOH məhlulu ilə neçə qram xlorid turşusu tam neytrallaşır?

Həlli: Verilir: C_M=0,5M; V(NaOH)=300 ml=0,3 *l*; m(HCl)=?

$$C(M)= \frac{\nu}{V} \text{ olduğundan } \nu(NaOH)=C(M)\cdot V=0,5\cdot0,3=0,15 \text{ mol}$$

$$n(HCl)=1; \quad n(NaOH)=1.$$

$$\nu(HCl)\cdot n(HCl)= \nu(NaOH)\cdot n(NaOH).$$

$$\nu(HCl)\cdot 1=0,15\cdot 1.$$

$$\nu(HCl)\cdot 1=0,15 \text{ mol.}$$

1 mol HCl $\rightarrow$36,5 q.

0,15 mol$\rightarrow$X q. $\qquad X=36,5\cdot 0,15=5,475$ q.

Misal 2. 0,2 M 300 ml sulfat turşusu məhlulunu neytrallaşdırmaq üçün neçə qram 20%-li NaOH məhlulu lazımdır?

Həlli:

Verilir.

C_M=0,2 M
$V(H_2SO_4)$=300 ml=0,3 *l*.
W(NaOH)=20%.
V(NaOH)=?

$\nu(H_2SO_4)= C_M \cdot V(H_2SO_4)=0,2 \cdot 0,3=$
$=0,06$ mol
$n(H_2SO_4)=2$; $n(NaOH)=1$
$\nu(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4)=$
$=\nu(NaOH) \cdot n(NaOH)$

$\nu(NaOH)= \nu(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4) / n(NaOH)=0,06 \cdot 2/1=0,12$ mol

1 mol NaOH→40 q.
0,12 mol→X q. X=0,12·40=4,8 q NaOH.

NaOH-in kütləsinə görə sərf olunan qələvi məhlulunun kütləsini tapaq.

$$m_{məh}(NaOH)=\frac{m(NaOH)\cdot 100}{W(NaOH)}=\frac{4,8\cdot 100}{20}=24 \text{ q.}$$

Misal 3. 0,3 M 300 ml xlorid turşusu məhlulu ilə 0,4 M 200 ml sulfat-turşusu məhlullarını neytrallaşdırmaq üçün məhlulda neçə qram natrium-hidroksid həll etməliyik?

Həlli:

Verilir.

$C_M(H_2SO_4)$=0,4 M.
$V(H_2SO_4)$=200ml=0,2 *l*.
$C_M(HCl)$=0,3 M
V(HCl)=300 ml=0,3 *l*
m(NaOH)=?

Bu cür məsələləri həll etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etmək lazımdır.

$\nu(HCl) \cdot n(HCl)+\nu(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4)=$
$= \nu(NaOH) \cdot n(NaOH)$

$\nu(HCl)= C_M(HCl) \cdot V(HCl)=0,3 \cdot 0,3=0,09$ mol

$\nu(H_2SO_4)= C_M(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)=0,4 \cdot 0,2=0,08$ mol.

$n(HCl)=1$; $n(H_2SO_4)=2$; $n(NaOH)=1$.

Alınan bu ədədlərdən istifadə edərək NaOH-ın kütləsini tapaq.

$$\nu(NaOH)= m(NaOH)/ M(NaOH)$$

M(NaOH)=40 olduğundan, onda

$$\nu(NaOH) = m(NaOH)/40$$
$$0,09 \cdot 1+0,08 \cdot 2 = m(NaOH)/40 \cdot 1.$$
$$m(NaOH)=10 \text{ q.}$$

Məhlulda ionların qatılıqlarının hesablanması

Misal 1. 200 ml 3M Na_2SO_4 məhlulu ilə 2M 400ml NaCl məhlulu qarışdırıldıqda alınan məhluldakı natrium ionlarının molyar qatılığını tapın.

Həlli:

Verilir.

$V(Na_2SO_4)=200$ ml$=0,2$ *l.*
$C_M(Na_2SO_4)=3$ M.
$V(NaCl)=400$ ml$=0,4$ *l.*
$C_M(NaCl)=2$ M.
$C_M(Na^+)=?$

$C_M=\frac{\nu}{V}$ olduğundan

$\nu(Na_2SO_4)= C_M(Na_2SO_4)\cdot V(Na_2SO_4)=$
$=0,2\cdot 3=0,6$ mol

$Na_2SO_4 \leftrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$

Şəklində ionlara ayrıldığdan Na^+ ionlarının mol sayı Na_2SO_4-un mol sayından 2 dəfə çox olur.

Deməli $\nu(Na^+)=2\cdot\nu(Na_2SO_4)=2\cdot 0,6=1,2$ mol

Sonra isə NaCl məhlulunda Na^+ ionlarının mol sayını tapaq.

$$NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$$

$$\nu(NaCl)=C_M(NaCl)\cdot V(NaCl)=2\cdot 0,4=0,8 \text{ mol}$$

$$\nu(Na^+)=\nu(NaCl)=0,8 \text{ mol}$$

Qarışığın həcmi isə

$$V_{qarışıq}=V(Na_2SO_4)+V(NaCl)=200+400=600 \text{ ml.}$$

$$V_{qarışıq}=600 \text{ ml}=0,6 \text{ l.}$$

Qarışıqda Na^+ ionlarının ümumi mol sayı, $\nu_{qarışıq}(Na^+)=1,2+0,8=2$ mol olduğundan Na^+ ionlarının molyar qatılığını aşağıdakı kimi taparıq.

$$C_M(Na^+)=\nu_{qar}(Na^+)/V_{qarışıq}=2/0,6=3,33 \text{ M.}$$

Misal 2. KCl və $BaCl_2$ duzlarının hərəsindən 3 mol götürülərək 4 litirlik suda həll edilir. Məhluldakı xlor ionlarının molyar qatılığını tapın.

Həlli:

$KCl \rightleftarrows K^+ + Cl^-$ şəklində ionlarına ayrıldığına görə Cl^- ionlarının mol sayı KCl-in mol sayına yə'ni 3-ə bərabərdir.

$BaCl_2$ isə $BaCl_2 \leftrightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$ şəklində ionlarına ayrıldığından Cl^- ionlarının mol sayı $BaCl_2$-in mol sayından 2 dəfə çox olacaq yə'ni

2·3=6 M. Bunlara əsasən də Cl^- ionlarının molyar qatılığını aşağıdakı kimi taparıq.

$$\nu_{qarışı}(Cl^-)=3+6=9 \text{ mol olduğundan}$$

$$C_M(Cl^-)=\frac{\nu}{V}=\frac{9}{4}=2{,}25 \text{ M.}$$

Həllolma. Maddənin həllolması dedikdə, həmin maddənin digər maddənin həcmində bərabər paylanması başa düşülür.

Maddənin həll olması qabiliyyəti, onun doymuş məhlulunun qatılığı ilə ölçülür. Çox vaxt bu qatılıq, həlledicinin 100 qramında həll olmuş maddənin qramla göstərilən miqdarı ilə ifadə olunur.

Maddənin həllolma qabiliyyətini həllolma əmsalı və ya həll olma ilə xarakterizə edirlər:

Verilmiş şəraitdə (T və P) 1000 ml həlledicidə həll olmuş maddənin doymuş məhlul əmələ gətirən qramlarla kütləsinə həll olma əmsalı deyilir.

$$P_h=m_{mad}/mH_2O\cdot 1000$$

Məsələn: 20^0C-də 88 q NaCl məhlulunu buxarlandırdıqda 48 q NaCl kristalları alınmışdır. Bu duzun 20^0C-də həllolma əmsalını tapın.

Həlli:

$$m_{məh}=m(NaCl)+m(H_2O)=88$$

$$m(H_2O)=m_{məh}-m(NaCl)=88-48=40 \text{ q.}$$

$$P_h(NaCl)=\frac{m(NaCl)}{m(H_2O)}\cdot 1000=\frac{48}{40}\cdot 1000=1200 \text{ q/l.}$$

Bərk maddələrdən çoxunun həllolma qabiliyyəti temperatur yüksədikcə artır.

Maddələrin həll olması temperatur və təzyiqdən asılıdır. Əgər həll olma prosesi endotermikdirsə (istilik udulması ilə gedirsə), onda temperatur artdıqCa onların həllolması artır, əksinə həllolma prosesi ekzotermikdirsə (istilik ayrılması ilə müşaiyət olunursa) temperatur artdıqca həllolma azalır.

Qazların suda həll olması əsasən ekzotermik proses olduğundan, temperatur artdıqca onların həllolması azalır.

Temperaturun artması ilə həllolması artan maddələrin müəyyən temperaturda hazırlanmış doymuş məhlullarını soyutduqda həll olmuş maddənin müəyyən hissəsi çöküntü şəklində çökür. Qeyd etmək lazımdır ki, məhlulun kütləsi nə qədər çox olarsa,

soyudulduqda əmələ gələn çöküntünün kütləsi də mütənasib olaraq artır. Bu asılılığı riyazi olaraq belə ifadə etmək olar:

$$m_1(məh)/m_1(çök)=m_2(məh)/m_2(çök)$$

Burada m_1(məh) və m_2(məh) məhlulların kütlələri, m_1(çök) və m_2(çök) müvafiq olaraq bu məhlulları soyutduqda alınan çöküntülərin kütləsidir.

Bu cür məsələlərdən birinin həllinə baxaq.

Misal: Kalium-bixromatın həllolma əmsalı 10^0C-də 70 q/l-ə, 70^0C-də isə 580 q/l bərabərdir. Kalium-bixromatın 500 q doymuş məhlulunu 70^0C-dən 10^0C-yə qədər soyutduqda əmələ gələn çöküntünün kütləsini tapın.

Suyun sıxlığı 1 q/ml-dir.

Misal

Verilir.

$P_h(10^0C)=70\ q/l$
$P_h(70^0C)=580\ q/l$
$m_{məh}=500$ q.
$\rho(H_2O)=1$ q/ml
$m(K_2Cr_2O_7)=?$

Məsələnin şərtindən görünür ki, 1000 ml (və ya 1000 q) suda 10^0C-də 70 q, 70^0C-də isə 580 q duz həll olur. Bunu bilərək 10^0C-də (m_1(məh)) və 70^0C-də (m_1(məh)) alınan məhlulların kütlələrini tapaq:

m^I_1(məh)=1000 q + 70 q =1070 q.
m_1(məh)=1000 q + 580 q =1580 q.

70^0C-də hazırlanan və kütləsi 1580 q olan məhlulu 10^0C-yə qədər soyutduqda əmələ gələn çöküntünün kütləsini tapaq:

$$m_1(çök)=m_1(məh) - m^I_1(məh)=1580\ q - 1070\ q = 510\ q.$$

Sonra isə 500 q məhlulu (m_2(məh)) soyutduqda alınan çöküntünün kütləsini m_2(çök) tapaq:

$m_1(məh)/m_1(çök)=m_2(məh)/m_2(çök)$ düsturundan

$m_2(çök)= m_1(çök)\cdot m_2(məh)/ m_1(məh)=500\cdot 510/1580=161,4$ q.

$m_2(çök)=161,4$ q.

Deməli 500 q kalium-bixromat məhlulunu 70^0C-dən 10^0C-yə qədər soyutduqda alınan çöküntünün kütləsi 161,4 q olacaqdır.

Həllolma qabiliyyəti ilə temperatur arasındakı asılılıq, adətən, qrafiki olaraq həllolma əyriləri ilə göstərilir.

Burada absis oxu üzərində temperatur, ordinat oxu üzrə isə həllolma qabiliyyəti götürülür. Həllolma əyriləri mə'lum temperaturda

müxtəlif maddələrin həllolma qabiliyyətlərini asanlıqla müəyyən etməyə imkan verir.

Mayenin müəyyən miqdarında həll olmuş qazın çəki ilə miqdarı qazın təzyiqinə düz mütənasibdir.

Lakin təzyiq artdıqca (və ya azaldıqca) qazın həcm vahidinin çəkisi də bir o qədər artacağından (və ya azalacağından), deyə bilərik ki, həll olmuş qazın həcmi təzyiqdən asılı deyildir. Buna görə də qazların həllolma qabiliyyəti, adətən, mə'lum temperaturda 100 həcm həlledicidə həll ola bilən qazın həcmi ilə ifadə olunur.

Mayenin üzərindəki bir qaz deyil, bir neçə qazın qarışığı isə onlardan hər biri öz parsial təzyiqinə görə həll olur.

Maddələrin həllolma qabiliyyətinə əsaslanan hesablamalardan bir neçəsini misal göstərək.

Misal 1. Həllolma qabiliyyətinə görə 20^0C-də 100 q suda 37 q xörək duzu həll olur. Xörək duzunun 20^0C-də doymuş məhlulunun qatılığını faizlə hesablayın.

Həlli: Əvvəlcə məhlulun kütləsini tapaq.

$$m(H_2O)+m(NaCl)=100+37=137 \text{ q.}$$

$$W(NaCl)=m(NaCl)/m_{məh}\cdot 100\%=37/137\cdot 100\%=27\%.$$

$$W(NaCl)=27\%.$$

Misal 2. 500 q suda 300 q NH_4Cl həll edilmişdir. Məhlulu 15^0C-yədək soyutduqda ondan neçə qram NH_4Cl ayrılar? 15^0C-də 100 q suda 35 q NH_4Cl həll olur.

Həlli: Məsələni həll etmək üçün aşağıdakı tənassübü qururuq.

15^0C-də 100 q suda→35 q NH_4Cl həll olursa.

500 q suda→X q NH_4Cl həll olar.

$$X=\frac{500\cdot 35}{100}=175 \text{ q } NH_4Cl.$$

15^0C-də ayrılan duzun kütləsini aşağıdakı kimi taparıq.

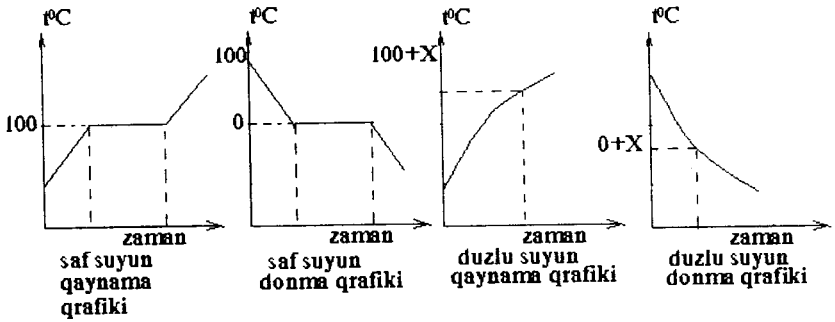
$$300-175=125 \text{ q } NH_4Cl$$

Deməli məhlulu 15^0C-yədək soyutduqda 125 q NH_4Cl duzu ayrılır.

Məhlullar ilə saf maddələr arasındakı fərqlər

1. Saf maddələrin sabit ərimə və qaynama temperaturları vardır. Məhlulların isə ərimə və qaynama temperaturları həll olan maddə miqdarına görə dəyişir.

2. Saf maddələrin hal dəişmələri zamanı temperatur sabit qaldığı halda, məhlulların hal dəyişmələri zamanı temperatur sabit qalmır. Bu xassələri qrafiklərlə aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Saf maddlərə hər hansı bir bərk maddə əlavə edilərsə bu maddə qarışığın qaynama temperaturunu yüksəldir. Donma temperaturunu isə azaldır.

Donma temperaturunun aşağı düşməsi və qaynama temperaturunun yüksəlməsi müəyyən çəki miqdarında götürülən həlledicidə həll olmuş maddənin miqdarına düz mütənasibdir.

Həll olunan maddələrin ekvimolekulyar miqdarları (yə'ni eyni sayda molları) həlledicinin eyni çəki miqdarında həll edildikdə məhlulun qaynama temperaturu eyni dərəcədə yüksəlir və donma temperaturu eyni dərəcədə aşağı düşür (Raul qanunları).

Həlledicinin 1000 q da 1 mol maddə həll etdikdə donma temperaturunun aşağı düşdüyü dərəcə həmin həlledici üçün sabit kəmiyyətdir və həlledicinin krioskopik sabiti adlanır.

Eləcə də, həlledicinin 1000 q-da 1 mol maddə həll etdikdə qaynama temperaturunun yüksəldiyi dərəcə sabit kəmiyyət olub, həmin həlledicinin ebuloskopik sabiti adlanır.

Həlledicinin donma temperaturunun aşağı düşməsi və qaynama temperaturunun artması dərəcəsi ilə həll olmuş maddənin miqdarı arasındakı asılılığı aşağıdakı düsturlarla göstərmək olar.

$$\Delta t_{don}=E_{don}\cdot \nu$$
$$\Delta t_{qay}=E_{qay}\cdot \nu$$

burada, ν-1000 q həlledicidə olan maddə miqdarıdır.

Burada E_{don} və E_{qay}-həlledicinin krioskopik və ebuloskopik sabitləri, Δt_{don} və Δt_{qay} isə həlledicinin donma və qaynama temperaturlarının dəyişməsini, ν - həll olan maddənin miqdarını göstərir.

$$\nu=\frac{m}{M}$$ olduğundan

$$\Delta t_{don}=E_{don}\cdot\frac{m}{M}$$ və $$\Delta t_{qay}=E_{qay}\cdot\frac{m}{M}$$ olar.

Bu formullar, qeyri-elektrolit məhlulların qatılıqlarına əsasən onların donma və qaynama temperaturlarını, habelə məhlulların donma və qaynama temperaturlarına əsasən, həll olmuş maddələrin molekul çəkilərini hesablayıb müəyyən etməyə imkan verir.

Misal 1. 10%-li etil spirti C_2H_5OH və 10%-li metil spirti CH_3OH məhlulları vardır. Bu məhlullardan hansı biri daha aşağı temperaturda donacaqdır?

Həlli: Əgər hər iki məhluldan 100 q götürsək onda

$$m(C_2H_5OH)=W(C_2H_5OH)\cdot m_{məh}/100=10\cdot 100/100=10 \text{ q } C_2H_5OH$$

eləcə də

$$m(CH_3OH)=W(CH_3OH)\cdot m_{məh}/100=10\cdot 100/100=10 \text{ q } CH_3OH$$

olacaq

Hər iki həll olan maddənin kütləsi bərabərdir. Lakin mol sayları isə

$$\nu(CH_3OH)=m(CH_3OH)/M(CH_3OH)=10/32=0{,}3125 \text{ mol.}$$
$$\nu(C_2H_5OH)=m(C_2H_5OH)/M(C_2H_5OH)=10/46=0{,}217 \text{ mol.}$$

müxtəlifdir. Metil spirtinin mol sayı etil spirtinin mol sayından çox olduğundan metil spirti məhlulu daha aşağı temperaturda donacaqdır.

Misal 2. 200 q suda 5 q maddə həll edildikdə cərəyan keçirməyən və $1{,}55^0$C-də donan məhlul alınır. Həll olan maddənin molekul çəkisini tapın.

Həlli:

Verilir.

$m(H_2O)=200$ q
$E_{don}(su)=1,86^0C$
$m_{mad}=5$ q
$M_{mad}=?$

Əvvəlcə 1000 q suya görə məhlulda neçə qram maddə olduğunu tapaq.

200 q suda→5 q maddə həll olursa
1000 q suda→X q həll olar.

$$X=\frac{100\cdot5}{200}=25 \text{ q.}$$

1000 q suda 1 mol maddə həll edilmiş olsaydı, o zaman suyun donma temperaturu $1,86^0C$ enməli idi. Donma temperaturunun aşağı düşməsi həll olmuş maddənin miqdarına düz mütənasib olduğundan maddənin axtarılan molekul çəkisini M-i tapmaq üçün tənassüb quraq.

Donma temperaturu $1,86^0C$ azalanda→Mq həll olur.
1,55 azalanda→25 q həll olur.

$$M=\frac{1,86\cdot25}{1,55}=30.$$

Deməli həll olan maddənin molekul kütləsi 30-dir.

Misal 3. Suyun 100 ml-də 20^0C-də 3,1 ml oksigen həll olursa, həmin temperaturda 100 l yağış suyunda həll olmuş halda neçə qram oksigen vardır?

Həlli: Oksigen havanın 21%-ni təşkil edir. Oksigenin parsial təzyiqini aşağıdakı kimi tapa bilərik. Havanın normal şəraitdə təzyiqi 1 atm-dı

1 atm→100 %-dirsə

X atm→21%-dir $\quad X=\frac{21}{100}=0,21$ atm.

Deməli oksigenin parsial təzyiqi 0,21 atm-dir.

20^0C-də 100 ml suda 3,1 ml oksigen həll olduğundan, aydındır ki, 100 *l* suda 3,1 *l* oksigen həll olacaqdır.

Tapılmış həcm 20^0C temperatur və 0,21 atm təzyiqə uyğundur. Həll olmuş oksigenin çəkisini müəyyən etmək üçün.

$PV=\frac{m}{M}RT$ düsturundan istifadə edilir. Buradan

$$m=\frac{PVM}{RT}=\frac{0,21\cdot3,1\cdot32}{0,082\cdot293}=0,826 \text{ q.}$$

Bə'zi həlledicilərin krioskopik və ebuloskopik sabitləri.

Həlledici	E_{don}	E_{qay}
Su	1,86°C	0,52°C
Benzol	5,2°C	2,57°C
Etil spirti	-	1,16°C
Dietil efiri	-	2,12°C

3. Mayedə uçucu olmayan hər hansı maddə həll edildikdə mayenin doymuş buxarının təzyiqi aşağı düşür. Beləliklə, uçucu olmayan maddənin məhlulu buxarının təzyiqi, həmin temperaturda saf həlledicinin buxarının təzyiqindən həmişə aşağı olur, həm də məhlul qatı olduqca bu təzyiq də bir o qədər aşağı olur.

Buxarın təzyiqinin aşağı düşməsi ilə məhlulun qatılığı arasındakı asılılığı durulaşdırılmış məhlullar üçün bu tənliklə ifadə etmək olar.

$$\Delta P = P \cdot \frac{n}{N}$$

Burada ΔP-buxarın təzyiqinin nə qədər aşağı düşdüyünü, yə'ni saf həlledicinin buxarının təzyiqi ilə məhlulun buxarının təzyiqi arasındakı fərqi; P-saf həlledicinin buxarının təzyiqini; n-həll olan maddənin molları sayını və N-həlledicinin molları sayını göstərir.

Lakin bu asılılıq elektrolit məhlullara aid deyildir. Qatı məhlullar götürüldükdə bu qanunauyğunluqdan xeyli uzaqlaşma nəzərə çarpır.

Misal 1. 90 q suda 13,68 q şəkər $C_{12}H_{22}O_{11}$ həll olmuşdur. Su buxarının təzyiqi 65°C-də 187,5 mmc.süt. isə, həmin temperaturda məhlulun buxarının təzyiqi nə qədər olacaqdır?

Həlli:

Verilir.

$m(H_2O)=90$ q.
$Mr(H_2O)=18$.
$m(C_{12}H_{22}O_{11})=13,68$ q
$Mr(C_{12}H_{22}O_{11})=342$
$P(H_2O)=187,5$ mm.c.süt.
P(məh)=?

Əvvəlcə suyun və şəkərin molları sayını tapaq.

$$n(H_2O)=\frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}=\frac{90}{18}=5 \text{ mol.}$$

$$n(C_{12}H_{22}O_{11})=\frac{m(C_{12}H_{22}O_{11})}{M(C_{12}H_{22}O_{11})}=$$

$$=\frac{13,68}{342}=0,04 \text{ mol.}$$

Sonra isə saf həlledici (su) ilə məhlulun buxar təzyiqi arasındakı fərqi tapaq:

$$\Delta P = P \cdot \frac{n}{N} = \frac{187{,}5 \cdot 0{,}04}{5} = 1{,}5$$

$\Delta P = P(H_2O) - P(məh)$ buradan,

$P(məh) = P(H_2O) - \Delta P = 187{,}5 - 1{,}5 = 186$ mm.c.süt.

Misal 2. Sidik cövhərinin $CO(NH_2)_2$ 10%-li məhlulunun 100^0C-də buxarlarının təzyiqi nə qədərdir?.

Həlli:

Fərz edək ki, sidik cövhərinin 10%-li məhlulundan 100 q götürmüşük. Onda məhlulda 10 q $CO(NH_2)_2$ və 90 q su olacaqdır. Sonra isə suyun və sidik cövhərinin mollarının sayını tapaq.

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{90}{18} = 5 \text{ mol.}$$

$$n(CO(NH_2)_2) = \frac{10}{60} = 0{,}1667 \text{ mol.}$$

Saf suyun 100^0C-də buxar təzyiqi 760 mm.c.süt olduğundan

$$\Delta P = P \cdot \frac{n}{N} = \frac{760 \cdot 0{,}1667}{5} = 25{,}3 \text{ mm.c.süt.}$$

$\Delta P = P(H_2O) - P(məh)$ buradan da

$P(məh) = P(H_2O) - \Delta P = 760 - 25{,}3 = 734{,}7$ mm.c.süt

4. Saf maddələr homogendirlər (eynicinslidirlər), yə'ni tərkiblərində həmişə eyni növ hissəciklər olur. Məhlullar isə homogen olmaqlarına baxmayaraq tərkibində müxtəlif ion və molekullar olur.

5. Saf maddələrin sabit sıxlıqları vardır. Məhlulların isə sıxlıqları həll olan maddənin miqdarından düz mütənasib asılı olaraq dəyişir.

Q e y d: Qatılıqları bərabər olan 2 məhluldan, ion sayı çox olan maddənin məhlulu daha yüksək temperaturda qaynayır və daha aşağı temperaturda donur.

Məsələn: 1 M $AlCl_3$ məhlulu ilə 1 M NaCl məhlullarının qaynama və donma temperaturları arasında fərq necədir?

Həlli: $AlCl_3 \rightarrow Al^{+3} + 3Cl^-$ (4 ionu vardır),

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ (2 ionu vardır).

Məhlulların qatılıqları bərabər olduğundan və $AlCl_3$-də ion sayı daha çox olduğundan $AlCl_3$ məhlulunun qaynama temperaturu NaCl

məhlulunun qaynama temperaturundan böyük, donma temperaturu isə aşağı olacaqdır.

İon sayları bərabər olan iki məhluldan, qatılığı böyük olan məhlulun qaynama temperaturu daha böyük, donma temperaturu isə daha aşağı olacaqdır.

Məsələn, 1M $MgCl_2$ məhlulunun qaynama temperaturu 2 M $CaCl_2$ məhlulunun qaynama temperaturundan daha aşağı olacaqdır.

Məhlulların elektriki keçirməsi üçün məhlulda ionların olması lazımdır.

Məhlulda ionların sayı artdıqca elektrik keçiriciliyi artır. Məsələn, 1 M $AlCl_3$ məhlulunun keçiriciliyi 1 M KNO_3 məhlulunun keçiriciliyindən daha böyükdür. Çünki $AlCl_3$-də 4, KNO_3-də isə 2 ion vardır.

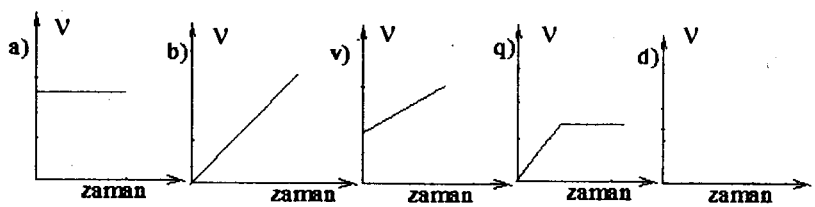
İon sayı bərabər olan məhlullardan qatılığı böyük olan məhlulun keçiriciliyi böyük olur. Məsələn, 2 M NaCl məhlulunun keçiriciliyi 1 M KCl məhlulunun keçiriciliyindən çox olacaqdır.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. 80 q 40%-li duz məhlulundan 16 q su buxarlandırılır. Son məhlulun faizlə qatılığı nə qədər olar?

C a v a b: 50%.

2. Bərk maddənin suda həll olması ilə hazırlanan doymuş məhlulun buxarlanması nəticəsində həll olan maddənin mol sayı zamandan asılı olaraq dəyişmə qrafiki aşağıdakılardan hansıdır?



C a v a b: v.

3. 280 q su və 40 q şəkərdən ibarət olan məhlulun qatılığını faizlə göstərin.

C a v a b: 12,5%.

4. 2 kq 5%-li məhlul hazırlamaq üçün nə qədər boraks $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ və nə qədər su götürülməlidir?

C a v a b: 189,1 q boraks.

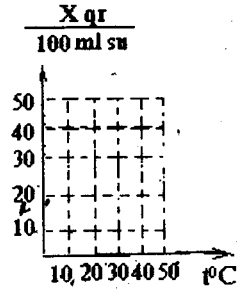
5. 50 q 30%-li şəkər məhlulu ilə 50 q 20%-li şəkər məhlulu qarışdırılır. Daha sonra 25q su əlavə edilir. Son qarışıq neçə %-li olur?

C a v a b: 20%.

6. 5 *l* 8%-li məhlul hazırlamaq üçün nə qədər Na_2SO_3 götürülməlidir? Məhlulun xüsusi çəkisi ρ=1,075-dir.

C a v a b: 430 q.

7. Aşağıdakı qrafikdə A duzunun temperaturdan asılı olaraq həll olması göstərilmişdir. 40°C-də 1 *l* sudakı A duzunun doymuş məhlulu 20°C-yədək soyudulsa neçə qram A maddəsi çökər?

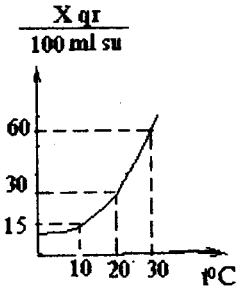


C a v a b: 200 q.

8. 5%-li məhlul hazırlamaq üçün 100 ml 20%-li H_2SO_4 məhlulunun (ρ=1,14 q/ml) üzərinə nə qədər su əlavə edilməlidir?

C a v a b: 342.

9. Aşağıdakı qrafikə görə 20°C-də 200 ml suda 25 q AB duzunun həll olunması ilə hazırlanan məhlul doymuş məhluldurmu? Doymuş məhlul deyilsə, doymuş hala gətirmək üçün neçə qram AB duzu həll etməliyik.



C a v a b: 35 q.

10. 100 q 13%-li gümüş-nitrat $AgNO_3$ məhlulu ilə 100 q 13%-li natrium-xlorid məhlulu qarışdırılır. Əmələ gələn məhlulda maddələrin kütlə payını tapın.

C a v a b: 3,44% $NaNO_3$; 4,52 % NaCl.

11. 1 *l*-lik kolbanı quru hidrogen-xlorid qazı ilə (n.ş-də) doldururlar. Sonra kolbanı su ilə doldururlar. Hidrogen-xlorid tamamilə həll olur. Məhlulda hidrogen-xloridin kütlə payını tapın.

C a v a b: 0,163% HCl.

12. 400^0C-də 50 q doymuş məhlulda 6,5 q kalium-sulfat K_2SO_4 vardır. Duzun məhlulda kütlə payını və həllolmasını tapın.

C a v a b: (K_2SO_4) 13%; $P_h(K_2SO_4)$=14,9.

13. 80^0C-də doymuş natrium-xlorid məhlulunun 600 qramının 0^0C-yədək soyudulması zamanı neçə qram NaCl duzu çökəcəkdir? Natrium-xloridin 80^0C-də həll olması 38 q, 0^0C-də isə 35,8 q-dır.

C a v a b: 9,5 q NaCl.

14. 20,7% natrium-xlorid NaCl və 4,3% maqnezium-xloriddən $MgCl_2$ ibarət olan $1m^3$ məhluldan (ρ=1,23 q/ml) hansı həcmdə xlor almaq olar?

C a v a b: 61,21 *l* Cl_2.

15. Əgər 40 ml 96%-li nitrat turşusu məhlulu (ρ=1,5 q/ml) üzərinə 30 ml 48%-li nitrat turşusu HNO_3 məhlulu (ρ=1,3 q/ml) əlavə edilsə alınan sonuncu məhlulun faizlə qatılığı neçə olar?

C a v a b: 77%.

16. Məhlulda NaCl və NaBr duzları vardır. Məhlulda duzların kütlə payları bərabərdir. 1 kq bu cür məhluldan Cl^- və Br^- ionlarını tamamilə çökdürmək üçün 1 l 8%-li gümüş-nitrat məhlulu (ρ=1,07 q/ml) tələb olunur. İlkin məhlulda hər iki duzun (NaCl və NaBr) kütlə payını tapın.

C a v a b: 1,88%.

17. Əgər götürülən doymuş məhlulda 50 ml su varsa, həmin doymuş məhlul 100^0C-dən 0^0C-dək soyudulduqda neçə qram barium-nitrat Ba (NO_3), ayrılar? $Ba(NO_3)_2$-in 0^0C-də həllolması 5,0 q, 100^0C-də isə 34,2-dir.

C a v a b: 14,6 q.

18. 2,72 q sirkə və qarışqa turşuları qarışığının neytrallaşması üçün 23,6 ml 8,96%-li kalium-hidroksid məhlulu (ρ=1,06 q/ml) əlavə olunur. Neytrallaşma tamamilə getmir. Qalan turşuların neytrallaşması üçün qatılığı 0,8 mol/*l* olan 12,5 ml kalium-hidrokarbonat məhlulu əlavə edilir. Başlanğıc qarışıqda turşuların kütlə payını və kaliumhidrokarbonat əlavə etdikdə ayrılan qazın həcmini (n.ş-də) hesablayın.

C a v a b: 66,2% CH_3COOH; 33,8% HCOOH; 0,224 l CO_2.

19. 100 ml 10,6%-li kalsium-xlorid məhluluna (ρ=1,05 q/ml), 30 ml 38,55%-li natrium-karbonat Na_2CO_3 məhlulu (ρ=1,10 q/ml) əlavə edilir. Çöküntünü ayırdıqdan sonra məhlulda qalan birləşmələrin kütlə payını tapın.

C a v a b: 1,66% Na_2CO_3; 9,14% NaCl.

20. 50 q 5%-li barium-xlorid məhluluna 50 q 5%-li sulfat-turşusu məhlulu əlavə edilir. Çöküntünü ayırdıqdan sonra məhlulda qalan birləşmələrin kütlə payını tapın.

C a v a b: 0,9% HCl; 1,36% H_2SO_4.

21.100 *l* hidrogen-xlorid HCl (n.ş-də) 1 *l* suda həll edilir. Alınan məhlul 1,09 *l* həcm tutur. Bu məhlulda hidrogen xloridin kütlə payını tapın.

C a v a b: 14% HCl.

22. 11,7 q NaCl suda həll edilərək 500 ml məhlul hazırlanır. Bu məhlulun molyar qatılığını tapın.

C a v a b: 0,4 M.

23. 100 q 25%-li KOH məhluluna 500 q 40%-li KOH məhlulu əlavə edilir. Son məhlulun faizlə qatılığı nə qədər olar?

C a v a b: 37,5%.

24. 30%-li 60 q və 20%-li 40 q eyni duz məhlulları qarışdırılır. Qarışığda 24 q saf duz və 100 q su əlavə edilir. Son məhlulun qatılığı neçə faiz olar.

C a v a b: 22,35%.

25. 1 M 100 ml doymuş KOH məhluluna 0,1 mol KOH əlavə edildikdə son məhlulun molyar qatılığı nə qədər olar?

C a v a b: 2 M.

26. 0,3 M 100 ml NaOH məhlulu hazırlamaq üçün suda neçə qram NaOH həll etməliyik?

C a v a b: 1,2 q.

27.300 ml 0,2 M məhlul hazırlamaq üçün nə qədər $NaNO_3$ götürülməlidir?

C a v a b: 5,1 q.

28. 500 *l* 20%-li NaCl məhlulundan (ρ=1,152 q/ml), 4,5%-li məhlul (ρ=1,029 q/ml) almaq üçün NaCl məhlulunu hansı həcmə qədər durulaşdırmaq lazımdır?

C a v a b: 2488 ml.

29. 4 q XOH və 5,6 q KOH bərk maddələrinin tam neytrallaşması üçün 1 M H_2SO_4 məhlulundan 100 *ml* sərf olunduğuna görə X-in atom kütləsini tapın.

C a v a b: 23.

30. 100 ml HCl turşusu Zn metalı ilə qarşılıqlı tə'sirdə olduqda 4,48 l H_2 qazı (n.ş-də) alındığına görə xlorid turşusu məhlulunun molyar qatılığını tapın.

C a v a b: 4 M.

31. 0,2 M $BaCl_2$ məhlulu ilə 0,4 M $CaCl_2$ məhlullarının bərabər həcmləri qarışdırılır. Məhluldakı Cl^- ionlarının qatılığı neçə molyardır?

C a v a b: 0,6 M.

32. 0,2 M 200 ml HCl məhlulu ilə kalsiumun qarşılıqlı tə'sirindən normal şəraitdə neçə litr H_2 qazı ayrılar?

C a v a b: 0,448 *l*.

33. 20%-li 400 q duz məhlulunu 30%-li məhlula çevirmək üçün 70%-li eyni məhluldan neçə qram əlavə etməliyik?

C a v a b: 100 q.

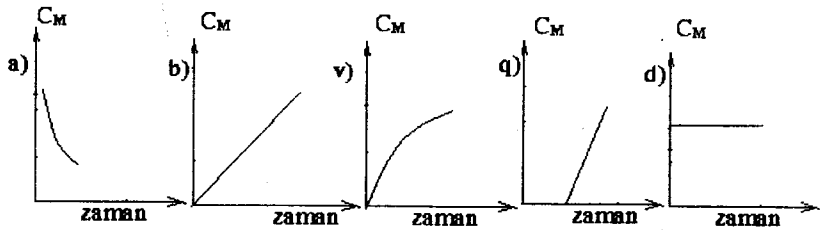
34. 0,98 q H_2SO_4 ilə tam neytrallaşa bilən 100 ml-lik KOH məhlulundakı OH^- ionlarının qatılığı neçə molyardır?

C a v a b: 0,2 M.

35. 0,2 400 ml Na_2SO_4 məhlulu ilə 0,4 M 400 ml $Al_2(SO_4)_3$ məhlulları qarışdırılır. Məhluldakı SO^{2-}_4 ionlarının molyar qatılığını tapın.

C a v a b: 0,7 M.

36. Bir qədər duz üzərinə tamamilə həll olana qədər su əlavə edək. Əmələ gələn məhlulun molyar qatılığının zamana görə dəyişməsini aşağıdakı qrafiklərdən hansı düzgün əks etdirir?



C a v a b: V.

37. 0,1 mol NaCl; 0,2 mol $NaNO_3$; 0,3 mol $CaSO_4$; 0,4 mol $NaClO_3$; 0,5 mol KNO_3 maddələrinin eyni həcmli həlledicidə həll olması ilə hazırlanan məhlullardan hansı daha aşağı temperaturda donar?

C a v a b: 0,5 mol KNO_3.

38. 10 q XCO_3 duzundan 100 ml məhlul hazırlananda əmələ gələn məhlulun qatılığı 1 molyardır. Buna görə X elementinin atom kütləsini tapın.

C a v a b: 40.

39. Bərabər mol sayda su və A maddəsi qarışdırılaraq 60%-li məhlul hazırlanır. A maddəsinin molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 27.

40. 500 ml 0,5 N sulfat turşusu hazırlamaq üçün neçə millilitr 2 N sulfat turşusu lazımdır?

C a v a b: 125 ml.

41. 0,05 N məhlul almaq üçün 100 ml 1 N məhlulun üzərinə nə qədər su əlavə edilməlidir?

C a v a b: 1900 ml.

42. 2 M Na_2CO_3 məhlulu vardır. Ondan 1 *l* 0,25 N məhlulu necə hazırlanmalıdır?

C a v a b: 62,5 ml məhlul 1 *l*-ə qədər durulaşdırılmalıdır.

43. 1 l 2 N məhlul hazırlamaq üçün tərkibində 38% HCl olan qatı xlorid turşusundan (ρ=1,19 q/ml) neçə millilitr götürülməlidir.

C a v a b: 161,5 ml.

44. Sıxlığı 1,18 q/ml olan qatı xlorid turşusunda 36,5% HCl vardır. Bu turşunun normal qatılığını tapın.

C a v a b: 11,8 N.

45. 100 ml 0,5 N $FeCl_3$ məhlulundan dəmiri tamamilə $Fe(OH)_3$ şəklində çökdürmək üçün neçə millilitr 0,2 N qələvi məhlulu sərf edilməlidir?

C a v a b: 250 ml.

46. 30 *l* 0,1 N qələvi məhlulunu neytrallaşdırmaq üçün 12 ml turşu sərf edilmişdir. Turşunun normall qatılığını tə'yin edin.

C a v a b: 0,25 N.

47. 200 q 38%-li HCl məhlulunun (ρ=1,19 q/ml) molyar qatılığını tapın.

C a v a b:12,34 M.

48. 100 ml 96%-li sulfat turşusu məhlulunun (ρ=1,84 q/ml) molyar və normal qatılığını tapın.

C a v a b: 18 M və 36 N.

49. 200 q 20%-li məhlul almaq üçün 80%-li məhlula nə qədər su əlavə edilməlidir?

C a v a b: 150 q.

50. 20%-li məhlul almaq üçün eyni maddənin 10%-li və 30%-li məhlullarından nə qədər götürüb qarışdırmaq lazımdır?

C a v a b: 1:1 nisbətində.

51. 42°C-də su buxarının təzyiqi 61,5 mm.c.sütündür. 540 q suda 36 q qlükoza $C_6H_{12}O_6$ həll etsək, həmin temperaturda su buxarının təzyiqi nə qədər azalar?

C a v a b: 0,41 mm.c.süt.

52. 20°C-də su buxarının təzyiqi 17,5 mm.c.süt-dür. Buxarın təzyiqini 1 mm.c.süt. aşağı salmaq üçün 180 q suda neçə qram qliserin $C_3H_5(OH)_3$ həll edilməlidir?

C a v a b: 52,6 q.

53. 70°C-də su buxarının təzyiqi 233,8 mm.c.süt-dur. Həmin temperaturda 270 q suda 12 q həll olmuş maddə olan məhlulun buxarının təzyiqi 230,68 mm.c.süt-dur. Həll olmuş maddənin molekul çəkisini tə'yin edin.

C a v a b: 60.

54. 100 q suda 9 q qlükoza $C_6H_{12}O_6$ həll edilərsə, məhlulun qaynama temperaturu neçə dərəcə yüksələr?

C a v a b: 0,26°C.

55. 100 q benzolda C_6H_6 4 q naftalin $C_{10}H_8$ həll edilərsə benzolun donma temperaturu neçə dərəcə aşağı düşər?

C a v a b: 1,62°C.

56. 50 q suda 6 q sidik cövhəri həll edilməklə alınan məhlul - 3,72°C-da donur. Sidik cövhərinin molekul çəkisini tapın.

C a v a b: 60.

57. 400 q dietil efirində 13 q kamfora həll edildikdə məhlulun qaynama temperaturu 0,453°C yüksəlir. Kamforanın molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 152.

58. 150 q benzolda C_6H_6 6,18 q naftalin həll edildikdə məhlulun donma temperaturu 1,67°C aşağı düşür. Naftalinin molekul kütləsini tapın.

C a v a b: 128.

59. 40%-li spirt C_2H_5OH məhlulu təqribən hansı temperaturda donar.

J a v a b: 27°C.

60. 50%-li şəkər $C_{12}H_{22}O_{11}$ məhlulu təqribən hansı temperaturda qaynayacaqdır?

C a v a b: 102°C.

Kristal hidratlar, həll olma istiliyi

Fiziki nəzəriyyəyə görə (S.A. Arrenius, C.X. Vant-Hoff, V.F. Ostvald) məhlullar mexaniki qarışıqlar kimi tərkibin sabitlik qanununa tabe olmayıb, fiziki üsullarla (distillə, kristallaşdırma və s.) asanlıqla tərkib hissələrinə ayrıla bilir.

Kimyəvi və hidrat nəzəriyyəsinə görə (D.İ. Menedeleyev, İ.A. Kablukov) məhlullar, həll olan maddə və həlledicinin hissəciklərindən ibarət olub, aralarında qarşılıqlı tə'sir baş verən mürəkkəb fiziki-kimyəvi sistemlərdir.

Həll olmanın istilik effekti, həll olan maddənin rənginin dəyişməsi, kristal hidrotların əmələ gəlməsi və məhlulların homogenliyi məhlulda qarşılıqlı tə'sirin mövcud olduğunu təsdiq edir.

Həll olmuş maddə hissəciklərinin özünə həlledicinin molekullarını birləşdirməsi hadisəsinə *solvatlaşma*, həlledici su olduqda isə *hidratlaşma* deyilir.

Tərkibinə müəyyən sayda həlledici molekulu daxil olan kristal maddələrə kristallosolvatlar, həlledici su olduqda isə *kristalhidratlar* deyilir. Kristalın tərkibinə daxil olan su *kristallaşma suyu* adlanır.

Kristallohidratlara aşağıdakıları misal göstərmək olar:

$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (gips)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (dəmir kuporosu)
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (acı duz)	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (kristallik soda)
$CuSO_4.5H_2O$ (mis kuporosu)	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (boraks)
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (qlauber duzu)	

Məhlulların müasir nəzəriyyəsi həllolmaya aşağıdakı 3 mərhələdən ibarət olan hadisə kimi baxır: 1. Həll olan maddənin kristal quruluşunun dağılması (kristal qəfəsin parçalanması, polyar molekulların ionlaşması), bu zaman həll olan maddələrdə rabitələrin qırılması istiliyin udulması ilə ($\Delta H_{dağ} > 0$) vaş verir 2. Həlledicinin həll olmuş maddə hissəcikləri ilə qarşılıqlı tə'siri (hidratlaşma) istiliyin ayrılması ilə ($\Delta H_{hidrat} < 0$) baş verir; 3. Hidratlaşmış hissəciklərin həlledicinin həcmində paylanması (diffuziya) baş verir ki, bu zaman $\Delta H_{dif} = 0$ olur.

Əgər $\Delta H_{hidrat} > \Delta H_{dağ}$ olarsa, həllolma ekzotermik, əksinə olarsa endotermik olur. Maddənin bir molu həll olduqda ayrılan və udulan istiliyin miqdarına *həllolma istiliyi* deyilir.

Nümunəvi məsələ həlli

Misal 1. Mis-kuporosunda $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ mis-2-sulfatın kütlə payını tapın.

Həlli:

$$M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)=250 \text{ q/mol}$$

$$M(CuSO_4)=160 \text{ q/mol.}$$

$$W(CuSO_4)=\frac{M(CuSO_4)\cdot 100\%}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)}=\frac{160\cdot 100\%}{250}=64\%.$$

Misal 2. 80 q suda 40 q $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ həll edilmişdir. Məhlulda susuz natrium-sulfatın kütlə payını tapın.

Həlli:

Əvvəlcə verilmiş $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ kristallhidratında susuz Na_2SO_4 kütləsini tapaq.

$$M(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O)=322 \text{ q/mol}$$

$$M(Na_2SO_4)=142 \text{ q/mol}$$

Aşağıdakı tənassübü qururuq

322 q $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$-da$\rightarrow$142 q Na_2SO_4 vardır.

40 q $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$-da$\rightarrow$X q Na_2SO_4 olar.

$$X=\frac{40\cdot 142}{322}=17,6 \text{ q } Na_2SO_4.$$

Məhlulun ümumi kütləsi 80+40=120 q-dır.

Susuz natrium-sulfatın kütlə payını aşağıdakı kimi hesablayırıq.

$$W(Na_2SO_4)=m(Na_2SO_4)/m_{məh}\cdot 100\%=17,6\cdot 100\%/120=14,67\%$$

$$W(Na_2SO_4)=14,67\%.$$

Misal 3.Natrium-karbonatın kütlə payı 30% olan 300 ml məhlulu (ρ=1,32 q/ml) buxarlandırdıqda alınan $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ kristallhidratının kütləsini tapın.

Həlli: Əvvəlcə 300 ml həcmində olan məhlulun kütləsini tapaq:

$$m_{məh}=V\cdot \rho=300\cdot 1,32=396 \text{ q.}$$

Sonra isə Na_2CO_3-ın məhluldakı kütləsini tapaq:

$$m(Na_2CO_3)=m_{məh}W(Na_2CO_3)/100=396\cdot 30/100=118,8 \text{ q.}$$

$$M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)=286 \text{ q/mol}$$

$M(Na_2CO_3)=106$ q/mol

106 q Na_2CO_3-dən $\rightarrow$286 q $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ əmələ gəldiyindən

118,8 q Na_2CO_3-dən $\rightarrow$X q $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ əmələ gələr.

$$X=\frac{118,8 \cdot 286}{106}=320,54 \text{ q.}$$

$m(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)=320,54$ q.

VII fəsil

ATOM NÜVƏSİ VƏ NÜVƏ ÇEVRİLMƏLƏRİ

Atom nüvəsi

Atomun özəyi olan nüvə onun əsasını təşkil edir. Nüvə, atomun demək olar ki, bütün enerjisini özündə saxlamaqla yanaşı onun kimyəvi fərdiliyini də tə'min edir. Kimyəvi çevrilmə proseslərində nüvə dəyişilmir. Nüvə, elementlərin kimyəvi xassələrinin müəyyənləşməsində bilavasitə rol oynamır, lakin onların fiziki xassələrinə tə'sir göstərir.

Atomun sferik formada olması təsəvvür edilərsə, müxtəlif elementlərin atomlarının diametri $1\cdot10^{-8}$-$5\cdot10^{-8}$ sm-lə səciyyələnə bilər.Nüvə isə daha kiçik diametrə ($\sim10^{-13}$sm) malikdir. Beləliklə nüvənin diametri atomun diametrindən təxminən 100000 dəfə kiçikdir. Nüvənin ölçüsünün belə kiçik olmasına baxmayaraq, atomun kütləsi əsasən (99,97%-ə yaxın) məhz nüvədə cəmlənir. Elektronun kütləsi ($9,1\cdot10^{-28}$ q) ən yüngül atom olan hidrogen atomu nüvəsinin kütləsindən ($1,67\cdot10^{-24}$ q) təxminən 1840 dəfə kiçikdir.

Nüvənin tərkibi. 1919-cu ildə Rezerford azot nüvəsini α-zərrəciklərlə bombarduman etdikdə, oksigen atomu nüvəsinin və protonların əmələ gəlməsini müşahidə etmişdir. Bu təcrübə nüvənin mürəkkəb quruluşa malik olmasını göstərmişdir. Eyni nəticə Astonun təcrübələrində də alınmışdır. O, müəyyən etmişdir ki, bir çox hallarda eyni bir element atomları çəkisinə görə fərqlənə bilər. Lakin atom nüvəsinin hansı zərrəciklərdən ibarət olması məsələsi yalnız 1932-ci ildə ingilis alimi D.Cedviq tərəfindən neytronun kəşfindən sonra həll edildi.

Neytronun, protonun və atom nüvəsinin kəşfindən sonra, 1932-ci ildə sovet alimləri D.D. İvanenko, E.N.Qapon və onlardan asılı olmayaraq alman alimi V.Heyzenberq atom nüvəsinin proton-neytron nəzəriyyəsini vermişlər. Bu nəzəriyyəyə görə atom nüvəsi (hidrogenin yüngül atomu müstəsna olmaqla) proton və neytronlardan ibarətdir.

Proton kütləsi bir olan +1 yüklü, neytron isə kütləsi bir, yüksüz zərrəciklərdir. Buna görə də atom nüvəsinin yükü protonların sayı ilə müəyyən edilir. Neytronlar isə bir "yapışqan" kimi, protonların həcmi çox kiçik olan nüvədə dayanmasını tə'min edir.

Nüvədəki protonların sayı (Z) ilə neytronların sayının (N) cəmi nüvənin kütlə ədədi (A) adlanır və A=Z+N kimi yazılır. Buradan neytronların sayı N=A-Z olur.

Elementin sıra nömrəsi protonların sayını, kütlə ədədi isə proton və neytronların ümumi sayını göstərir.

Proton və neytron bir yerdə *nuklon-nüvə hissəciyi* adlanır.

Nüvə qüvvələri. Nüvədə proton və neytronların qarşılıqlı tə'siri nüvə qüvvələrinin mövcudluğu ilə əlaqədardır.

Nüvə qüvvələrinin təbiəti indiyə kimi tam aydınlaşdırılmamışdır. Nüvə qüvvələri qarşılıqlı Kulon tə'siri qüvvəsi $F_1=K\frac{a_1 \cdot a_2}{r^2}$ ola bilməz, çünki nüvənin tərkib hissəsi olan neytron yüksüzdür. Protonlar isə müsbət yüklü olduğundan, onlar arasında tə'sir edən kulon qüvvəsi isə itələmə qüvvəsidir. Bu qüvvələr qravitasiya qüvvəsi də $F_{qrav}= \gamma\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ ola bilməz, çünki proton və neytronun kütlələri cüzidir. Bu isə öz növbəsində cazibə qüvvəsinin zəif olması deməkdir.

Nüvə maddəsinin son dərəcə yüksək sıxlığa ($\sim 10^{14}$ q/sm^3) malik olması, nüvə qüvvələrinin böyük gücünü göstərir. Məsələn, hesablamalardan aydın olur ki, nüvə qüvvəsi elektromaqnit qüvvəsinə nisbətən yüz dəfələrlə güclüdür. Nüvə qüvvələri yalnız çox kiçik sahədə ($\sim 10^{-13}$ sm) tə'sir göstərir.

Müəyyən şəraitdə nüvədə proton və neytronların bir-birinə qarşılıqlı çevrilməsi baş verir. Bu çevrilmələr (beta) β-parçalanma adlanır: $n \leftrightarrow p + e^-$

Kütlə deffekti. Təcrübələr göstərir ki, nüvənin kütləsi, adətən onun tərkibinə daxil olan proton və neytronların kütlələrinin cəbri cəmindən bir qədər az olur. Nüvə ilə onu təşkil edən zərrəciklərin kütləsi arasındakı fərq kütlə deffekti adlanır. Məsələn, helium ($_2He^4$) nüvəsinin kütləsi 4,001506-ya bərabərdir. Halbuki, iki proton (2·1,007276=2,014552) və iki neytronun /2. 1,008665=2,017330/ kütlələrinin cəmi 4,031882-dir. Buradan kütlə deffekti 4,031882-4,001506=0,030376 olur.

Nüvənin nuklonlardan əmələ gəlməsi zamanı meydana çıxan kütlə deffekti müvəmin kütləsi ilə enerji arasındakı Eynşteyn asılılığına $E=\Delta mc^2$ əsasən müvafiq miqdarda enerji ayrılmasına səbəb olur. Burada m-kütlə, c-işığın vakuumdakı sür'əti olub, $3\cdot10^8$ m/san-yə bərabərdir.

Məsələn, helium nüvəsinin nuklonlardan əmələ gəlməsi zamanı meydana çıxan 0,030376 kütlə deffektinə müvafiq olaraq $28,2\cdot10^6$eV enerji ayrılır.

Nüvənin bölünmə prosesi, həmçinin kütlə deffektinin meydana çıxmasına səbəb olur. Bu halda da $E=\Delta mc^2$ asılılığına müvafiq olaraq, enerji ayrılır. Məsələn, V^{235}-in kiçik sürətli neytronlarla bombardumanı nəticəsində $206,46\cdot10^6$eV enerjiyə müvafiq olan 0,2218 kütlə deffekti yaranır.

Kütlə deffekti nüvədə nuklonların rabitə enerjisindən asılıdır. Buna görə də nüvənin rabitə enerjisini xarakterizə etmək üçün ondan istifadə edilir. Hər bir nuklona düşən rabitə enerjisinə nuklonların rabitə enerjisi deyilir.

Orta nüvə enerjisi nuklonların sayından asılı olaraq əvvəlcə artır (kütlə ədədi 60-a yaxınlaşdıqda maksimum qiymət – 8,7 MeV alır), sonra azalaraq A>200 olan ağır nüvələrdə 7,5 MeV-ə qədər olur.

Orta rabitə enerjisi, həmçinin, nuklonlar sayının tək və ya cüt olmasından da asılıdır. Məsələn, tək sayda nuklonlara malik $_3Li^6$, $_5B^{10}$ və i.a. üçün rabitə enerjisinin qiyməti minimum, cüt sayda nuklonlara malik olan $_2He^4$, $_6C^{12}$, $_8O^{16}$ və i.a. üçün isə maksimum təşkil edir.

Bir nuklona düşən rabitə enerjisinin nuklonların sayından asılılığı göstərir ki, ağır nüvələr bir neçə yüngül nüvəyə parçalana bilər və əksinə,yüngül nüvələr birləşərək, bir ağır nüvə əmələ gətirə bilər. Hər iki halda yeni alınan nüvələr əvvəlkilərə nisbətən möhkəm olur və bu vaxt çoxlu miqdarda enerji ayrılır. Qeyd etmək lazımdır ki, nüvələrin bölünməsi əsasında atom enerjisinin və nüvələrin sintezi

əsasında istilik nüvə enerjisinin əldə edilməsi onların bu xassəsinə əsaslanmışdır.

İzotoplar, izobarlar, izotonlar. İzomerlər və güzgü nüvələr

Eyni bir element atomlarının nüvəsində eyni sayda proton olur, lakin onlar bir-birindən neytronların sayı və müvafiq olaraq kütlə ədədləri ilə fərqlənə bilərlər.

Nüvənin kütlə ədədinin qiymətindən, proton və neytronların sayından asılı olaraq atomların nüvələri müxtəlif olur.

Nüvələrinin yükü eyni, kütlə ədədləri müxtəlif olan atom növlərinə izotoplar deyilir.

Yunanca "isos" - eyni, "topos" -yer deməkdir.

İzotoplar elementlərin dövri sistemində eyni xanada yerləşir. Nüvənin yükü ədədi qiymətcə elementin dövri sistemdəki sıra nömrəsinə bərabərdir.

Hər bir izotop iki kəmiyyətlə-kütlə ədədi və sıra nömrəsi ilə xarakterizə olunur.Kütlə ədədi elementin işarəsinin yuxarı, sol tərəfində, sıra nömrəsi isə aşağı sol tərəfində göstərilir. Məsələn, kütlə ədədi 11 və sıra nömrəsi 6 olan karbon atomunun izotopu belə yazılır: ${}_{6}{}^{12}C$ və ya ${}^{12}C$. İzotopların mövcud olmasının nəticəsidir ki, mə'lum olan atom növlərinin sayı elementlərin dövri sistemindəki sayından çoxdur və əksər elementlərin nisbi atom kütləsi kəsr ədədlərlə ifadə olunur (orta qiyməti).

Karbonun, xlorun və hidrogenin izotopları: ${}_{6}{}^{12}C$, ${}_{6}{}^{14}C$, ${}_{17}{}^{35}Cl$, ${}_{17}{}^{37}Cl$; ${}_{1}{}^{1}H(P)$, ${}_{1}{}^{2}H(D)$, ${}^{3}H(T)$ şəklində göstərilir.

Kimyəvi elementlər mono- və poliizotoplu olur. F, Na və Al elementlərinin bir, oksigenin 3, qalayın 10 izotopu vardır.

Elementlərin əksəriyyəti poliizotopludur və onların həm stabil, həm də radioaktiv izotopları ola bilər. Hazırda 1500 radioaktiv, 280 stabil izotop mə'lumdur.

İzotoplar eyni elementə məxsus atom növü olduqlarından onların kimyəvi xassələri eyni, bir sıra fiziki xassələri isə müxtəlif olur. Qeyd etmək lazımdır ki, yüngül element izotoplarının bə'zi kimyəvi xassələri də bir-birindən fərqlənir.

Ona görə də elementin başlıca xarakteristikası atom kütləsi deyil elementin sıra nömrəsinə bərabər olan nüvənin müsbət yüküdür (Z).

Buradan belə çıxır ki, hər bir elementin bütün izotoplarının elektron quruluşu eynidir.

Eyni element izotopları eyni kimyəvi işarəyə malik olur. Bu cəhətdən yalnız sıra nömrələri 1 və 86 olan elementlərin izotopları müstəsnalıq təşkil edir. Bu elementlərin hər birinin müstəqil adı və kimyəvi işarəsi olan üç izotopu vardır:

$_1H^1$-protium (adi hidrogen atomu)
$_1D^2$-deyterium (ağır hidrogen atomu)
$_1T^3$-tritium (daha ağır hidrogen atomu).
$_{86}Rn^{222}$ -radon; $_{86}Th^{220}$-toron; $_{86}An^{221}$-aktinon

İzotoplar davamlı ($_1{}^1H$, $_1{}^2H$, $_6{}^{12}C$, $_8{}^{16}O$, $_{15}{}^{32}P$) və davamsız ($_1{}^3H$, $_6{}^{14}C$, $_{15}{}^{30}P$) olur. Davamsız izotoplar radioaktiv olurlar, yə'ni α və ya β hissəcikləri buraxmaqla radioaktivliyə mə'ruz qalırlar.

Radioaktiv izotoplar təbii ($_1{}^3H$, $_6{}^{14}C$) və sün'i ($_{15}{}^{30}P$, $_{27}{}^{60}Co$) olurlar. İzotoplar, bioloji tədqiqatlarda nişanlanmış atomlar kimi (təbabətdə, kənd təsərrüfatında), kimyəvi tədqiqatlarda reaksiyaların mexanizminin öyrənilməsində, radiasiya terapiyasında, nümunələrin yaşının tə'yin edilməsində istifadə olunur.

Hər bir kimyəvi elementin bir neçə izotopu olduğundan müxtəlif elementlərin bə'zi atomlarının ədədləri bir-birinə bərabər ola bilər. Ar, K, Ca elementlərinin kütlə ədədləri 40 olan izotopları mə'lumdur.

Nüvə yükləri müxtəlif, kütlə ədədləri eyni olan atom növlərinə izobarlar deyilir.

Yunanca "baros" - çəki, izobar - eyni çəkili deməkdir. Məsələn, $_{18}{}^{40}Ar$, $_{19}{}^{40}K$, $_{20}{}^{40}Ca$ kimi atom növləri izobarlardır.

Hazırda izobarların 59 ikili və 6 üçlü qrupu mə'lumdur.

$_{18}{}^{40}Ar$, $_{19}{}^{40}K$, $_{20}{}^{40}Ca$; $_{30}{}^{70}Zn$, $_{32}{}^{70}Ge$; $_{50}{}^{124}Sn$, $_{50}{}^{124}Te$, $_{54}{}^{124}Xe$

Bu qruplarda davamlı izobarların sıra nömrəsi bir-birindən iki vahid fərqlənir.İki qonşu elementin izobarlarından biri isə, adətən, radioaktiv olur. Məsələn, $_{44}{}^{99}Ru$-davamlı, $_{43}{}^{99}Tc$-radioaktivdir.

Nüvədə protonların sayı müxtəlif olduğu üçün izobarlar kimyəvi xassəcə fərqlənir.

Neytronlarının sayı eyni olan müxtəlif element atomlarına izotonlar deyilir.

$_{54}{}^{136}Xe(54p,82n)$, $_{56}{}^{138}Ba(56p,82n)$, $_{57}{}^{139}La(57p,82n)$.

Eyni sayda protonu və neytronu olan, lakin enerqetik hallarının müxtəlifliyi ilə əlaqədar olaraq, fiziki xassələrinə görə bir-birindən

fərqlənən radioaktiv nüvələrə izomerlər deyilir. İzomerlərin yarımparçalanma dövrləri müxtəlif olur. Məsələn, $_{35}{}^{80}Br$ nüvəsinin iki izomeri vardır. Onlardan birinin yarımparçalanma dövrü 18 dəqiqə, digərininki isə 4,4 saatdır.

Atom nüvəsinin modeli və nüvələrin dövrü sistemi

Hazırda atom nüvəsinin quruluşunu izah edən ümumi fundamental nəzəriyyə yoxdur. Lakin nüvə quruluşunun bir sıra modelləri irəli sürülmüşdür ki, onların vasitəsilə də nüvənin bə'zi xassələri izah oluna bilər. Müasir nüvə fizikasında başlıca olaraq, aşağıdakı modellərdən istifadə edilir. Tərkib nüvə modeli, təbəqəli model, ümumi model və optik model. Bunlardan təbəqəli model daha geniş yayılmışdır.

Nüvə quruluşunun təbəqəli modelinin yaranmasında alman alimləri Haksel, İensen, Zyuss və amerika alimi Mariya Gepsert-Meyer xüsusi rol oynamışdır.

Təbəqəli model nəzəriyyəsinə görə atomda elektronlar müəyyən ciddi qanunauyğunluq əsasında energetik səviyyələr üzrə paylandığı kimi, proton və neytronlar da nüvədə nizamsız halda deyil, həmçinin, müəyyən energetik səviyyələr üzrə paylanır. Buna əsasən elementlər sıra nömrələrinin artım istiqaməti üzrə yerləşdikdə, ciddi müəyyən dövrlər təşkil etdiyi kimi, nüvələr də özünəməxsus tərzdə dövrlər yarada bilər. Həm də dövri sistemdə ayrı-ayrı dövrləri qapayan elementlərin yüksək davamlılığa görə fərqlənməsinə uyğun olaraq, öz dövrlərini qapayan nüvələr də daha davamlı olmalıdır.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, hazırda təxminən 1500 nüvə növü mə'lumdur. Bunlardan nuklonlarının sayı, 2,8,14,28, 50,82,114,126 və 184-ə bərabər olan nüvələr özlərinin yüksək davamlılığı ilə fərqlənir . Güman edilir ki, nuklonların göstərilən sayları nüvədə tamamlanmış energetik səviyyələrə müvafiq gəlir.Nüvənin davamlılığının tə'mini ilə əlaqədar olan bu rəqəmlər "sehirli" ədədlər adlanır. "Sehirli" nüvələr yalnız protonların sayı ($_{28}$Ni(28p)), $_{50}$Sn(50p), $_{82}$Pb(82p) yalnız neytronların sayı $_{38}{}^{88}$Sr(50n), $_{56}{}^{138}$Ba(82n), $_{57}{}^{139}$La(82n) eyni vaxtda həm proton və həm də neytronların sayı $_{4}{}^{56}He(2p2n)$, $_{8}{}^{16}$O(8p,8n), $_{14}{}^{28}$Si(14p,14n), $_{20}{}^{40}$Ca(20p,20n), $_{82}{}^{208}$Pb(82p,126n) ilə əlaqədar olaraq meydana çıxa bilər. Hər iki nüvə hissəciyinin sayına görə "sehirli" ədədi olan nüvələr ikiqat

"sehrli" ədədə malik nüvələr adlanır. İkiqat "sehrli" ədədə malik olan nüvələr digər "sehrli" ədədli nüvələrə nisbətən daha yüksək davamlılığa malik olur. Məsələn, helium nüvəsinin çox yüksək davamlılığı, oksigen və silisium elementlərinin təbiətdə geniş yayılması və s. onların nüvələrinin ikiqat "sehrli" ədədə malik olması ilə bilavasitə əlaqədardır.

Yuxarıda qeyd edilənlərlə əlaqədar olaraq, son illərdə nüvələrin dövri sisteminin yaradılmasına dair bir sıra təkliflər irəli sürülmüşdür. Bu təkliflərdə aşağıdakılar nəzərə alınır: elementlərin dövri sistemində bütün dövrlər elektron təbəqələri tamamlanmış atomlarla qapandığı kimi, nüvələrin dövri sistemində də dövrlər, təbəqələri nuklonlarla tamamlanmış nüvələrlə qapanmalıdır. Lakin elektronların energetik səviyyələri ilə nüvənin energetik səviyyələrinin tutumu müxtəlif olduğu üçün müvafiq dövri sistemlərin ayrı-ayrı dövrlərində element və nüvələrin sayı bütün hallarda eyni ola bilməz.

Dövrlər	1	2	3	4	5	6
Element-lərin sayı	2	8	8	18	18	32
Nüvələrin sayı	2	8	8	20	20	40

Davamsız nüvələrin parçalanması. Radioaktivlik.

Təbiətdə rast gəlinən element atomlarının nüvələri davamlı və davamsız (radioaktiv) olmaqla iki qrupa bölünür. Nüvələrin davamlılıq dərəcəsi Bor parametri, yə'ni Z^2 /A nisbətinin qiyməti ilə müəyyən edilir. Bu nisbətin qiyməti 33-dən artıq olduğu bütün hallarda nüvə radioaktiv olur.

Bismut nüvəsi davamlı və radioaktiv elementlər arasında sərhəd təşkil edir, yə'ni bismut davamlı izotopları olan axırıncı elementdir. Dövri sistemdə ondan sonra yerləşən elementlərin hamısının, həmçinin, yüngül iki elementin -Tc, Po bütün izotopları radioaktivdir.

Təbii ağır elementlərin nüvələrinin öz-özünə (xarici tə'sirdən asılı olmayaraq) dağılma prosesi radioaktivlik adlanır.

Radioaktivlik hadisəsini 1896-cı ildə fransız alimi A.Bekkerel kəşf etmişdir. O, müəyyən etmişdir ki, uran duzları gözə görünməyən, həm də müxtəlif materiallardan keçən şüalar buraxır.

Sonradan Mariya və Pyer Kürilər bir çox təbii maddələrdə həmin hadisəni müşahidə etməklə radioaktiv elementlərdən poloniumu və radiumu kəşf etmişdir.

Atomun öz-özünə, gözə görünməz şüalar buraxması hadisəsi radioaktivlik, ayrılan şüalar isə radioaktiv şüalar adlanır. Müəyyən edilmişdir ki, həmin şüalar alfa (α), beta (β), qamma (γ) şüalardan ibarətdir. Radioaktiv parçalanma əksər hallarda müxtəlif (α və γ, β və γ), bə"zən isə eyni növ (α və β) şüaların çıxması ilə müşaiyət olunur.

Radioaktiv parçalanmanın növləri

Alfa (α) dağılma -α-zərrəciklərin ayrılması ilə gedən radioaktiv prosesdir. α-Şüalar müsbət yüklü zərrəciklər selidir və sür'əti 20000 km/san bərabərdir. Bu zaman zərrəciklər tam ionlaşmış helium nüvəsindən ibarətdir. α-zərrəcik şüalandıqda nüvənin yükü iki vahid, kütləsi dörd vahid ($_2^4He$) azalır. Bu halda bir kimyəvi element digərinə çevrilərək dövri sistemdə iki xana sola doğru yerini dəyişir.

k.ə k.ə-4 4 k.ə -kütlə ədədi

$$X \rightarrow Y + He(\alpha)$$

s.n. s.n.-2 2 s.n.-sıra nömrəsi

Məsələn, uran-238 izotopu α-zərrəcik buraxaraq nüvə yükünü iki vahid azaldır və aşağıdakı sxem üzrə torium elementinə çevrilir:

$$_{92}^{238}U \rightarrow _{90}^{234}Th + \alpha(_2^4He)$$

Beta (β) dağılma - β-Şüalar mənfi yüklü zərrəciklər seli kimi elektronlardan ibarətdir və sür'əti işıq sür'ətinə yaxındır. Atom nüvəsi β-zərrəcik şüalandırdıqda onun yükü bir vahid artır, deməli bir element digərinə çevrilərək dövri sistemdə bir xana sağa doğru yer dəyişir, kütlə ədədi isə dəyişmir.

k.ə k.ə.

$$X \rightarrow Y + \beta^-(e^-)$$

s.n. s.n.+1

Məsələn, $_{83}^{214}Bi \rightarrow _{84}^{214}Po + \beta$

β-Dağılma atom nüvəsində neytron və protonların qarşılıqlı çevrilməsi ilə əlaqədardır. Təbii radioaktiv izotoplarda yalnız bir növ β-dağılma, yə'ni elektron (və ya β) dağılma baş verir. Bu zaman

neytronun protona çevrilməsi sayəsində nüvədən elektron və həmçinin neytrino ayrılır:

$$n \rightarrow P + \beta^- + \gamma$$

Mə'lumdur ki, proton, neytron və elektron eyni spin ədədi qiymətinə 1/2 malikdir. Buna görə də neytronun protona çevrilməsinin $n \rightarrow P + e^-$ sxemi üçün spinin saxlanması tə'min oluna bilməz. Çevrilməyə qədər neytronun spini 1/2, çevrilmədən sonra isə proton və elektronun birgə spini vahidə və ya sıfıra bərabər olur. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün Paulinin neytrino kimi zərrəciklərin mövcudluğu haqqında irəli sürdüyü təklif əsasında qəbul olunur ki, β-dağılma zamanı nüvədən elektronlarla birlikdə yüksüz başqa bir zərrəcik-neytrino ("kiçik neytron") buraxılır. Bu zərrəciyin spini 1/2 olub, sükünət kütləsi sıfra yaxındır. Beləliklə, β-dağılma zamanı nüvədən ayrılan enerji iki zərrəcik-elektron və neytrino arasında paylanır.

β-dağılma neytronun protona çevrilməsi ilə əlaqədar olduğundan, neytron artıqlığına malik olan izotoplar üçün səciyyəvidir. Bununla əlaqədar olaraq, β-dağılma hər bir elementin ən ağır radioaktiv izotopunda müşahidə edilir.

$$_{83}{}^{210}Bi \rightarrow {}_{84}{}^{210}Po + \beta^- + \nu; \qquad {}_{90}{}^{234}Th \rightarrow {}_{91}{}^{234}Pa + \beta^- + \nu$$

1938-ci ildə Alvarets β-dağılmanın K-zəbtetmə adını almış xüsusi bir halını müşahidə etmişdir ki, bu hadisə də nüvə tərəfindən ona ən yaxın elektron təbəqəsindən (K təbəqədən) elektronun zəbt edilməsi (qeyri-ixtiyari mənimsənilməsi) ilə əlaqədardır. Bu vaxt nüvənin bir protonu neytrona çevrilir və eyni zamanda neytrino ayrılır:

$$P + e^- \rightarrow n + \nu$$

K-zəbtetmə nəticəsində nüvənin yükü bir vahid azaldığı üçün yeni əmələ gələn element dövri sistemdə başlanğıc elementin sol qonşu xanasını tutur:

$$_{19}{}^{40}K + e^- \rightarrow {}_{18}{}^{40}Ar + \nu$$

Radioaktiv dağılmanın K-zəbtetməni xatırladan və pozitron (β-zərrəcik) ayrılması ilə gedən başqa bir növü də vardır. β- dağılma (bunu 1933-cü ildə Jolio və İren Kürilər kəşf etmişlər) protonun

neytrona çevrilməsi ilə əlaqədar olduğundan o, nüvələrində neytronlarının sayı nisbətən az olan elementlər üçün səciyyəvidir:

$$P \rightarrow n+\beta^{+}+\nu$$

$$_{6}{}^{11}C \rightarrow {}_{5}{}^{11}B+\beta^{+}+\nu$$

Beləliklə, β- dağılma nəticəsində əmələ gələn element, həmçinin, başlanğıc elementin dövri sistemdə sol qonşu xanasını tutur.

Qamma(γ) - şüaların ayrılması

γ-Şüalar qısa elektromaqnit dalğalıdır. Adətən, α və β parçalanma prosesləri yeni şüalanma ilə müşaiyyət olunur. γ-şüalar daha qısa dalğalardan ibarət olduğu üçün rentgen şüalarından yüz dəfələrlə artıq enerjiyə malikdir. γ-şüaların ayrılması kimyəvi elementlərin çevrilməsinə səbəb olmur. O, yalnız α və β dağılmanı müşaiyət etməklə, bu vaxt həyəcanlı halda əmələ gələn nüvənin enerjisini azaldır və onu normal hala keçirir.

Öz-özünə (spantan) bölünmə. 1940-cı ildə K.A.Petrjak və Q.N. Flerov nüvənin spantan (öz-özünə) radioaktiv bölünməsini kəşf etmişlər. Ağır elementlər üçün səciyyəvi olan belə çevrilmə nəticəsində, adətən, dövri sistemdə orta xanaları tutan iki elementin nüvəsi əmələ gəlir, ayrılır. Nüvənin spantan bölünməsi ilk dəfə $_{92}{}^{238}U$-də müşahidə edilmişdir. Lakin hazırda ona ağır elementlərin 32 izotopunda təsadüf edilir.

Proton ayrılması. Proton şüalandıran radioaktiv elementin kütlə ədədi və nüvəsinin yükü (sıra nömrəsi) bir vahid azalır $_{92}{}^{235}X \rightarrow {}_{91}{}^{234}Y+{}_{1}{}^{1}P$.

Neytron (n) - şüalanması. Neytron şüalandıran radioaktiv elementlərin kütlə ədədi bir vahid azalır, nüvəsinin yükü (sıra nömrəsi) isə dəyişmir $_{92}{}^{237}X \rightarrow {}_{92}{}^{236}Y+{}_{0}{}^{1}n$.

Radioaktivlik ailəsi. Ağır elementlərin bütün təbii radioaktiv izotopları üç radioaktiv sıra (ailə) əmələ gətirir. Bu sıralardan 1-cisi öz başlanğıcını $_{92}{}^{238}U$-dən ($T_{1/2}=4{,}5\cdot10^{9}$ il, burada, $T_{1/2}$- yarımparçalanma dövrünü, yə'ni radioaktiv atomlarının sayını iki dəfə azalması üçün lazım olan vaxtı göstərir) götürür və uran sırası adlanır.

2-ci sıra (ailə) - $_{90}{}^{232}T_{h}$-dən ($T_{1/2}=1{,}4\cdot10^{10}$ il) başlanır və torium sırası adlanır. 3-cü sıranın başlanğıc elementinin uran izotopundan

$_{92}^{235}U((T_{1/2})=7\cdot10^{8}$ il) ibarət olmasına baxmayaraq, o sıranın üzvlərindən biri olan $_{89}^{227}Ac$-nin adı ilə aktinium sırası adlanır.

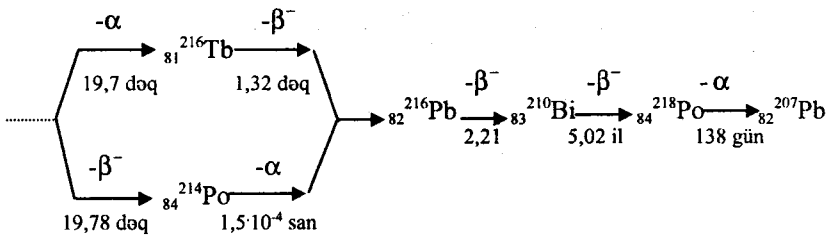
Radioaktiv sıraların başlanğıc elementlərinin yaşama müddəti kifayət dərəcədə uzun olduğu üçün onlar yerin mövcud olduğu təxminən 5 milyard il müddətində aradan çıxmayaraq, indiyə kimi qalmışlar.Dövri sistemdə bismutdan sonra yerləşən elementlərin bütün təbii izotoplarının əmələ gəlməsi $_{92}^{238}U$, $_{90}^{232}Th$ və $_{92}^{235}U$-in radioaktiv dağılması ilə əlaqədardır.Hər bir radioaktiv sıra müəyyən sayda α və β -dağılmaların zəncirindən ibarət olaraq, nəticə e'tibarilə qurğuşunun davamlı izotopları (^{208}Pb, ^{207}Pb, ^{206}Pb) əmələ gələnə kimi davam edir. Uran sırasında baş verən çevrilmələrin tam ardıcıllığı aşağıda göstərilmişdir.

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{-\alpha} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{-\beta} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{-\alpha} {}^{234}_{92}U \xrightarrow{-\alpha} {}^{230}_{90}Th \xrightarrow{-\alpha} {}^{226}_{88}Rh \xrightarrow{-\alpha}$$

4,5·109 il 24,1 gün 1,12 dəq $2,67\cdot10^{5}$ il $8\cdot10^{4}$ il 1622 il

$$\rightarrow {}^{222}_{86}Rn \xrightarrow{-\alpha} {}^{218}_{84}Po \xrightarrow{-\beta} {}^{214}_{82}Pb \rightarrow {}^{210}_{82}Rn\text{-----}$$

3,822 gün 3,05 dəq 26,8 dəq



Nüvə reaksiyaları

Atom nüvələrinin elementar zərrəciklərlə (neytron, proton, α-zərrəcik və ya yüksək sür'ətli başqa nüvələrlə) qarşılıqlı tə'siri nəticəsində birinin digərinə çevrilməsinə nüvə reaksiyaları deyilir. Həmin reaksiyaların tənliyi izotopların və elementar zərrəciklərin simvolu yazılmaqla tərtib edilir. Tənliyin hər iki tərəfində neytron və protonların sayı kütlə ədədlərinin cəmi bərabər olmalıdır.

1. Yüngül nüvələrdə protonun tə'siri ilə nüvə reaksiyaları

kütlə ədədi $\overbrace{{}_{4}{}^{9}Be}^{10}+{}_{1}{}^{1}H\rightarrow\overbrace{{}_{3}{}^{6}Li}^{10}+{}_{2}{}^{4}He$
$\underbrace{\qquad}_{5}\qquad\qquad\underbrace{\qquad}_{5}$

Bu tip nüvə reaksiyalarında yeni nüvə ilə bərabər α-hissəciklər, neytron və qamma şüalar da ayrılır.

$${}_{11}{}^{23}Na+{}_{1}{}^{1}H\rightarrow{}_{12}{}^{23}Mg+{}_{0}{}^{1}n$$
$${}_{4}{}^{9}Be+{}_{1}{}^{1}H\rightarrow{}_{3}{}^{6}Li+{}_{2}{}^{4}He$$
$${}_{7}{}^{14}N+{}_{1}{}^{1}H\rightarrow{}_{8}{}^{15}O+\gamma$$

2. Neytronun tə'siri ilə nüvə reaksiyaları. Bu tip nüvə reaksiyalarında reaksiya nəticəsində yeni radioaktiv element nüvələri ilə bərabər proton, γ-şüalar və α-hissəciklər də ayrılır.

$${}_{7}{}^{14}N+{}_{0}{}^{1}n\rightarrow{}_{6}{}^{14}C+{}_{1}{}^{1}H$$
$${}_{27}{}^{59}Co+{}_{0}{}^{1}n\rightarrow{}_{27}{}^{60}Co+\gamma$$
$${}_{19}{}^{27}Al+{}_{0}{}^{1}n\rightarrow{}_{11}{}^{24}Na+{}_{2}{}^{4}He$$

Neytronların tə'siri ilə γ-şüaların ayrılması ilə baş verən nüvə reaksiyaları neytron tutulması adı ilə mə'lumdur. Bu halda nüvə neytronu tutur və heç bir hissəcik ayırmır. O, yalnız γ-şüalar buraxır. Neytron tutulması radioaktiv kobaltdan ^{60}Co, davamlı kobalt ^{59}Co alınması üçün istifadə edilir.

3. α-hissəciklərin tə'siri ilə nüvə reaksiyaları.

$${}_{7}{}^{14}N+{}_{2}{}^{4}He\rightarrow{}_{8}{}^{17}C+{}_{1}{}^{1}H$$
$${}_{13}{}^{27}Al+{}_{2}{}^{4}He\rightarrow{}_{15}{}^{30}P+{}_{0}{}^{1}n$$
$${}_{83}{}^{209}Bi+{}_{2}{}^{4}He\rightarrow{}_{85}{}^{211}At+2\,{}_{0}{}^{1}n$$
$${}_{92}{}^{238}U+{}_{2}{}^{4}He\rightarrow{}_{94}{}^{211}Pu+{}_{0}{}^{1}n$$

α-hissəciklərlə nüvə reaksiyalarında, reaksiya nəticəsində proton və neytronlar ayrılır.

4. Deyteriumla nüvə reaksiyaları. Bu tip reaksiyalarda proton və neytron ayrılır.

$${}_{15}{}^{31}P+{}_{1}{}^{2}H\rightarrow{}_{15}{}^{32}P+{}_{1}{}^{1}H$$
$${}_{13}{}^{27}Al+{}_{1}{}^{2}H\rightarrow{}_{14}{}^{28}Si+{}_{0}{}^{1}n$$

5. Ağır ionlarla nüvə reaksiyaları.

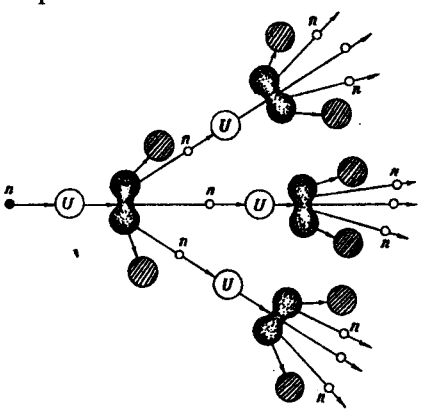
$${}_{94}Pu+Ca\rightarrow({}_{114}E)+X\cdot{}_{0}{}^{1}n$$
$${}_{90}Th+{}_{36}Kr\rightarrow({}_{126}E)+X\cdot{}_{0}{}^{1}n$$

6. Fotonların iştirakı ilə nüvə reaksiyaları.

$$_{29}{}^{63}Cu+\gamma\rightarrow{}_{29}{}^{62}Cu+{}_{1}{}^{1}n$$
$$_{13}{}^{27}Al+\gamma\rightarrow{}_{12}{}^{26}Mg+{}_{1}{}^{1}H$$

7. Zəncirvari nüvə reaksiyaları. Nüvə reaksiyalarının bir növü də neytronların tə'siri ilə ağır atom nüvələrinin qəlpələrə parçalanmasıdır. $_{92}{}^{235}U$-izotopuna süreti yavaşıldılmış neytronlarla tə'sir etdikdə onun nüvəsi qəlpələrə bölünür və 2-3 neytron ayrılır. Hər bir neytron yenidən başqa uran nüvəsini parçalayır və beləliklə, bölünən nüvələrdən ayrılan neytronların sayı həndəsi silsilə ilə artaraq zəncirvari nüvə reaksiyası yaradır və həmin reaksiyada külli miqdarda enerji ayrılır. 1 kq uran parçalandıqda ayrılan enerji 2 mln.kq. daş kömür yandıqda ayrılan enerjiyə ekvivalentdir. Bu səbəbdən də ağır element nüvələrinin neytronlarla parçalanması atom energetikasının əsasını təşkil edir.

Tənzimlənən zəncirvari nüvə reaksiyaları nüvə reaktorları adlanan qurğularda aparılır ki, bundan sülh məqsədi ilə atom enerjisi almaq üçün istifadə edilir. Həmin reaktorlarda alınan enerji atom elektrik stansiyalarının, buzqıran gəmilərin, sualtı qayıqların və s. işləməsində tətbiq olunur.



Əgər zəncirvari nüvə reaksiyalarında zəncirin inkişafı idarə olunmazsa proses praktiki olaraq ani momentdə baş verir və partlayış müşahidə olunur. Atom bombasının tə'siri buna əsaslanır.

Nüvənin (uran, plutonium) bölünməsinin idarə olunan reaksiyaları nüvə reaktorlarında istifadə olunur. Bu zaman enerji istehsal olunur və başqa elementlərin radioaktiv izotopları alınır.

Nüvə reaksiyalarının mühüm növü termonüvə reaksiyalarıdır. Bu reaksiyalar daha ağır atom nüvələrinin sintezi reaksiyalarıdır. Termonüvə reaksiyalarına hidrogen nüvələrindən (protonlardan) helium nüvəsinin sintezini misal göstərmək olar.

$$4\cdot {}_1{}^1H \rightarrow {}_2{}^4He + 2\beta^+$$

Termonüvə reaksiyaları külli miqdarda enerji ayrılması ilə müşaiyyət olunur. Belə ki, hidrogendən heliumun alınması nəticəsində külli miqdarda enerji ayrılır. 1 q hidrogenin heliuma çevrilməsi nəticəsində 6,87 Mev (644 mln.kc.) istilik ayrılır. O, hidrogenin yanması zamanı ayrılan enerjidən 3 mln. dəfə, daş kömürün yanması zamanı ayrılan enerjidən isə 15 mln. dəfə çoxdur.

Termonüvə reaksiyaları çox yüksək temperaturda (milyon dərəcədən çox) baş verə bilər. Toqquşan hissəciklərin yüksək enerjisi ulduzların nüvəsinin güclü qızması zamanı, atom partlayışında və ya güclü qaz ionlaşmasında alına bilər. İstifadə olunmayan termonüvə reaksiyaları praktiki olaraq termonüvə partlayışları zamanı (hidrogen bombası) mövcud olur.

Termonüvə (hidrogen) bombasının reaksiyalarının sxemi:

$$ {}_3{}^6Li + {}_0{}^1n \rightarrow {}_2{}^4He + {}_1{}^3H $$
$$ {}_1{}^3H + {}_1{}^2H \rightarrow {}_2{}^4He + {}_0{}^1n $$
$$ {}_1{}^2H + {}_1{}^2H \rightarrow {}_1{}^2H + {}_1{}^1H + {}_0{}^1n $$
$$ {}_1{}^2H + {}_1{}^2H \rightarrow {}_2{}^4He $$

Bu reaksiyaların baş verməsi üçün lazım olan temperatur ($\sim 10^7$K) və neytronlar, ^{235}U və ^{239}Pu nüvələrin zəncirvari parçalanması zamanı əmələ gəlir. Güclü termonüvə (hidrogen) bombasının partlaması zamanı ayrılan külli miqdarda enerji bir həftə ərzində dünyada istehsal edilən enerjidən çoxdur.

Hal-hazırda alimlər idarə olunan nüvə reaksiyalarının həyata keçirilməsi problemləri üzərində işləyirlər.

Bu problemin həll edilməsi insana tükənməz nüvə daxili enerji ehtiyatından istifadə etməyə imkan verir.

Nüvə çevrilmələrinin qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi, nüvənin xassələrinin nüvə qüvvələrinin təbiətinin tədqiqi və nüvə qurluşu nəzəriyyəsinin yaradılması üçün həlledici əhəmiyyətə malikdir.

Nüvə reaksiyalarının öyrənilməsi böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Yeni elementlərin sintezi

1869-cu ildə D.İ. Menedeleyev dövri qanunu kəşf edərkən cəmisi 63 element mə'lum idi. D.İ. Mendeleyev dövri qanuna əsasən 12 yeni elementin mövcudluğunu söyləmişdir və onlardan 3-nün (Ga, Ge, Sc) xassələrini təsvir etmişdir. Yarım əsr ərzində (1875-1925) D.İ. Mendeleyev dövri cədvəlində urana qədər yerləşən bütün elementlər təbiətdə tapılmışdır.

1925-ci ilə qədər sıra nömrəsi 43, 61, 85 və 87 olan və davamlı izotoplar əmələ gətirməyən elementlər kəşf edilməmiş qalmışdır. İlk dəfə 1937-ci ilə qədər cədvəldə yeri boş qalmış, molibden və civə arasında yerləşən 43-cü element Tc kəşf edilmişdir. Texnesium Tc ilk dəfə molibdenin *deyteriumla* şüalanması ilə alınmışdır.

$$_{42}{}^{98}Mo+_{1}{}^{2}H\rightarrow_{43}{}^{99}Tc+_{0}{}^{1}n \text{ və ya } _{42}{}^{98}Mo(\alpha, n)_{43}{}^{99}Tc$$

1940-cı ildə bismutun α-hissəciklərlə şüalanmasından 85-ci element-astat At alınmışdır.

$$_{83}{}^{209}Bi+_{2}{}^{4}He\rightarrow_{85}{}^{211}At+2\cdot_{0}{}^{1}n \text{ və ya } _{83}{}^{209}Bi\ (\alpha, 2n)\ _{85}{}^{211}At$$

61-ci (prometium Pm) və 87-ci (fransium Fr) elementləri uranın nüvə parçalanması məhsullarında tapılmışdır.

Transuran elementlərinin sintezi üçün enerjisi 30-40 MeB olan neytron, deytron; α-hissəciklər və enerjisi 130 MeB olan çoxyüklü ionlar ($^{10}B^{+3}$, $^{12}C^{+4}$, $^{14}N^{+5}$, $^{16}O^{+6}$, $^{22}Ne^{10+}$) iştirak edən reaksiyalardan istifadə edilir.

Transuran elementlərinin sintezi və öyrənilməsi haqqında müvəffəqiyyətlər, əsasən, Q. Siborqun rəhbərliyi ilə amerikanın Kaliforniya universitetinin alimlərinin (Berkli) və Q.N. Flerovun rəhbərliyi ilə Dubna şəhərindəki birləşmiş nüvə tədqiqatları institutunun alimlərinin işi ilə bağlıdır.

Transuran elementlərinin nüvəsinin yükünün artması ardıcıllığı ilə yarımparçalanma dövrü tez azalır. Belə ki, Pm-un daha davamlı izotopunun yarım parçalanma dövrü 70 milyon il, Bk-7000 il, Es-2 il, Md-80 gündür. Kurçatoviumun $_{104}Ku$ yarımparçalanma dövrü 70-0,1 san, nilsborium $_{105}Ns$ üçün 40-1,5 san, 106-cı element üçün 1-0,001 san, 107-ci element üçün isə millisaniyədən ibarətdir. Belə çıxır ki, növbəti atom nömrəli elementlərin yarım parçalanma dövrü daha qısa olmalıdır və demək olardı ki, dövri sistemin aşağı sərhədi 106-108-ci elementlər arasında olmalıdır. Lakin elə nəzəri əsaslar vardır ki,

onlara əsasən hesab etmək olar ki, ifrat ağır elementlər arasında Z=114 və 126, N=184 "sehirli" ədədləri olan yüksək davamlı nüvələr olmalıdır. Beləliklə, hesablamalara görə ikiqat "sehirli" ədədə malik $_{114}^{298}E$(114 p, 184n) və $_{126}^{310}E$(126 p, 184n) nüvələrin yarımparçalanma dövrü 10^6-10^7 ildir. Ona görə də sıra nömrəsi 114 olan elementin sintezi, 114 və 126-cü elementin təbiətdə mövcudluğunun axtarışı haqqında tədqiqat işləri aparılır.

114 və 126-cı elementlərin sintezinin aşağıdakı yolu mümkündür.

$$_{94}Pu+_{20}Ca\rightarrow(_{114}E)+X\cdot_0^1n$$

$$_{90}Th+_{36}Kr\rightarrow(_{126}E)+X\cdot_0^1n$$

Kimyəvi elementlərin təbiətdə yayılması. Ulduzların enerji mənbələri və kəinatda elementlərin təkamülü.

Nüvə reaksiyalarının və radioaktiv parçalanmanın qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi, kimyəvi elementlərin əmələ gəlməsi və təbiətdə yayılması haqqında nəzəriyyənin yaradılması üçün sual yaradır. Müasir nüvə fizikasının və astrofizikanın nəticələri göstərir ki, elementlərin sintezi və çevrilmələri ulduzların dağılmasının və inkişafının bütün mərhələlərində baş verən qanunauyğun prosesdir.

Təbiətdə nüvələrin əmələ gəlməsi ya yüklü hissəciklərin (elementar hissəciklər və atom nüvələri) bir-biri ilə toqquşması ilə və ya neytronların udulması reaksiyası nəticəsində onların tərkibinin mürəkkəbləşməsi ilə ola bilər. Bu proseslər üçün, şərait ya müxtəlif tip ulduzların dərinliklərində ya da ulduzlar atmosferində vardır.

Ulduzlarda 10-20 milyon dərəcə temperaturda hidrogenin heliuma aşağıdakı sxem üzrə çevrilməsi baş verir.

$$4_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2\beta^+$$

Bu reaksiya - Günəşin və közərmiş ulduzların əsas enerji mənbəyidir.

Başqa tip ulduzlarda 150 mln. dərəcə temperaturda heliumdan karbonun, oksigenin, neonun, maqneziumun, kükürdün, arqonun, kalsiumun və i.a. davamlı izotopunun əmələ gəlməsinin termonüvə reaksiyaları baş verir.

$_2{}^4He(\alpha,\gamma)\ {}^8Be(\alpha,\gamma)\ {}^{12}C(\alpha,\gamma)\ {}^{16}O(\alpha,\gamma)\ {}^{20}Ne(\alpha,\gamma)\ {}^{24}Mg$

Eləcə də proton və neytronların iştirakı ilə bismuta qədər olan elementlərin əmələ gəlməsi reaksiyası baş verir.

Ən ağır elementlərin - uran, torium, transuran elementlərinin əmələ gəlməsi ən yeni ulduzların partlaması zamanı baş verir.

Bu cür partlayışlar zamanı külli miqdarda enerji ayrılır və temperatur 4 milyard dərəcəyə qədər çatır ki, o da ən ağır elementlərin əmələ gəlmə reaksiyalarının baş verməsinə imkan yaradır.

Planetlərin dərinliklərində bu cür yüksək temperatur əmələ gəlmir və deməli ulduzlardakı kimi cürbə-cür nüvə reaksiyaları baş vermir. Yerdə elementlərin çevrilmələri radioaktiv parçalanmaya əsaslanır, hansı ki, 25%-i radioaktiv olan mövcud elementlərin izotop tərkibinin dəyişməsinə səbəb olur.

Laboratoriyada sintez edilmiş bir neçə element (neptunium, plutonium, texnesium və i.a.) yerin dərinliklərində çox az miqdarda tapılmışdır. Görünür ki, nə zamansa onlar xeyli miqdarda olmuşlar, lakin davamsız olduqlarından yox olmuşlar. Hal-hazırda bu elementlər nuvə reaksiyaları nəticəsində və ya başqa elementlərin radioaktiv dağılması məhsulu kimi əmələ gəlir.

Beləliklə, kimyəvi element, eləcə də bütün təbiət, ən kiçik hissəcikdən başlamış, ən böyük cismə qədər, qum dənəciyindən başlamış, günəşə qədər, əbədi yox olur və əmələ gəlir və fasiləsiz hərəkət edir və dəyişir.

Nüvə reaksiyalarına aid nümunəvi məsələ həlli

1. Radioaktiv X elementi birləşmə əmələ gətirərkən X^{+1} halına keçdiyinə görə X elementinin kimyəvi xassəsi, atom radiusu, radioaktivlik xassəsi yoxsa elektron sayı dəyişməz?

Həlli: Radioaktiv elementin əmələ gətirdiyi birləşmə də radioaktiv xassə göstərir. Buna görə X elementi birləşmə halına keçərkən radioaktivlik xassəsini itirməz. X elementi, elementar haldan birləşmə halına keçərkən kimyəvi və fiziki xassələrini dəyişdirir. X elementi X^{+1} halına keçərkən elektron verdiyindən elektron sayı və atom radiusu dəyişir. Deməli, dəyişməyən radioaktivlik xassəsidir.

2. $_{92}{}^{235}U+{}_0{}^1n\rightarrow{}_{36}{}^{91}Kr+{}_{56}{}^{142}Ba+3{}_0{}^1n$

reaksiyası parçalanma, birləşmə, bombarduman yoxsa radioaktiv dağılma nüvə reaksiyasına aiddir?

Həlli: Burada bir element neytronlarla bombarduman edilərək parçalanmış və iki element əmələ gəlmişdir. Bu mə'lumatlara görə verilən reaksiya parçalanma və bombarduman nüvə reaksiyasıdır.

3. $_4{}^9X+_2{}^4He\rightarrow_6{}^{12}Y+_0{}^1n$ reaksiyası üçün:

radioaktiv dağılma olmuşdur, atom kütlələrinin cəmi saxlanmışdır, proton sayı dəyişmişdir, neytron sayı dəyişməmişdir, ifadələrdən hansı səhvdir?

Həlli: Reaksiya tənliyindən görünür ki, atom kütlələrinin cəmi sabitdir 13=13, proton və neytronların sayı da dəyişməmişdir. Reaksiya isə α hissəciklərlə bombarduman reaksiyasıdır. Deməli radioaktiv dağılma ifadəsi səhvdir.

4. Yarımparçalanma müddəti 2 gün olan radioaktiv bir elementin kütləsi 160 qramdır. Bu element 10 qram qalana qədər neçə dəfə yarıya parçalanmalıdır?

Həlii:

$$m_{qal.}=m_{baş}/2^n; \qquad n=t/T_{1/2}$$

m_{qal} - qalan miqdar, $m_{baş}$ - başlanğıc miqdar, n - yarıya parçalanma mərhələlərinin sayı, t - ümumi parçalanma müddəti, T - yarıya parçalanma müddəti.

$$m_{qal}=10 \text{ q}; \qquad m_{baş}=160 \text{ q}.$$

$$10=160/2^n; \quad 2^n=160/10=16; \quad 2^n=2^4; \quad n=4.$$

Deməli 160 q element 10 q qalana qədər 4 dəfə yarıya parçalanmalıdır.

5. Radioaktiv $_{90}{}^{232}Th$ elementi hansı radioaktiv şualanmaya mə'ruz qalmalıdır ki, $_{88}{}^{226}Ra$ elementi əmələ gəlsin?

Həlli:

$$_{90}{}^{232}Th\rightarrow_{88}{}^{226}Ra+_2{}^4He(\alpha)+2_0{}^1n$$

Yəni 1α və 2n şüalandırmalıdır.

6. Yarımparçalanma müddəti 2 gün olan radioaktiv bir elementin 160 q-ı 10 q qalana qədər 4 dəfə yarıya parçalanırsa 150 q-nın tam parçalanmasına neçə gün vaxt sərf olunar?

Həlli:

$$160\text{-}150=10 \text{ q}.$$

$$m_{qal}=m_{baş}/2^n; \qquad 10=160/2^n=>n=4 \text{ dəfə}$$

Deməli, 150 qramın tam parçalanması üçün element 4 dəfə yarımparçalanmalıdır. Onda,

1 dəfə yarımparçalanma üçün → 2 gün lazımdırsa

4 dəfə yarıya parçalanması üçün → X gün lazımdır.

$$X=4\cdot2=8 \text{ gün}$$

və ya $n=t/T_{1/2}$; $4=t/2$; $t=4\cdot2=8$ gün.

Deməli, 150 q radioaktiv elementin tam parçalanması üçün 8 gün vaxt lazımdır.

7. Kütlə ədədi 225, nüvəsinin yükü isə 88 olan radon elementi 2 neytron şüalandırsa əmələ gələn yeni elementin neytron sayı neçə olur?

Həlli:

$$_{88}^{225}Rn \rightarrow {}_{88}^{223}X + 2\,{}_{0}^{1}n$$

$$233-88=135n.$$

Əmələ gələn yeni elementdə 135 neytron vardır.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

1. $_{17}^{35}Cl + {}_{0}^{1}n \rightarrow X + {}_{2}^{4}He$ reaksiyasında əmələ gələn elementin nüvəsinin yükü və kütlə ədədi nə qədər olar?

C a v a b: 15p; A=32.

2. $_{33}^{75}As + X \rightarrow {}_{35}^{78}Br + Y$ nüvə reaksiyasında X və Y hansı şüalardır?

C a v a b: α və n.

3. 7-ci qrupun əsas yarımqrupundakı radioaktiv bir element ardıcıl olaraq 1α və 2β hissəcik şüalandırsa əmələ gələn yeni element dövri sistemdə hansı qrupda yerləşər?

C a v a b: 7A.

4. $_{11}^{23}X + {}_{0}^{1}n \rightarrow Y + \gamma$ reaksiyasında əmələ gələn Y elementlərinin dövri sistemdəki yeri necədir?

C a v a b: 3-cü dövr 1A qrupu.

5. Yarımparçalanma müddəti 20 gün olan bir radioaktiv elementin 80 gün sonra neçə %-i dağılmışdır?

C a v a b: 93,75%.

6. Radioaktiv Ra elementinin yarımparçalanma müddəti 15 gündür. 60 gün sonra Ra elementindən 5 qram qaldığına görə başlanğıcdakı Ra elementi neçə qramdır?

C a v a b: 80 q.

7. Radioaktiv elementin 75%-nin dağılması üçün 15 gün keçdiyinə görə bu radioaktiv elementin yarımparçalanma müddəti neçə gündür?

C a v a b: 7,5 gün.

8. Radioaktiv izotopun 24 gündən sonra başlanğıc miqdarının 1/8-i qaldığına görə bu izotopun yarımparçalanma müddəti neçə gündür?

C a v a b: 8.

9. $_{7}^{14}N+X\rightarrow{}_{8}^{17}O+Y$ nüvə reaksiyasında X və Y hansı hissəciklərdir?

C a v a b: α və p.

10. Radioaktiv X elementinin yarımparçalanma müddəti a gündür. Bu elementin başlanğıcdakı miqdarının 75%-nin parçalanması üçün keçən müddət neçə gündür?

C a v a b: 2a.

11. $_{5}^{10}X+\alpha\rightarrow{}_{7}^{13}Y+{}_{0}^{1}n$ nüvə reaksiyasında X elementinin Y elementinə çevrilməsi zamanı proton (p) və neytronların sayı necə dəyişir?

C a v a b: protonların sayı 2 ədəd, neytronların sayı isə 1 ədəd artmışdır.

Atomun elektron qurluşu

Hələ eramızdan əvvəl yunan təbiətşünasları "atom" anlayışından istifadə etmişlər. Onlar ilk dəfə atomu gözlə görünməyən bölünməz zərrəcik hesab etməklə, maddənin atomlardan ibarət olmasını söyləmişlər.

XIX əsrin sonu, XX əsrin əvvələrinə qədər atom bölünməz hesab edilirdi, lakin həmin dövrlərdə fizika və kimya sahəsindəki kəşflər göstərdi ki, atom mürəkkəb mikrosistem olub parçalanandır.

XIX əsrin sonu və XX əsrin əvvələrində fizika və kimya elmlərinin coşğun inkişafı sayəsində əldə edilən bir sıra kəşflər (rentgen şüalarının və elektronun kəşfi, ağır element atomlarında öz-özünə baş verən radioaktiv parçalanmanın müşahidəsi, elementlərin optik spektrlərinin öyrənilməsi, elektroliz hadisəsi, şüalanmanın kvant nəzəriyyəsinin yaranması və s.) atomun bölünməzliyi haqqındakı təsəvvürlərə son qoydu və sübut etdi ki, atom elementar hissəcik olmayıb, özünəməxsus mürəkkəb qurluşa malikdir. O, müəyyən kütlə və spinlə (hərəkət miqdarının məxsusi mexaniki momenti) səciyyələnən üç cür elementar hissəcikdən - elektron, proton və neytrondan təşkil olunmuşdur. Proton və neytronun kütləsi təxminən eyni olub vahidə bərabər, elektronun kütləsi isə onların kütləsindən 1840 dəfə kiçikdir.

Deməli, atomun kütləsi praktiki olaraq proton və neytronların kütlələri cəmindən ibarətdir.

Atomun həqiqi kütləsi, elementin nisbi atom kütləsinin Avaqadro ədədinə bölünməsi ilə tapılır.

$$m=Ar/N_A; \qquad N_A=6{,}02\cdot10^{23}$$

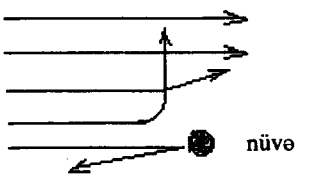
Beləliklə, müxtəlif element atomları tərkibində elementar zərrəciklərin olması müəyyən edilsə də, atomun qurluşu, yə'ni elektron, proton və neytronun atom daxilində necə yerləşməsi mə'lum deyildi.

Atomun Planetar (Rezerford) modeli

Atomun ilk modelini C.Tomson 1904-cü ildə irəli sürmüşdür. Tomson modelində atoma onun həcmi boyu bərabər paylanmış müsbət yüklərdən və elektronlardan ibarət olan bir sistem kimi baxılırdı. Lakin atomun Tomson modeli özünü doğrultmadı.

Atomun qurluşunun müasir nəzəriyyəsinin yaranmasında ingilis alimi Ernest Rezerfordun atomun planetar modeli (1911) və Danimarka alimi Nils Borun atomun elektron qurluşu haqqındakı postulatları (1913) mühüm rol oynamışdır.

Rezerford müxtəlif metallardan (qızıl, platin, gümüş, mis) hazırlanmış nazik ~ 0,0004sm) lövhədən α-zərrəciklərin paralel dəstəsini buraxmış və onların metaldan keçərkən hərəkət istiqamətlərinin necə dəyişdiyini izləmişdir (şəkil 2).



Şəkil 2. α–hissəciklərin səpələnməsi

Mə'lum olmuşdur ki, α-zərrəciklərin əksəriyyəti metal lövhələrdən düz keçir, çox az bir hissəsi isə ilk istiqamətini nisbətən böyük bucaq altında dəyişir.

Yüksək kinetik enerjiyə malik olan α-zərrəciklər atom daxilində yalnız böyük qüvvə tə'sirindən böyük bucaq altında səpələnə bilərdi. Belə bir qüvvənin yaranmasına səbəb isə atom daxilində nisbətən böyük kütləli müsbət yüklərin mövcudluğu ola bilər. Bu fikir atomun kiçik ölçülü müsbət nüvədən və bu nüvənin ətrafında atomun ölçüləri ilə müqayisə edilə biləcək məsafədə yerləşmiş elektronlardan ibarət olduğunu söyləməyə imkan vermişdir.

Təcrübədən alınmış bu nəticələrə əsasən Rezerford 1911-ci ildə atomun Planetar modelini təklif etmişdir. Bu modeldə atomun qurluşu Günəş sisteminin qurluşunu xatırladır. Həmin modelə görə atom müsbət yüklü nüvədən və onun ətrafında orbitlər üzrə fırlanan elektronlardan ibarət sistemdir. Müsbət və mənfi yüklərin sayı bərabər olduğundan atom elektroneytral olur. Planetar modelə görə ən sadə atom adi hidrogen atomudur. O, nüvədən və onun ətrafında fırlanan yeganə elektrondan ibarətdir. Bu sistemin dayanıqlı olması üçün klassik mexanikaya əsasən elektron nüvə ətrafında elə sür'ətlə fırlanmalıdır ki, mərkəzdən qaçma qüvvəsi (mv^2/r) elektronu nüvəyə doğru cəzb edən Kulon qüvvəsi (e^2/r^2) ilə tarazlaşa bilsin, yə'ni

$$(mv^2/r)= (e^2/r^2)$$

burada r - orbitin radiusu, m - elektronun kütləsi, e - elektronun və hidrogen atomu nüvəsinin yükü, v – elektronun orbitdə fırlanma sürətidir.

Bu ifadədə e, m və r-in müvafiq ədədi qiymətləri yerinə yazıldıqda, $v=10^8$ sm/san alınır. Deməli, elektronun sür'əti çox böyükdür. Buna müvafiq olaraq, elektronun mərkəzdənqaçma tə'cili də böyük olacaqdır.

$$W=v^2/r=e^2/mr^2\approx10^{24}\ sm/san^2.$$

Elektronun böyük tə'cilli olması atomun Planetar modelinin bir sıra fiziki hadisələrin izahında klassik elektrodinamikanın tələblərini ödəmədiyini göstərir. Məsələn, elektron nüvə ətrafında böyük tə'cillə fırlandıqda fasiləsiz olaraq enerji şüalandırmalı, orbiti tədricən kiçiltməli və nəticədə nüvənin yzərinə düşməlidir. Belə halda atom spektri xətti deyil, bütöv olmalı və ümumiyyətlə, atom dağılmalıdır. Həqiqətdə isə bunlar müşahidə olunmur.

Beləliklə, atomun Planetar modelinin klassik elektrodinamika əsasında təhlili göstərir ki, o dayanıqlı ola bilməz. Halbu ki, materiya maddidir və əbədidir. O, yalnız bir haldan başqa hala keçə bilər.

Hidrogen atomunun qurluşu haqqında Bor nəzəriyyəsi

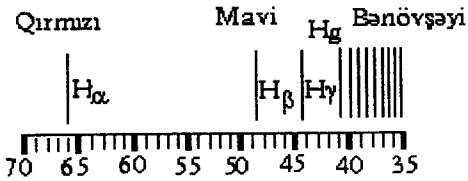
Planetar modelin ziddiyyətlərini aradan qaldırmaq üçün N. Bor hidrogen atomunun qurluşu haqqında nəzəriyyə irəli sürmüşdür. Bu nəzəriyyə atomun planetar modelinə, M. Plankın şüalanmanın kvant nəzəriyyəsinə və atom spektrlərinə əsaslanır.

Plank nəzəriyyəsinə görə atomun şüalandırdığı enerji arası kəsilməz olmayıb, müəyyən hissələrlə (kvantlarla) verilir. Başqa sözlə Plankın kvant nəzəriyyəsinə əsasən atomda elektronların bir energetik haldan digərinə keçidi hν enerjiyə malik kvantların udulması və ya ayrılması ilə əlaqədardır. Bu prinsip kvant mexanikasının əsasını təşkil edir.

Həmin şüalanma diskret xarakter daşıyır və enerjisi belə ifadə olunur: $E=h\nu$. Burada ν- şüanın rəqs tezliyi olub, işıq sür'ətinin (c) dalğa uzunluğuna (λ) nisbətini (c/λ) göstərir, h-Plank sabitidir ($h=6{,}625\cdot10^{34}$ c·san).

Klassik mexanika nöqteyi nəzərindən elektronun nüvə ətrafında hərəkət zamanı elektronun hərəkət sür'əti V-nin və elektronun orbitinin π-in fasiləsiz dəyişməsi mümkündür. Kvant mexanikası isə hərəkətdə olan elektronun enerjisinin yalnız kvantlarla dəyişməsini qəbul edir. Onda enerji kəmiyyətindən asılı olan v və r, həmçinin ,mvr hərəkət miqdarının momenti müvafiq olaraq, sıçrayışla dəyişilməlidir. Buna uyğun olaraq, kvant mexanikasında mvr ifadəsi $(h/2\pi)\cdot n$ ilə əvəz olunur.

Atom qurluşunun öyrənilməsində onun spektrlərinin mühüm əhəmiyyəti vardır. Təcrübədən müəyyən olunmuşdur ki, atom spektrləri arasıkəsilməz, bütöv olmayıb, ayrı-ayrı xətlərdən ibarətdir (şəkil 3).



Şəkil 3. Hidrogen atomunun görünən spektr xətləri.

Hər bir spektr xətti elektronun nüvə ətrafında enerji vəziyyətinə uyğun gəlir və atomun elektron qurluşunu əks etdirir. Bütün bunları nəzərə alaraq, bor, atomun elektron quruluşu haqqında iki postulat vermişdir.

1. Elektron nüvə ətrafında istənilən orbit üzrə deyil, atomun dayanıqlı halını tə'min edən müəyyən orbit üzrə hərəkət edir (şəkil 4). Yə'ni elektron nüvə ətrafında hər hansı deyil, yalnız radiusu $mvr = (h/2\pi)\cdot n$ şərtini ödəyən orbitlər boyunca hərəkət etməlidir. Bu ifadə və Rezerfordun atom modelinin ($mv^2/r = e^2/r^2$) birlikdə həll edildikdə (v nəzərə alınmadan), elektronun enerji şüalandırmadan hərəkət edə biləcəyi dairəvi orbitlərin radiuslarını hesablamaq üçün ümumi düstur alınır.

$$r_n = (h^2/4\pi^2 me^2)\cdot n^2$$

Bu düsturda h, π, m və e-nin mə'lum qiymətləri yerinə yazıldıqda, r_n üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$r_n = n^2 \cdot 0{,}53 \cdot 10^{-8}\ sm = n^2 \cdot 0{,}53A^0$$

Burada baş kvant ədədini göstərən n=1,2,3,4 olur. Onda,

$$r_1 = 1^2 \cdot 0{,}53A^0 = 0{,}53A^0;\ r_2 = 2^2 \cdot 0{,}53A^0 = 2{,}12A^0;$$

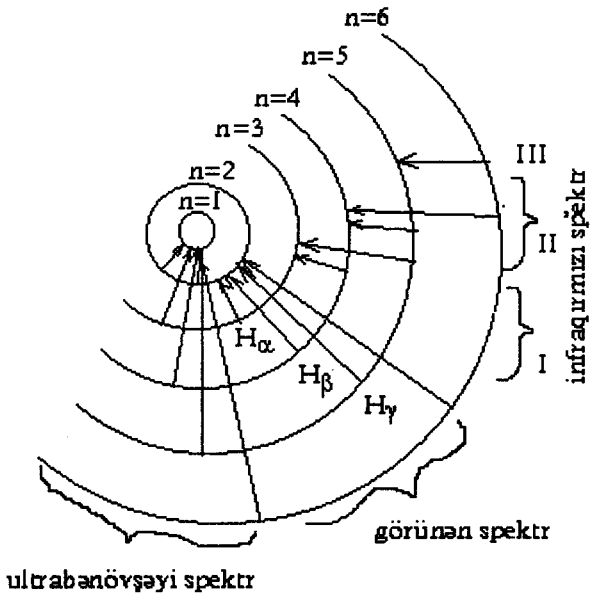
$$r_3 = 3^2 \cdot 0{,}53A^0 = 4{,}77A^0;\ r_4 = 4^2 \cdot 0{,}53A^0 = 8{,}43A^0;$$

Beləliklə, hidrogen atomunda orbitlərin radiuslarının nisbəti sadə tam ədədlərin kvadratlarının nisbəti ilə səciyyələnir:

$$r_1 : r_2 : r_3 : r_4 = 1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2$$

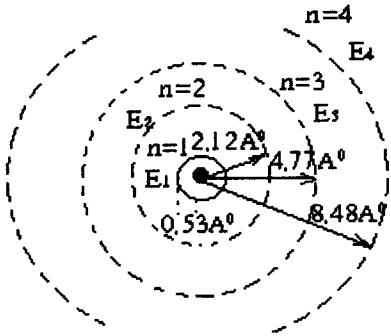
Qazların kinetik nəzəriyyəsindən mə'lumdur ki, atomun "ölçüsü" təxminən 10^{-8}sm tərtibindədir. Deməli, Bor nəzəriyyəsinə

əsasən hidrogen atomunun ölçüsü üçün alınmış qiymət kinetik nəzəriyyəyə görə alınmış müvafiq qiymətə uyğun gəlir.



Şəkil 4. Hidrogen atomunun modeli və spektrlərinin əmələgəlmə sxemi

Elektronun nüvə ətrafında hərəkət etdiyi enerji səviyyələri kvant səviyyələri adlanır. Həmin səviyyələrin enerjisi bir-birindən fərqli olduğu üçün onlar E_1, E_2, E_3.... və s. ilə işarə edilir. Nüvəyə yaxın səviyyənin enerjisi az, uzaq səviyyələrin enerjisi isə çox olur. Atomun minimum enerjiyə uyğun gələn vəziyyəti onun normal halı adlanır. Atom normal halda davamlı olur. Atom şüa udduqda eləcədə yüksək temperaturda, yaxud elektrik sahəsində öz normal halından çıxır, yə'ni elektron enerji alaraq nüvəyə yaxın kvant səviyyəsindən uzaq kvant səviyyəsinə keçir. Atomun yüksək enerjili vəztyyəti onun həyəcanlanmış halı adlanır. Belə halda atom 10^{-10}÷ 10^{-8} san. qalır və enerjisini itirdikdə yenidən normal hala keçir. Borun 1-ci postulatına əsasən hidrogen atomunun kvant modeli şəkil 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 5. Hidrogen atomunun modeli.

2. Elektron stasionar orbitlərdə fırlanan zaman enerji şüalandırmır. O, yalnız bir stasionar haldan digərinə keçdikdə ya enerji şüalandırır, ya da udur. Enerjinin dəyişməsi kvantlarla baş verir və orbitlərin enerji fərqinə bərabər olur: $\Delta E=E_2-E_1=h\nu$.

Beləliklə, elektron atomda bir enerji səviyyəsindən digərinə keçdikdə enerji dəyişikliyi şüalanma və ya udulma ilə baş verir. Belə şüalanmalar gözə görünən Balmer seriyası, həm də görünməyən Layman və Paşen seriyaları adı ilə mə'lumdur (şəkil 4).

Hər şüalanma seriyası bir neçə spektr xətləri əmələ gətirir (şəkil 3).

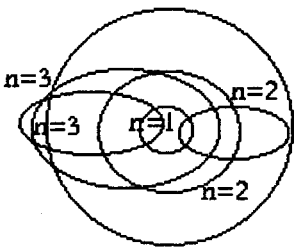
Bor nəzəriyyəsi atomun elektron qurluşunun fundamental xüsusiyyətini - elektronun müxtəlif enerji səviyyələrində paylanmasının diskret kvantlanan xarakterini, atom spektrlərinin əmələ gəlməsi səbəbini və hər bir enerji səviyyəsinin yarımsəviyyələrdən ibarət olduğunu göstərirdi. Lakin bu nəzəriyyə də məhdud xarakter daşıdığından çoxelektronlu atom spektrlərinin multipletliyini (spektrin incə qurluşu) və deməli, onun elektron qurluşunu tam izah edə bilmədi.

Bor nəzəriyyəsi hidrogen və ona bənzər sadə atomların qurluşu haqqında düzgün nəticələr verdiyi halda çoxelektronlu atomlara tətbiq olmur. Bu nəzəriyyə özünü nə ardıcıl klassik nəzəriyyə, nə də tam kvant nəzəriyyəsi kimi göstərə bilmişdir.

Atomun elektron qurluşunu izah edən əvvəlki nəzəriyyələrin əsas çatışmayan cəhətlərindən biri elektronun ikitəbiətli, xüsusilə onun dalğavarı olmasının nəzərə alınmamasıdır.

Əvvəlki nəzəriyyələr elektrona yalnız zərrəcik kimi baxaraq makrosistemlərə xas olan qanunları ona tətbiq edirdilər ki, bu da düzgün nəticə vermirdi. Deməli, atomun elektron qurluşunu və ümumiyyətlə, mikrosistemləri izah edə biləcək yeni nəzəriyyəyə ehtiyac vardır.

Atomun spektr xətlərinin təbiətinin öyrənilməsi zamanı əldə edilən nəticələrə əsasən alman alimi Zemmerfeld 1915-ci ildə müəyyən etmişdir ki, elektronların nüvə ətrafında ellipsvarı orbitlər üzrə hərəkəti də mümkündür və elektron sonsuz sayda nəzəri ellipsvarı orbitlər üzrə deyil, yalnız müəyyən mümkün orbitlər üzrə hərəkət edə bilər (şəkil 6).



Şəkil 6. Bora və Zemmelfeldə görə orbitlərin quruluşu

Elektronların ellipsvarı orbitlər üzrə hərəkəti zamanı elektronla nüvə arasındakı məsafə bütün hallarda eyni olmadığı üçün sür'ət ayrı-ayrı hissələrdə müxtəlif olur. Yə'ni elektron nüvəyə yaxın olduğu anda onların arasındakı qarşılıqlı tə'sir nisbətən güclü, əksinə uzaq olduğu anda isə zəif olur.

Elektronun korpuskulyar-dalğa təbiəti

Elektron haqqında yeni təsəvvürlər işığın korpuskulyar-dalğa təbiətli olmasını izah edən nəzəriyyə ilə əlaqədar yaranmışdır. Mikroaləm haqqındakı elmin müasir inkişaf səviyyəsi hərəkətdə olan hər bir hissəciyin dalğa xassələrinə malik olmasını göstərir. Məsələn, elektromaqnit şüalanmanın (işıq, radiodalğalar, rentgen dalğaları, qamma-şüalar) difraksiyası və interferensiyası onun dalğa təbiətini təsdiq edən ən başlıca əlamətdir.

Kiçik maneələri və ya deşikləri aşanda işığın öz düzxətli yayılma istiqamətindən kənara çıxması işığın difraksiyası adlanır. Mane və ya yarığın ölçüsü dalğa uzunluğu tərtibində olmalıdır.

$$d \cdot \sin f = n \cdot \lambda$$

d - difraksiya qəfəsinin tərtibi (bir yarığın sonundan o biri yarığın sonuna qədər olan məsafə) f- işığın qəfəsə qədər ki, istiqamətlə qəfəsdən keçəndən sonrakı istiqamət arasındakı bucaqdır, λ - dalğa uzunluğudur, n - 1,2,3,4.... tam ədədlərdir.

İki mənbədən koeherent dalğalar yayılanda (koeherent dalğalar dalğa uzunluqları eyni, yollar fərqi isə sabit olan dalğalardır) fəzada görüşərək və bir-birini ya gücləndirir ya da zəiflədir.

Yə'ni interferensiya mənzərəsində maksimum və ya minimum alınır. Maksimumluq şərti:

$$\Delta d = \lambda/2 \cdot (2k+1)$$

k=0,1,2,3.... və s. , Δd-dalğaların yollar fərqidir.

İşığın təzyiqinə dair təcrübələr və fotoelektrik effekti işığa hərəkət edən zərrəciklər - fotonlar seli kimi baxmağa əsas yaradır. Bu da öz növbəsində işığın korpuskulyar təbiətli olmasını təsdiq edir.

1924-1925-ci illərdə fransız fiziki Lui-de-Broyl göstərdi ki, ikitəbiətlilik, yə'ni korpuskul (zərrəcik, foton) və dalğa xassələri nəinki elektromaqnit şüaları, həm də elementar zərrəciklərə xas olan xüsusiyyətdir, o cümlədən elektron müəyyən dalğa uzunluğu yaradır ki, bu da riyazi tənliklə belə ifadə olunur:

$$\lambda = h/mv$$

burada λ - elektronun yaratdığı dalğa uzunluğudur və 10^{-10} m-ə bərabərdir ($\lambda = 10^{-10}$m). Həmin dalğanın uzunluğu atomun ölçüsünə yaxındır. Odur ki, atom daxilində tam sayda elektron dalğasının yerləşməsi mümkündür.

Elektronun dalğa təbiətinin müəyyən edilməsi ilə onun nüvə ətrafında dairəvi və ya ellipsvari hərəkətini ciddi şəkildə qəbul edən atom modelləri təsdiq edilməmişdir.

Elektronun dalğa təbiəti onun atomda nüvəni əhatə edən bütün hissələrdə ola bilməsini göstərir. Lakin bütün hissələrdə onun ehtimalı eyni olmayıb, bə'zi yerlərdə böyük, digər yerlərdə isə kiçikdir.

Elementar zərrəciklərin ikitəbiətliliyi alman alimi V. Heyzenberqin (1925) qeyrimüəyyənlik prinsipinin yaranması üçün zəmin oldu. Bu prinsip atomda elektronun vəziyyətini müəyyən etmədə imkan verir. Qeyri-müəyyənlik prinsipi belə ifadə olunur:

Atomda elektronun sür'ət və vəziyyətini (koordinatlarını) eyni zamanda dəqiq müəyyən etmək qeyri-mümkündür.

Həmin qeyri-müəyyənlik üçün $\Delta X \cdot \Delta v \geq h/m_e$ şərti ödənməlidir.

ΔX - elektronun vəziyyətinin, Δv - onun sür'ətinin qeyri-müəyyənliyini ifadə edən kəmiyyətlərdir, h - Plank sabiti, m - elektronun kütləsidir.

Yuxarıdakı bərabərsizlikdən belə nəticə çıxır ki, elektronun vəziyyət və sür'ətini ifadə edən qeyri-müəyyənliklərin hasili $\Delta X \cdot \Delta v$ heç vaxt h/m_e nisbətindən kiçik ola bilməz.

Elektronun sür'ətinin qeyri-müəyyənliyi Δv nə qədər çox kiçikdirsə onun vəziyyəti (koordinatları) bir oqədər qeyri-müəyyən olar və əksinə, elektronun koordinatlarının qeyri-müəyyənliyi ΔX nə qədər çox kiçikdirsə onun sür'əti də bir o qədər qeyri-müəyyən olacaqdır.

Elektron və ümumiyyətlə, mikrozərrəciklər ikitəbiətli olduğlarından onların hərəkət qanunauyğunluqlarını klassik mexanika izah edə bilmir. Belə zərrəciklər şəraitdən asılı olaraq özlərini qeyri-müəyyən, yə'ni həm korpuskul, həm də dalğa kimi aparır və müəyyən həndəsi formaya malik olmadıqlarından onları əyani təsəvvür etmək çətindir. Atomda elktronun vəziyyəti orbit üzrə hərəkət edən maddi zərrəcik kimi təsəvvür edilmir. Onun nüvəətrafı fəzanın müəyyən hissəsində yerləşməsi statistik ehtimal olunur. Ümumiyyətlə, elementar zərrəciklər nəinki eksperiment vasitəsilə öyrənilir, həm də riyazi abstraksiya yolu ilə dərk edilir və onların vəziyyəti kvant mexanikasında dalğa funksiyası ilə müəyyənləşdirilir.

Şredinger tənliyi. Dalğa funksiyası ψ

Mikrozərrəciklərin hərəkət qanunauyğunluqlarını əks etdirən nəzəriyyə kvant mexanikası və ya dalğa mexanikası adı ilə mə'lumdur. Bu nəzəriyyənin yaranmasında De-Broylun, V. Heyzenberqin, E. Şredingerin, P. Dirakın və başqalarının böyük xidməti olmuşdur.

1926-cı ildə Avstriya fiziki Şredinger atomun elektron qurluşunu və elektronun dalğavarı hərəkətini xarakterizə edən riyazi tənlik vermişdir. Bu tənlik Şredingerin dalğa tənliyi adı ilə mə'lumdur.

Atomda elektronun vəziyyətini müəyyənləşdirmək üçün dalğa funksiyası (ψ) anlayışından istifadə edilir. Bu funksiyanın kvadratı ψ^2 elektronun nüvə ətrafı fəzanın müəyyən hissəsində olması ehtimalını (onun sıxlığını) göstərir.

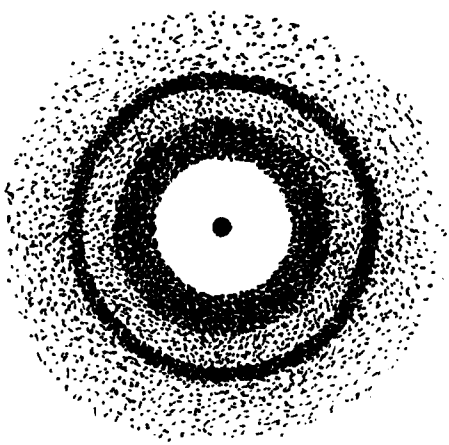
Şredinger tənliyi elektronun fəza koordinatlarının onun dalğa funksiyası və enerjisi ilə əlaqəsini əks etdirir. Bu tənliyin riyazi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$(E-U)\psi+\frac{h^2}{8\pi^2 m}\cdot\Delta\psi=0$$

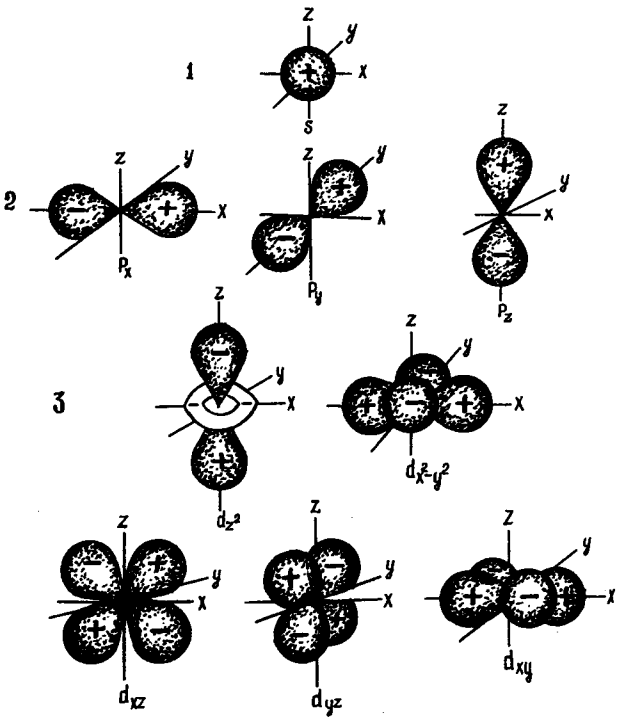
burada E - elektronun tam enerjisi, U - elektronun potensial enerji, m - kütləsi, h - Plank sabiti, Δ - Laplas operatorudur.

Tənliyin həllindən elektronun fəza koordinatlarının (X, Y, Z) funksiyası tapılır ki, bu da dalğa funksiyası adlanır. Dalğa funksiyasının müxtəlif qiymətləri ψ_1,ψ_2,ψ_3..... və s. elektronun enerjisinin diskret qiymətlərini xarakterizə edir.

Kvant mexanikasına görə elektron dalğavarı olduğundan nüvə ətrafında onu elektron buludu halında təsəvvür etmək lazımdır (şəkil 7, 8).



Şəkil 7. Nüvə ətrafında s elektron buludunun müxtəlif kvant halları (atomun kvant mexaniki dalğa modeli).



Şəkil 8. S, p, d elektron buludlarının formaları.

Elektron buludları nüvə ətrafında müxtəlif fəza fiqurları formasında ola bilər. Elektronun ən çox ehtimal olduğu nüvə ətrafı fəza hissəsinə **orbital** deyilir. Əslində "orbital" sözü riyazi anlayış olub, Şredinger tənliyinin həllindən alınan məxsusi dalğa funksiyalarıdır (ψ_1, ψ_2) ki, bunların sayı energetik səviyyələrdə olan orbitalların sayına uyğun gəlir.

Elektron atomda zərrəcik kimi yox, dalğa halında hərəkət etdiyindən əvvəllər traektoriya xəttini xarakterizə edən "orbit" anlayışı elektron buludunu xarakterizə edən "orbital" anlayışı ilə əvəz edilir.

Atomun dalğa modelinin əsas müddəaları aşağıdakılardır:

1. Elementar zərrəciklər şəraitdən asılı olaraq özlərini gah dalğa, gah da zərrəcik kimi aparır və bununla da ikitəbiətli xassə göstərir, məsələn, elektron atom daxilində dalğa, atomdan çıxdıqda isə (ionlaşma zamanı, fotoeffekt hadisəsində) zərrəcik xassəli olur.

2. Atom daxilində elektron dalğavarı olduğundan atomun ölçüsü və forması sabit qalmır. Kvant halından asılı olaraq elektron buludunun forma və ölçüsü dəyişir.

3. Elementar zərrəciklər müəyyən sükunət kütləsinə malikdir. Onların hərəkət sür'əti artdıqca kütlələri də artır. Belə zərrəciklərin hərəkət traektoriyaları xətti deyil, fəzada bulud halında olur.

4. Elementar zərrəciklərin koordinatlarını və sür'ətini eyni zamanda dəqiq ölçmək qeyri-mümkündür (qeyri-müəyyənlik prinsipi). Bu zərrəciklərin ikitəbiətliyi onların həm özlərini ziddiyətli aparmalarına səbəb olur, həm də əyaniliyini çətinləşdirir.

5. Mikroaləm, xüsusilə elementar zərrəciklər klassik fizika qanunlarına tabe olmur, onların özlərinə məxsus qanunauyğunluqları vardır.

6. Kvant obyektlərinin hərəkət qanunauyğunluqları və energetik halları dalğa funksiyası ilə səciyyələnir. Bu funksiya elementar zərrəciklərin fəzanın müəyyən hissəsində olmaq ehtimalını hesablamağa, orbitalların formasını və elektron sıxlığını müəyyən etməyə imkan verir.

7. Mikrosistemlər elementar zərrəciklərin energetik halı kvantlanandır, yə'ni onların enerjiləri istənilən yox, yalnız diskret qiymətlər ala bilər.

Atom orbitalları və Kvant ədədləri.

Atomda elektronların energetik halı 4 kvant ədədi ilə müəyyən edilir:

1. Baş kvant ədədi n kvant səviyyələrinin radiusunu və həmin səviyyələrdə elektronların ümumi enerjisini müəyyən edir. Baş kvant ədədinin qiymətinin artması ilə elektronun enerjisi artır. Baş kvant ədədi natural qiymətlər alır, n=1,2,3..... Baş kvant ədədinin qiyməti ilə tə'yin olunan elektronun vəziyyəti elektronun atomda energetik səviyyəsi adlanır. Baş kvant ədədi elektron buludunun ölçüsünü tə'yin edir. Baş kvant ədədinin qiyməti nə qədər böyükdürsə elektron buludu da bir o qədər böyükdür. Eyni baş kvant ədədi ilə xarakterizə olunan elektronların elektron buludları da təxminən eyni ölçüyə malikdir. Ona görə də atomda elektron təbəqələrinin mövcudluğu haqqında danışırlar. Elektron təbəqələri latın əlifbasının böyük hərifləri ilə K, L, M, N, O və s. işarə olu-

nur. K-təbəqəsi nüvəyə yaxın olan 1-ci təbəqədir. Ona baş kvant ədədinin n=1 qiyməti uyğun gəlir. L - səviyyəsi 2-cidir, ona da n=2 qiyməti uyğun gəlir. Verilmiş təbəqəni əmələ gətirən elektronlar bir-birindən fərqlənən enerjiyə və müxtəlif formalı orbitallara malikdirlər. Kvant mexanikası nəzəriyyəsindən çıxır ki, baş kvant ədədinin qiymətinin artması ilə verilmiş elektron təbəqəsi həddində elektron buludlarının xarakteri və sayı dəyişir. Baş kvant ədədinin hər bir qiymətinə uyğun orbitalların sayı baş kvant ədədinin kvadratına (n^2) bərabərdir. Çoxelektronlu atomlarda elektron halının tam təsviri üçün baş kvant ədədindən başqa daha 3 kvant ədədindən istifadə edilir.

2. Orbital (azimutal və ya əlavə) kvant ədədi l - energetik səviyyələrin ayrı-ayrı yarımsəviyyələrə parçalanmasını xarakterizə edir. Orbital kvant ədədi verilmiş baş kvant ədədinə uyğun olaraq o-dan n-1-ə qədər tam ədədlər qiyməti ala bilər. L=0,1,2,.... n-1. Orbital kvant ədədinin müvafiq qiymətinə uyğun orbitallar latın hərifləri ilə ifadə edilir:

$$S(l=0),\ P(l=1),\ d(l=2),\ f(l=3).$$

n=1 olduqda energetik səviyyə yarımsəviyyələrə parçalanmır (l=n-1=1-1=0). Çünki orbital kvant ədədi l=0 qiyməti alır. n=2 halında orbital kvant ədədi iki qiymət alır, l=0 və l=1. Buradan aydın olur ki, baş kvant ədədinin 2-ci qiymətində energetik səviyyə iki yarımsəviyyəyə parçalanır. Onlardan l=0-a müvafiq gələni nisbətən az enerjili, l=1-ə müvafiq gələni isə çox enerjilidir. n=3 olduqda orbital kvant ədədi l üç qiymətə (l=0; l=1; l=2), n=4 olduqda isə dörd qiymətə (l=0, l=1, l=2, l=3) malik olur. Bunlara müvafiq olaraq 3-cü təbəqədə 3, 4-cü təbəqədə isə 4 yarımsəviyyə meydana çıxır.

Orbital kvant ədədi elektronun yarımsəviyyədəki enerjisini əks etdirir. Orbital kvant ədədlərinə malik elektronlar bir-birindən bir qədər fərqlənir. Onların enerjisi nə qədər çoxdursa, orbital kvant ədədi bir o qədər böyükdür.

Yarımsəviyyələr arasındakı energetik fərq, adətən, energetik səviyyələr arasındakı fərqdən az olur. Beləliklə, elektronun enerjisinə baş kvant ədədi az tə'sir göstərir.

Hər bir energetik səviyyədəki mümkün yarımsəviyyələrin sayı elektron təbəqəsinin sıra nömrəsinə bərabərdir. Lakin, faktiki ola-

raq heç bir energetik səviyyə 4-dən artıq yarımsəviyyəyə malik deyil. Belə ki, 1-ci energetik səviyyə s-yarımsəviyyəyə, 2-ci səviyyə – 2 yarımsəviyyəyə (s,p) və 3-cü səviyyəyə - 3 yarımsəviyyəyə, (s,p və d), 4-cü səviyyə - 4 yarımsəviyyəyə (s, p, d və f) müvafiqdir.

3. s-,p-,d- və f- elektronlar atomda müxtəlif xarakterdə paylanmasına görə də fərqlənir. Yarımsəviyyə həddində bu elektronların bir neçə müxtəlif variantda paylanması mümkündür. Verilmiş müəyyən koordinat sistemində belə variantların sayı maqnit kvant ədədi (m_ℓ) ilə müəyyənlişir.

Maqnit kvant ədədi $2l+1$ formulu ilə müəyyənləşən sayda sıfırdan keçməklə -l ilə +l arasındakı bütün tam ədədi qiymətləri qəbul edir. Məsələn, s-elektronda (l=0) maqnit kvant ədədi sıfıra bərabər olur. Bu halda elektronun yerləşmə ehtimalının yalnız bir variantı mümkündür. Bununla əlaqədar olaraq, s-elektron buludu simmetriyaya malikdir. Yə'ni atomda nüvədən olan bütün istiqamətlərdə elektron buludunun sıxlığı tamamilə eyni cür dəyişir. Maqnit kvant ədədi eyni elektron təbəqəsində orbitalların sayını müəyyən edir: bir s orbital (m_ℓ=0); üç p orbital (m_ℓ=-1; 0; +1); beş d orbital (m_ℓ=-2;-1;0;+1;+2) və yeddi f -orbital (m_ℓ=-3;-2;-1;0;+1;+2;+3) olur.

p - elektronlarda, elektron buludu sıxlığının üç variantda (Px;Py;Pz) paylanması meydana çıxır.

d - elektronlarda elektron buludu sıxlığı beş fəza variantında paylanır. Bu variantlar d_{z^2}; dx^2-y^2;d_{xz}; d_{yz}; d_{xy} ilə işarə edilir.

f - elektronlarda elektron buludunun sıxlığının 7 fəza variantında paylanması mümkündür.

Maqnit kvant ədədi vektorial kəmiyyətdir, ona nəinki ədədi qiymət, həm də (+) və (-) işarələrlə ifadə edilən istiqamətdə müvafiqdir.

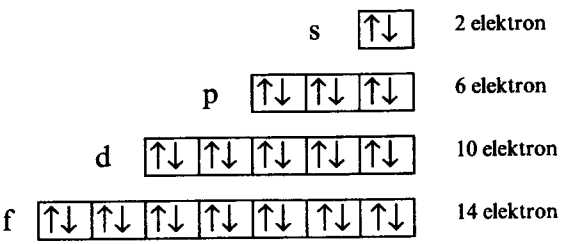
Eyni baş və orbital kvant ədədlərinə və müxtəlif maqnit kvant ədədlərinə malik elektronların enerjisi eyni olur.

4. Spin kvant ədədi. Elektron nüvə ətrafında müəyyən orbitallar üzrə fırlanmaqla yanaşı, öz məxsusi oxu ətrafında da fırlanır. Bu zaman o, özünün hərəkət miqdarı momentini və xüsusi maqnit sahəsini yaradır. Yuxarıda göstərilən kvant ədədləri (n, l, m_ℓ) elektronun bu xassəsini nəzərə almadığından atomda onun vəziyyətini tam müəyyən etmək mümkün deyildir. Bunun üçün dördüncü kvant ədədindən, spin kvant ədədindən istifadə edilir.

Spin (ingiliscə fırlanma deməkdi) kvant ədədi (m_s) - elektronun məxsusi fırlanma momentini göstərməklə, fırlanma istiqamətlərindən (saat əqrəbinin hərəkət istiqaməti üzrə və onun əksinə) asılı olaraq, yalnız iki qiymət qəbul edir:

$$+\frac{1}{2};-\frac{1}{2} \text{ və ya } \pm\frac{1}{2}.$$

Spin kvant ədədindən başqa qalan kvant ədədləri eyni olan iki elektronun atom həcminin bütün nöqtələrində müəyyən yerləşmə ehtimalı eynidir. Belə elektronlar elektron cütü əmələ gətirir. Elektron cütü adətən $\boxed{\uparrow\downarrow}$ belə təsvir edilir. Burada kvadrat şərti olaraq kvant qəfəsini, əks istiqamətli oxlar isə elektronların spin kvant ədədlərinin müxtəlif olmasını göstərir. Hər bir kvant qəfəsində maksimum iki əks spinli elektron yerləşə bilər. Energetik yarımsəviyyələrdə kvant qəfəslərinin (orbitalların) sayı maqnit kvant ədədinin qiymətlərinə müvafiqdir. S - yarımsəviyyə 1, p - yarımsəviyyə 3, d - yarımsəviyyə 5, f - yarımsəviyyə 7 kvant qəfəsinə malikdir. Buradan yarımsəviyyələrin elektron tutumu aşağıdakı rəqəmlərlə səciyyələnir:



Beləliklə, elektronların atomda vəziyyəti n, l, m_e və m_s kvant ədədləri ilə tam xarakterizə edilir.

Atomda orbitalların elektronlarla dolma ardıcıllığı

Elektronların atom orbitallarında paylanmasını tam xarakterizə etmək üçün kvant ədədlərindən başqa Pauli prinsipini, minimum enerji prinsipini və Hund qaydasını da bilmək lazımdır.

16 **Pauli prinsipi.** İsveç alimi Volfqanq Pauli kvant səviyyələrində elektronların mümkün olan sayını müəyyən edən prinsip vermişdir:

Atomda bütün kvant ədədlərinin qiyməti eyni olan iki elektron yerləşə bilməz.

n,l,m_ℓ kvant ədədləri eyni olan iki elektron spin kvant ədədi (m_s) ilə fərqlənir. Hər bir orbitalda əks spinli iki elektron ola bilər.

Orbitalların sayı hər bir yarımsəviyyədə $2l+1$, kvant səviyyəsində isə n^2 olduğundan Pauli prinsipinə görə həmin səviyyələrdə elektronların maksimal sayı, uyğun olaraq $2\cdot(2l+1)$ və $2n^2$ olmalıdır. Kvant ədədlərinin qiymətlərinə uyğun olaraq kvant səviyyələrində və yarımsəviyyələrdə elektronların paylanması aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 8

Mürəkkəb atomlarda elektronların paylanması.

Energetik səviyyələr	Yarımsəviyyələr sayı	Orbitallar	Orbitalların sayı		Elektronların maksimum sayı	
			yarımsəviyyədə	səviyyədə	yarımsəviyyədə	səviyyədə
K (n=1)	1	1S	1	1	2	2
L (n=2)	2	2S 2P	1 3	4	2 6	8
M (n=3)	3	3S 3P 3d	1 3 5	9	2 6 10	18
N (n=4)	4	4S 4P 4d 4f	1 3 5 7	16	2 6 10 14	32

$2n^2$ ifadəsindən bə'zən ayrı-ayrı dövrlərdə yerləşən elementlərin sayını müəyyən etmək məqsədi ilə də istifadə edilir. Lakin bu halda dövrlərin (mə'lumdur ki, 2 və 3, 4 və 5, 6 və 7-ci dövrlər elementin sayına görə bir-birindən fərqlənir) nəzərdə tutulmur. Məsələn, $2n^2$ ifadəsinə görə 3-cü dövrdə 18 element olmalıdır, lakin həmin dövrdə ikinci dövrdə olduğu kimi 8 element yerləşir. Buna əsasən dövrlərdə elementlərin sayı müəyyən edilərkən $2n^2$ ifadəsinin xüsusi hallarından (tək dövrlər üçün $0,5(n+1)^2$, cüt dövrlər üçün isə $0,5(n+2)^2$ ifadələrindən) istifadə edilir. Məsələn, $0,5(n+1)$ düsturunda n-nin 1;3;5;7 qiymətlərə malik olduğu hallarında müvafiq

dövrlərdə elementlərin sayı 2,8,18,32-yə bərabər olur. $0,5(n+2)^2$ düsturunda isə n cüt ədədlər sırası, yə'ni 2,4,6 ilə xarakterizə olunur. Bu vaxt həmçinin müvafiq dövrlərdə elementlərin sayı, 8,18,32-dən ibarət olur.

Hund qaydası. Kvant səviyyələri həddində orbitalların elektronlarla dolması Hund qaydası ilə müəyyənləşdirilir.

Hund qaydasına əsasən orbital kvant ədədinin (*l*) verilmiş müəyyən qiymətində elektronlar kvant qəfəslərini elə doldurmağa çalışır ki, nəticədə maksimum sayda qəfəs tutulmuş olsun.

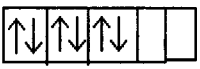
Başqa sözlə, kvant səviyyələri daxilində elektronlar orbitallarda elə yerləşir ki, onların spin kvant ədədlərinin cəmi (Σm_s) maksimum olsun.

Elektronlar əvvəlcə (spinləri paralel olmaq şərti ilə) tək-tək, sonra isə (boş orbitallar qalmadığı halda) əvvəlki elektronlarla əks-spinli vəziyyətdə qoşalaşaraq orbitalları tutur.

Məsələn, d yarımsəviyyədə 6 elektron iki variantda paylana bilərdi.

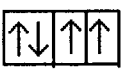
d^6

$\Sigma m_s=\pm1/2+1/2+1/2+$
$+1/2+1/2=2$
mümkün hal

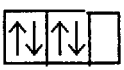
d^6 

$\Sigma m_s=\pm1/2\pm1/2\pm1/2=0$
qeyri-mümkün hal

P - yarımsəviyyəsində 4 elektronun paylanması:

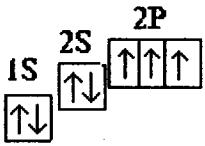
p^4 

$\Sigma m_s=\pm1/2+1/2+1/2=1$
mümkün hal

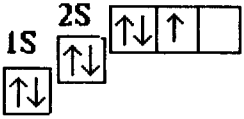
p^4 

$\Sigma m_s=\pm1/2\pm1/2=0$
qeyri-mümkün hal

Məsələn, azot atomunda elektronların orbitallarda paylanmasının 2 variantını göstərək:

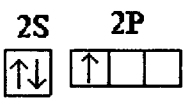


mümkün hal

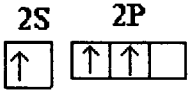


qeyri-mümkün hal

Hund qaydasına əsasən baş kvant ədədinin verilmiş müəyyən qiymətində bir yarımsəviyyə yuxarıda göstərilən qayda üzrə cüt elektronlarla tamamlanmamış həmin prosesin eyni qayda ilə davamı növbəti yarımsəviyyəyə keçmir. Məsələn, bor atomunda üç valent elektronunun valent orbitallarında paylanması 2 varianta verilə bilər:



mümkün hal



qeyri-mümkün hal

17. **Minimum enerji prinsipi.** Bu prinsipə görə atomda elektronlar maksimal davamlılığa müvafiq gələn ən aşağı energetik səviyyələri tutmağa çalışır.

Kvant səviyyələrinin elektronlarla dolması baş kvant ədədinin qiymətinin artması (n=1÷7) istiqamətində, yarımsəviyyə həddində isə s→p→d→f ardıcıllığı ilə gedir.

Kleçkovski qaydası. s→p→d→f orbitallarının dolma ardıcıllığı nüvəsinin yükü +19(K) olan elementdən başlayaraq pozulur. Bu ardıcıllığın pozulmasını V.M. Kleçkovski izah etmişdir.

Elektronun enerjisi əsasən baş (n) və orbital (*l*) kvant ədədlərinin qiymətindən asılıdır. Kleçkovski kvant səviyyələrində enerjinin artma ardıcıllığını n+*l* cəminə uyğun olaraq dəyişdiyini müəyyən etmiş və bunun əsasında iki mühüm qayda vermişdir.

1. Atomda orbitallar elektronlarla dolduqda n+*l* cəmi kiçik olan orbital əvvəlcə dolur. Məsələn, 3d orbitalı üçün n+*l*=3+2=5 və 4s orbitalı üçün n+*l*=4+0=4 olduğuna görə 4s orbitalı 3d - orbitalından əvvəl dolur. Bu səbəbdən də 5s orbitalı (n+*l*=5+0=5), 5p

orbitalından (n+l=5+1=6) və 6s (n+l=6+0=6) orbitalı ilə 4f orbitalından (n+l=4+3=7) əvvəl tutulur.

2. $n+l$ cəminin ədədi qiyməti bərabər olan iki orbitaldan baş kvant ədədinin qiyməti kiçik olan orbital əvvəlcə dolur. Məsələn, 3d və 4p orbitalları üçün $n+l$ cəmi bərabərdir (uyğun olaraq 3+2=5; 4+1=5). Bu halda 3d - orbitalı üçün n=3 və 4p orbitalı üçün n=4 olduğundan, qaydaya əsasən 3d - orbitalı 4p orbitalından əvvəl dolur.

Ümumiyyətlə, orbitalların elektronlarla dolma ardıcıllığı aşağıdakı kimi olur.

1S, 2S, 2P, 3S, 3P, 4S, 3d, 4P, 5S, 4d, 5P, 6S, 4f, 5d, 6P, 7S, 5f, 6d, 7P....

Kleçkovski qaydasından kənara çıxma halları da müşahidə olunur. Məsələn, lantanda 5d- və 4f-, aktiniumda 6d- və 5f orbitalların elektronla dolması zamanı və həmçinin xrom və mis atomlarında həmin qayda pozulur.

Elementlərin elektron formulu

Elementlərin elektron formulunda yarımsəviyyələri göstərən S, P, d, f hərflərinin qarşısında baş kvant ədədinin qiyməti, onların yuxarı hissəsində sağ tərəfdən yarımsəviyyələrdəki elektronların sayı yazılır. Məsələn, $3P^6$ yazılışı göstərir ki, 3-cü kvant səviyyəsinin (n=3; M) P - yarımsəviyyəsində 6 elektron vardır. $3P_x^2\ P_y^2\ P_z^2$ yazılışı isə həmin elektronların Hund qaydasına əsasən üç P-orbitalda cüt-cüt yerləşdiyini göstərir.

Deyilənləri aydınlaşdırmaq üçün bir neçə element (natrium, kükürd, qalayın) atomunun elektron formulunu tərtib edək.

Natrium sıra nömrəsi 11 olan elementdir (3-cü dövr, n=3). Deməli, nüvə yükü +11 və elektronların sayı da 11-dir. Həmin elektronlar üç kvant səviyyəsində paylanaraq natriumun elektron qurluşunu yaradır ki, bu da aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$_{11}Na \qquad 1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^1.$$

Atomun sonuncu elektron təbəqəsindəki elektronların sayı valent elektronlarının sayına bərabərdir.

$_{16}S$ $\qquad 1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^4.$

$_{50}Sn$ $\qquad 1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 3d^{10}\ 4S^2\ 4P^6\ 4d^{10}\ 5S^2\ 5P^2$

Kleçkovski qaydalarına əsasən isə

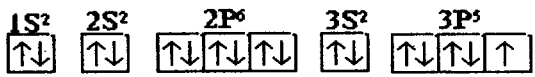
$$1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^6\ 4S^2\ 3d^{10}\ 4P^6\ 5S^2\ 4d^{10}5P^2$$

Lakin elektronların energetik hallarının tam formulunu yazmağa həmişə ehtiyac olmur. Çünki elementin kimyəvi xassələri əsasən xarici səviyyələrin elektronları ilə bilavasitə əlaqədardır. Buna görə də bir çox hallarda elementin elektron formulunun qısa şəkildə yazılışı daha məqsədə uyğun hesab edilir.

Məsələn, $_{11}Na$-[Ne] $3S^1$; $_{50}Sn$ - [Kr] $4d^{10}\ 5S^2\ 5P^2$.

Atomun elektron formulunu daha əyani şəkildə göstərmək üçün kvant qəfəsindən istifadə edilir. Məsələn,

$$_{17}Cl\ 1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^5$$



Dövri qanun və dövri sistem

Elementlərin sistemləşdirilməsi və təsnifatı, onların kimyəvi və fiziki xassələrinin öyrənilməsi sahəsində bir çox alimlərin böyük xidmətləri olmuşdur.

1828-ci ildə Debereyner bə'zi elementlərin xassələri arasında oxşarlıq olduğunu müəyyən etmiş və onların üçlüklərini - triadalar yaratmışdır. Məsələn,

Li, Ca, Cl
Na, Sr, Br
K, Ba, J və s.

Triadalarda kimyəvi elementlərin xassələrinin dəyişməsində dövrilik hadisəsini ilk dəfə Debereyner müşahidə etmişdir.

1864-cü ildə isə Nyulends elementləri yeddilik qruplarına ayırmışdır. Belə qrupların əvvəlində xassəcə oxşar elementlər yerləşirdi.

Elementlərin bu qayda ilə yerləşdirilməsini Nyulends "oktav qanunu" adlandırmışdır.

Elementlərin atom çəkisinin artması üzrə olan ümumi sırasında xassələrin dəyişmə xarakterinə uyğun cədvəli ilk dəfə 1869-cu ildə Lotar-Meyer irəli sürmüşdür. Lotar-Meyer cədvəli bir sıra məsə-

ləri müsbət həll etmiş olsada, bə'zi nöqsan cəhətlərinə görə Nyulendsin cədvəlindən fərqlənmirdi. Sələflərindən fərqli olaraq D.İ. Mendeleyev elementlərin sistemləşdirilməsində onları qarşılıqlı əlaqələndirən qanunauyğunluqla əsaslanmışdır. Bu halda kimyəvi elementlərin həm bir-birindən fərqi, həm də oxşarlığı müəyyən olunur.

Həm toplanmış faktiki materiallar, həm də öz tədqiqatları əsasında D.İ.Mendeleyev 1869-cu ildə dövri qanunu kəşf etmiş və bu qanun əsasında elementlərin dövri sistemini yaratmışdır.

D.İ.Mendeleyev kimyəvi elementlərin xassələrinin atom kütlələrinin artması ardıcıllığından asılılığını öyrənərək göstərdi ki, müəyyən qrup elementlərdə oxşar xassələr dövri olaraq təkrarlanır. Məsələn, qələvi metallarda, hallogenlərdə və digər qrup elementlərində xassələrin dövri oxşarlığı müşahidə olunur.

Mendeleyev sələflərindən fərqli olaraq, elementlərin xassələri arasındakı ümumi cəhətləri yalnız bir neçə elementi əhatə edən kiçik qruplarda deyil, mə'lum olan (o vaxt 63 element mə'lum idi) bütün elementlərin ümumi sırasında müəyyən etmişdir.

D.İ. Mendeleyevin dövri qanunun klassik ifadəsi aşağıdakı kimidir:

Elementlərin xassələri, eləcə də onların əmələ gətirdikləri bəsit və mürəkkəb maddələrin xassələri atom çəkilərinin artmasından dövri sür'ətdə asılıdır.

Dövri sistem, dövri qanunun qrafiki cədvəl şəklində ifadəsidir. Bu sistemin qanunauyğunluqları əsasında Mendeleyev o vaxt mə'lum olmayan bir neçə elementin kəşf olunacağını və hətta onların bə'zi xassələrini əvvəlcədən xəbər vermişdir. Alimin bu uzaqgörənliyi bir müddətdən sonra böyük dəqiqliklə təsdiq edilmişdir. Mendeleyevin sağlığında, onun əvvəlcədən xəbər verdiyi elementlərdən bir neçəsi (1875-ci ildə qallium Ga, 1879-cu ildə skandium Sc, 1881-ci ildə Germanium Ge) kəşf edilmişdir. Bu elementlərin xassələrinin nəzəri və təcrübi qiymətlərinin bir-birinə uyğun gəlməsi Mendeleyevin uzaq görənliyini isbat etməklə, dövri qanunun düzgünlüyünü göstərdi:

Elementlərin dövri sisteminin əsas inkişaf mərhələləri

Dövri sistem yeni elementlərin kəşfi və mövcud elementlərin xassələrinin dəqiqləşdirilməsi ilə əlaqədar olaraq daim təkmilləşir. Ümumiyyətlə, dövri sistemin inkişafının iki əsas mərhələsi olmuşdur:

Kimyəvi (Mendeleyev mərhələsi) və fiziki (elektron mərhələsi).

Dövri sistemin inkişafının kimyəvi mərhələsi xüsusilə 1869-1913-cü illəri əhatə edir. Bu dövr üçün başlıca cəhət dövri sistemdə mə'lum elementlərin yerinin dəqiqləşdirilməsi, ye'ni kəşf edilən elementlərin yerləşdirilməsi olmuşdur. Kimyəvi mərhələdə elementlərin kimyəvi xassələri əsas götürülmüşdür. Məsələn, arqonun, kobaltın və tellurun atom kütləsinin, uyğun olaraq, kaliumun, nikelin və yodun atom kütləsindən çox olmasına baxmayaraq Mendeleyev bu elementlərin xassələrini nəzərə alaraq, arqonu kaliumdan, kobaltı nikeldən və telluru yoddan əvvəl yerləşdirmişdir. Həmin elementlərin bu cür yerləşdirilməsi tamamilə isbat edilmişdir. Mendeleyev bir çox elementlərin atom kütlələrini dəqiqləşdirmiş, bə'zilərinin cədvəldə yerini dəyişərək müvafiq qruplara keçirmiş, lantanoidlərin mə'lum nümayəndələrini III, IV və V qruplarda, "tə'sirsiz" qazları isə o vaxt cədvələ əlavə edilən sıfır qrupunda yerləşdirmişdir. Mendeleyev bütün bu işlərdən sonra tərtib etdiyi cədvəli üç tərəfdən qalın xətlə dövrəyə almış, lakin aşağı hissəsini açıq buraxmışdır. Bu, alimin gələcəkdə daha ağır elementlərin kəşfinə olan işarəsi idi. Sonralar transuran elementlərinin kəşfi Mendeleyevin bu uzaq görənliyini də təsdiq etdi.

Dövrİ qanun və dövri sistem maddənin qurluşu və xassələri haqqında təbiətşünaslığın mühüm qanunauyğunluğunu əks etdirir. Dövri sistemdə atomun elektron qurluşuna uyğun olaraq kimyəvi elementlərin təbii təsnifatı və həmçinin elementlər kimyasının ümumiləşmiş qısa konspekti verilmişdir.

Dövri sistemin inkişafının fiziki mərhələsi (2-ci mərhələ) Mözli qanunun kəşfi ilə əlaqədardır.

Mözli qanunu. İngilis alimi Mözli müxtəlif elementlərin xarakterik rentgen spektrlərinin dalğa ədədinin atomun nüvə yükündən asılılığını öyrənərək 1913-cü ildə aşağıdakı qanunu kəşf etmişdir.

Atomun xarakterik rentgen spektr xətlərinin dalğa ədədlərinin kvadrat kökü onun nüvə yükünün (və ya elementin sıra nömrəsinin) xətti funksiyasıdır.

Bu qanunun riyazi ifadəsi belədir:

$$\sqrt{\nu} = a(z-b)$$

burada ν - dalğa ədədi, a - mütənasiblik əmsalı, b - ekranlaşma sabiti, z - nüvənin yüküdür.

Elementlərin əksəriyyətinin çox izotoplu olması onların atom kütlələrinin dəyişməsinə və həmçinin kəsr qiymət almasına səbəb olur. Lakin elementin bütün izotopları üçün eyni olan sıra nömrəsi və deməli, nüvə yükü sabit qalır. Ona görə də elementin təbiətini dəyişkən atom kütləsi deyil, sabit qalan nüvə yükü daha dəqiq müəyyən edir (nüvənin yükü yalnız bir elementdən digərinə keçdikdə bir vahid dəyişir). Bununla əlaqədar olaraq dövri qanunun müasir tə'rifi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Elementlərin xassələri, eləcə də onların əmələ gətirdikləri bəsit maddələrin və birləşmələrin forma və xassələri, atomların nüvələrinin yükündən dövri sür'ətdə asılıdır.

Mözlinin kəşfi dövri sistemin bir sıra digər məsələlərin həlli üçün də şərait yaratmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, ardıcıl olaraq bir elementdən digərinə keçdikdə nüvə yükünün bir vahid artmasına görə elementlərin yerləşdirilməsi də onların xassələrinin dövri dəyişməsini tam izah edə bilmir.

Dövri sistemin qurluşu. Dövri sistem dövri qanunun qrafik ifadəsidir. Bu sistemin 400-dən çox müxtəlif variantları təklif olunmuşdur. Bunların əksəriyyəti elektron nəzəriyyəsinə əsasən yaradılmışdır.

Hazırda dövri sistemin iki formasından - qısa dövrlü (səkkiz xanalı, qapalı) və uzundövrlü (18 və 32 xanalı, açıq) formalarından istifadə edilir.

Dövri sistem 7 dövrdən və 8 qrupdan ibarətdir.

Qələvi metalla başlayıb tə'sirsiz qazlarla qurtaran elementlər sırasına dövr deyilir.

Eyni bir dövrdəki bütün elementlərin atomundakı kvant səviyyələrinin sayı dövrün nömrəsinə bərabər olur. Məsələn, IV dövr

elementlərində həm baş kvant ədədi, həm də kvant səviyyələrinin sayı dörddür.

Dövrlər kiçik (I-III) və böyük (IV-VII) dövrlərə bölünür. Kiçik dövrlər bir sıradan, böyük dövrlər isə iki sıradan (tək və cüt nömrəli) ibarətdir. Dövri sistemdə 10 sıra vardır.

Dövrlərin element tutumu müxtəlifdir. Belə ki, I dövrdə 2, II və III dövrlərin hər birində 8, IV və V dövrlərin hər birində isə 18, VI dövrdə 32 element vardır. VII dövr tamamlanmamış dövr hesab edilir və hələlik orada 19 element yerləşir.

Bir dövrdən digərinə keçdikdə müvafiq element atomunda yeni kvant səviyyəsi yaranır. Ona görə də I dövrdən VII dövrə doğru baş kvant ədədinin qiyməti 1-dən 7-yə qədər artır.

Oxşar elementlərin şaquli sütununa qrup deyilir.

Hər qrup iki yarımqrupundan əsas və əlavə yarımqrupdan ibarətdir. *Həm kiçik, həm də böyük dövrün elementlərindən ibarət olan yarımqrupa əsas yarımqrup (A ilə işarə edilir) deyilir. Yalnız böyük dövrlərin elementlərindən ibarət olan yarımqrupa isə əlavə yarımqrup (B ilə işarə edilir) deyilir.*

Əsas yarımqrup elementlərinin xarici kvant səviyyəsindəki valent elektronlarının sayı qrupun nömrəsinə bərabər olur və I÷VIII qruplarda ns^1np^0÷ns^2np^6 elektron formulu ilə müəyyən edilir. Buradan görünür ki, bu elementlərin valent elektronları 1-dən 8-ə qədər artır. Məsələn, natriumun (...$3S^1$), fosforun (...$3S^23P^3$), arqonun (...$3S^23P^6$) xarici kvant səviyyələrində 1;5 və 8 elektron vardır. Elektronların göstərilən sayına əsasən natrium I, fosfor V, arqon isə VIII qrupda yerləşir.

Əlavə yarımqruplarda elementlərin yerləşməsi s- və d- elektronların cəmi ilə müəyyən edilir (d-yarımsəviyyəsi elektronla tam dolmamış olduqda). Məsələn, skandiumun $3d^14s^2$ kvant səviyyələrində 3 manqanın $3d^54s^2$ kvant səviyyələrində 7 elektronu olduğundan bu elementlər uyğun olaraq III və VII qruplarda yerləşir. Xaricdən 2-ci kvant səviyyəsinin d-yarımsəviyyəsi elektronlarla tamamlandıqda isə, xarici s-elektronların sayı elementin hansı əlavə yarımqrupa mənsub olduğunu müəyyənləşdirir. Məsələn, sinkin $3d^{10}4s^2$ kvant təbəqəsində iki s-elektronu olduğundan O, II qrupda yerləşir. Cu, Ag, Au-ın $3d^{10}4s^1$; $4d^{10}5s^1$ və $5d^{10}6s^1$ kvant təbəqələ-

rində bir s-elektron olduğundan bu elementlər 1-ci qrupda yerləşir. Yalnız platin qrupu elementlərinin bə'ziləri müstəsnalıq təşkil edir.

Atomun elektron qurluşu və elementlərin dövri sistemi

Dövri sistemin qurluşunun nəzəri əsaslarının dərk edilməsində atomların energetik səviyyə və yarımsəviyyələrinin elektronlarla tamamlanma prosesinin real ardıcıllığının mənimsənilməsi vacibdir.

Atomda elektronların enerji ardıcıllığı ilə kvant səviyyələrində paylanmasının nüvə yükündən və onların (elektronların) sayından asılılığı mürəkkəb xarakter daşıyır. Verilmiş elementdə elektron təbəqələrinin sayı həmin elementin yerləşdiyi dövrün nömrəsinə bərabərdir.

Birinci energetik səviyyənin elektron tutumu ikiyə bərabərdir ($1S^2$). Müvafiq olaraq 1-ci dövrdə də 2 element (H; He) yerləşir.

1-ci energetik səviyyə tutumuna müvafiq elektron qəbul etdikdən sonra elektronla tamamlanma prosesi minimum enerji prinsipinə əsasən yaxın yuxarı, yə'ni 2-ci energetik səviyyəyə keçir əvvəlcə 2S yarımsəviyyədə, sonra isə 2P yarımsəviyyədə olmaqla, 4 orbitalı əhatə edərək, 8 element həddində axıra çatır.

Dövrlərdə kvant səviyyələri, elektronların və elementlərin sayı aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 9

Dövrlərdə elementlərin sayını müəyyən edən elektronların kvant səviyyələrində paylanması.

Dövrlər	Kvant səviyyələri	Elektronların sayı	Elementlərin sayı
I	$1s^2$	2	2
II	$...2s^22p^6$	8	8
III	$...3s^23p^63d^0$	8	8
IV	$....3d^{10}4s^24p^6$	18	18
V	$....4d^{10}5s^25p^6$	18	18
VI	$...5d^{10}4f^{14}6s^26p^6$	32	32
VII	$...6d^{10}5f^{14}7s^27p^6$ (nəzəri)	32	32
	$...6d^35f^{14}7s^27p^6$	19	19

Ümumi elektron tutumu 18 olan (...$3s^2 3p^6 3d^{10}$) üçüncü energetik səviyyənin tələbi əsasında III dövrdə 18 element olmalıdır. Lakin III dövrdə də II dövrdəki kimi, 8 element vardır.

Çünki o, üçüncü energetik səviyyənin yalnız ilk iki yarımsəviyyəsi (3s və 3p) elektronla tamamlandıqdan sonra qapanır. Kleçkovski qaydasına görə 3d yarımsəviyyəsinin enerjisi 4s yarımsəviyyəsinin enerjisindən çox olduğu üçün əvvəlcə 4s yarımsəviyyəsi dolur.Ona görə də; 3d yarımsəviyyə üçüncü dövrün qurluşunun müəyyənləşməsində iştirak etməyərək, elektronla tamamlanmamış şəkildə qalır. Beləliklə, 3p yarımsəviyyə tamamlandıqdan sonra növbəti elektron birbaşa kalium atomunda 4s yarımsəviyyəsini tutur. Bu isə IV dövrün başlanmasına səbəb olur.

Kalsium atomunda 4s yarımsəviyyə tamamlandıqdan ($4s^2$) sonra prosesin davamı yarımsəviyyələrin elektronla tamamlanmasının adi ardıcıllığı üzrə getməyərək (ardıcılıq gözlənildiyi halda elektron 4p-yə keçməlidir) 3d yarımsəviyyə 4p yarımsəviyyədən aşağıda yerləşdiyindən, 4s yarımsəviyyənin elektronla tamamlanmasından sonra həmin prosesin 4p-yə nisbətən 3d yarımsəviyyədə davamı energetik cəhətdən daha əlverişlidir.

3d yarımsəviyyənin elektronla tamamlanması skandium elementindən başlayır və həmin yarımsəviyyənin elektron tutumu 10-a bərabər olduğundan, sink elementinə qədər davam edərək, 10 elementin əmələ gəlməsini əhatə edir. 3d və 4s yarımsəviyyələr arasında enerji fərqi nisbətən az olduğundan göstərilən sıranın bə'zi elementlərində onların elektronla tamamlanmasının normal ardıcıllığı pozulur. Məsələn, xrom atomunda normal qayda üzrə elektron formulu [Ar] $3d^4 4s^2$ kimi olmalıdır. Lakin onun faktiki elektron konfiqurasiyası [Ar] $3d^5 4s^1$-dən ibarətdir.

Beləliklə, xrom atomunda 4s-yarımsəviyyədən bir elektron 3d-yarımsəviyyəyə keçir. Adətən, bu proses 3d-yarımsəviyyənin 4s-yarımsəviyyədən bir elektronu zəbt etməsi kimi qələmə verilir. Yəqin ki, bu xrom atomunda d-yarımsəviyyənin d^5-dən ibarət daha davamlı elektron konfiqurasiyasını əmələ gətirməsi ilə əlaqədardır.

Manqan atomunda 4s- və 3d- yarımsəviyyələrin elektronla tamamlanmasının normal qaydası bərpa olunur ($3d^5 4s^2$). Sıranın

növbəti Fe, Co, Ni elementlərində 3d-yarımsəviyyəsinin elektronla tamamlanması davam edir. Lakin mis atomunda 4s - yarımsəviyyənin bir elektronu yenə də 3d-yə keçir və nəticədə yarımsəviyyə özünün yüksək davamlı halını d^{10} qəbul edir. Mis atomunda buraxılan bu "qüsur" sink atomunda aradan qalxır. 3d-yarımsəviyyəsi elektronla tam dolduqdan sonra (Zn) əsas yarımqrup elementlərində (Ga) 4p-yarımsəviyyəsi elektronla dolmağa başlayır və kriptonda xarici kvant səviyyəsi elektronla tamamlanır (...$4s^24p^6$).

Beləliklə, IV dövrün əvvəlindəki iki s-elementindən sonra on d-element, axırda isə altı p-element yerləşir.

V dövr rubidiumla başlayaraq ksenonla tamamlanır. Bu dövrdə 18 element vardır. Onların atomunda kriptonun elektron qurluşu təkrar olunmaqla, yeni beşinci kvant səviyyəsi (n=5) yaranır.

Bu dövrün əsas yarımqruplarında yerləşən s- və p- elementlərinin xarici kvant səviyyələrinin elektron qurluşu $5s^25p^0 \div 5s^25p^6$ formuluna uyğun dəyişir. Əlavə yarımqrupda yerləşən d-element atomlarının 4d-yarımsəviyyəsi elektronla dolmağa başlayır (Y÷Cd) və onların paylanması $4d^15s^2 \div 4d^{10}5s^2$ formuluna uyğun gəlir. Bu elementlərdə elektronun 5s-yarımsəviyyəsindən 4d-yarımsəviyyəsinə keçmə halları müşahidə olunur. Bunun nəticəsində molibden, gümüş və s. element atomlarının $5s^1$ yarımsəviyyəsində bir elektron yerləşir, palladiumda isə hətta həmin səviyyə boş qalır. IV dövrdə olduğu kimi burada da d-elementlər s və p elementləri arasında yerləşir. d-elementlər dövri sistemdə keçid vəziyyət tutduqlarından onlar keçid elementlər də adlanır.

VI dövrün ilk iki elementində (Cs, Ba) 6s - yarımsəviyyə elektronla tamamlanır. Bundan sonra 5d-yarımsəviyyənin elektronla tamamlanması başlayır. Lakin elə 1-ci elementdən (La...$5d^16s^2$) sonra 5d-yarımsəviyyədə başlayan bu prosesin arası müvəqqəti olaraq kəsilir və onun davamı energetik cəhətdən əlverişli olan 4f-yarımsəviyyəyə keçir, həm də 5d-dən fərqli olaraq, bu yarımsəviyyədə proses f-yarımsəviyyə tamamlanana kimi davam edir. f-yarımsəviyyənin elektron tutumu 14-ə bərabər olduğundan onda gedən elektronla tamamlanma prosesi 14 elementin əmələ gəlməsini (Ce...., Lu, yə'ni lantanoidlər ailəsi elementlərini) əhatə edir. 4f-yarımsəviyyə tamamlandıqdan sonra prosesin davamı yenidən 5d-yə qayıdır və bu dəfə 9 element (Hf,.....,Hg) hüdudunda başa çatır.

Göstərilən ardıcıllıqla 6s-, 4f və 5d- yarımsəviyyələr elektronla tamamlandıqdan sonra həmin proses 6p-yarımsəviyyədə davam edir və talliumdan başlayaraq radonda qurtarır.

Göstərilən yarımsəviyyələrin ümumi elektron tutumu 32-yə ($6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$) bərabər olduğundan, VI dövrdə elementlərin sayı əvvəlki dövrlərə nisbətən artaraq 32-yə çatır.

VII dövrdə [illegible]əlcə 7s-yarımsəviyyə elektronla tamamlanır (Fr, Ra), sonra həmin prosesin davamı 6d-yarımsəviyyədə gedir və yalnız bir elementi (Ac) əhatə edərək, 5f-yarımsəviyyəyə keçir və axıra qədər (Th,....,Lr aktinoidlər ailəsi elementləri) davam edir. Bundan sonra elektronla tamamlanma yenidən 6d-yarımsəviyyəyə keçir və hələlik dörd elementi (Ku, Ns, E-W-ekavolfram, E-Re-ekarenium) əhatə edir. VII dövrdə bə'zi boş xanalar elementlə hələlik dolmadığından tamamlanmamış dövr adlanır.

İonlaşma enerjisi. Neytral atomdan nüvəyə ən zəif birləşmiş elektronu qoparmaq üçün sərf olunan enerji miqdarına ionlaşma enerjisi (J) deyilir.

Atomun ionlaşma sxemini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$A^0+J=A^+ + e^-$$

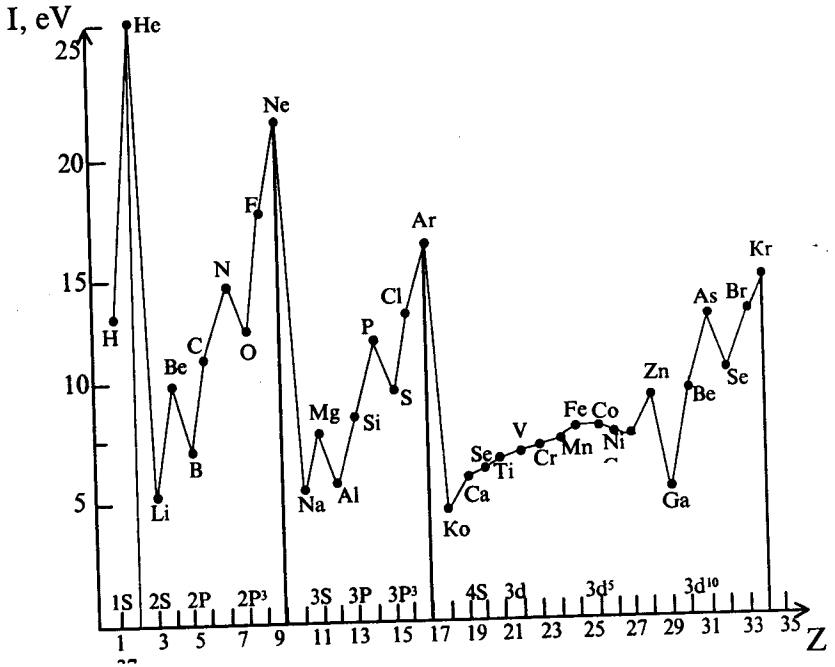
İonlaşma enerjisi (eV/atom) ədədi qiymətcə ionlaşma potensialına (e^-) bərabərdir:

$$A^0-e^-=A^+ - J$$

burada A - element atomudur.

İonlaşma enerjisinin ölçü vahidi kC/mol və ya eV/atom ilə ifadə olunur.

Çoxelektronlu atomlarda ionlaşma prosesi mərhələlərlə getdiyindən hər elektronun atomdan qopmasına sərf olunan ionlaşma enerjiləri bir-birindən fərqlənir ($J_1,J_2,J_3,...$) və elektronun qopması ilə müsbət yük çoxaldığından ionlaşma enerjisi də artır, yə'ni $J_1<J_2<J_3$ və s. olur. Deməli sonrakı elektronların qopması çətinləşir.



Birinci ionlaşma enerjisinin elementin sıra nömrəsindən asılılığı

İonlaşma enerjisi atomun elektron konfiqurasiyasından asılıdır. Həmin enerji qələvi metallar üçün çox kiçik, elektronlarla tamamlanmış və tamamlanmağa yaxın kvant səviyyələri (ns^2np^5 və ns^2np^6) olan elementlərdə maksimum qiymət alır.

Ən aşağı ionlaşma enerjisi qələvi metallara, ən yüksək isə azot, oksigen, hallogenlər və "tə'sirsiz" qazlara məxsusdur.

Elektrona hərislik və ya "Elektron qohumluğu". İonlaşma enerjisi elementin metallığının kəmiyyət ölçüsü olduğu kimi, elektron qohumluğu da elementin qeyri-metallik xassələri göstərmək qabiliyyətinin kəmiyyət ölçüsüdür.

Neytral atoma elektron birləşdirdikdə mənfi ionların əmələ gəlməsi zamanı ayrılan enerjinin miqdarına elektron qohumluğu deyilir.

Elektronun atoma birləşmə sxemi $B^0+e^- \rightarrow B^- + E_{qohum}$ belə yazılır.

Burada alınan enerjinin ölçü vahidi kV/mol və ya eV/atom olur.

Ədədi qiymətcə elektron qohumluğu əks işarə ilə mənfi yüklü ionun (B^-) ionlaşma enerjisinə bərabərdir.

Elektrona qohumluq və ionlaşma enerjiləri eyni bir element üçün qiymətcə bir-birindən fərqli, işarəcə əks ola bilər, çünki bunlardan biri atomdan elektron qoparmaq üçün, digəri isə atoma bir elektron birləşdirmək üçün lazım olan enerjidir.

Ən yüksək elektron qohumluğuna VII qrupda s^2p^5 elektron konfiqurasiyasına malik atomlar, yə'ni hallogenlər malikdir. Ən aşağı və hətda mənfi elektron qohumluğu xarici s^2(Be, Mg, Ca), s^2p^6 (Ne, Ar, Kr) və s^2p^3 (N, P, As) elektron konfiqurasiyalarına malik element atomlarında müşahidə olunur:

H		He					
0,747		0,91					
Li	Be	B	C	N	O	F	N
0,82	-0,19	0,33	1,12	0,05	1,47	3,58	-0,57

Həmin enerjinin az olması element atomlarının elektron konfiqurasiyasının davamlı olduğunu göstərir.

Elektron qohumluğu atomun mühüm xassələrindən biridir və mənfi yüklü eleimentar ionların əmələgəlmə mümkünlüyünü müəyyən edir. Kvant mexaniki hesablanmalara görə iki, üç və daha çox elektronun atoma birləşməsi çətinləşir, çünki bu zaman elektron buludlarının bir-birini dəf etməsi artır. Ona görə də bir atomlu çox yüklü atomlar (H^{-3},O^{-2},S^{-2}) sərbəst halda yaşamır.

Elektromənfilik. Elektromənfilik anlayışını elmə ilk dəfə amerika alimi L.Polinq tərəfindən daxil edilmişdir.

Atomun bir və ya bir neçə elektron vermək və ya birləşdirmək meylinin kəmiyyətcə xarakterizəsi üçün atomların elektromənfiliyi anlayışı irəli sürülmüşdür. Elektromənfilik (EM) birləşmə daxilində bir element atomunun digərindən özünə elektron cəzb etmək qabiliyyətini səciyyələndirir və ionlaşma enerjisi ilə elektron qohumluğunun birgə tə'sirini, onların vəhdətini əks etdirir. Təsəvvür edək ki, A və B atomlarının qarşılıqlı tə'siri zamanı kimyəvi rabitə onların birindən digərinə elektron keçməsi hesabına yaranır. Bu proses 2 mərhələdə gedir:

$$1.\ A^0 - e^- = A^+$$

2. $B^0+e^-=B^-$

Birinci mərhələnin həyata keçməsi üçün A atomunun ionlaşma enerjisi (J_A) qədər enerji sərf edilməlidir. İkinci mərhələdə isə B atomunun elektron qohumluğuna bərabər miqdarda (E_B) ayrılır. Beləliklə, A atomundan B atomuna elektron keçidi prosesi E_B-J_A miqdarda enerji ayrılması ilə müşaiyət olunacaqdır.

Elektromənfilik ionlaşma enerjisi ilə elektron qohumluğu cəminin yarısına bərabərdir:

$$EM=\frac{J+E_{qoh}}{2}$$

Elektromənfilik, kimyəvi rabitənin əmələ gəlməsi zamanı götürülmüş müəyyən atomun elektronu özünə birləşdirmək cəhdi ilə də xarakterizə olunur.

Praktiki olaraq elektromənfiliyin (E+J)/2-yə bərabər olan mütləq qiymətindən deyil, nisbi elektromənfilikdən (nem) istifadə edilir. Elektromənfiliyin qiyməti metallarda 0,7÷1,9, qeyri metallarda isə 1,8÷4,0 hüdudunda dəyişir. Bu kəmiyyətə əsasən müxtəlif dövrlər və qruplarda yerləşən elementlər bir-birilə müqayisə edilir. Elektromənfiliyi böyük olan elementlərdə metallıq xassəsi zəif, qeyri-metallıq xassəsi qüvvətli, əksinə onun qiyməti kiçik olan elementlərdə isə metallıq xassəsi qüvvətli, qeyri-metallıq xassəsi zəif olur. Buna uyğun olaraq elementlərin oksidləşmə-reduksiya xassələri də dəyişir.

Elementlərin nisbi elektromənfiliklərinin dəyişməsi cədvəli

Qruplar / Dövrlər	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	H 2,1						
2	Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
3	Na 0,90	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,9	P 2,2	S 2,6	Cl 3,0
4	K 0,91	Ca 1,04	Ga 1,8	Ge 2,0	As 2,1	Se 2,4	Br 2,8
5	Rb 0,89	Sr 0,99	In 1,5	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	J 2,5

Metalların əksəriyyətinin elektromənfiliyi 1,7-yə bərabər və ya az olur. Qeyd etmək lazımdır ki, elektromənfilik ölçüsüz kəmiyyətdir. Polinqə görə elektromənfilik cədvəli elementlərin dövri sistemini xatırladır. Bu cədvəl rabitənin ionluq (polyarlıq) dərəgəsinin qiymətini tapmağa imkan verir. Bunun üçün elektromənfi-

liyin fərqinin rabitənin ionluq dərəcəsindən asılılığından istifadə edilir.

EM-in fərqi	Rabitənin ionluq dərəcəsi, %-lə	EM-in fərqi	Rabitənin ionluq dərəcəsi, %-lə
0	0	2,0	63
0,5	6	2,5	79
1,0	22	3,0	89
1,5	44		

Cədvəldən görünür ki, EM-in fərqi nə qədər böyük olarsa rabitənin ionluq dərəcəsində bir o qədər böyük olur. EM-in fərqi 1,7-yə bərabər olarsa rabitənin ionluq xarakteri 50%-ə uyğun olur, ona görə də EM-in qiyməti 1,7-dən böyük olan rabitələri ion, 1,7-dən kiçik olan rabitələri isə kovalent polyar rabitə hesab etmək olar.

Elektromənfiliyin qiyməti sabit deyil və müxtəlif amillərdən o cümlədən elementlərin oksidləşmə dərəcəsindən, rabitələrin təbiətindən və s. asılıdır. Məsələn,

$$Mn^{+2}O \rightarrow Mn^{+4}O_2 \rightarrow Mn^{+7}{}_2O_7$$

sırasında oksidləşmə dərəcəsinin yüksəlməsi manqanın elektromənfiliyini, alkan→alken→alkin karbohidrogenləri ($CH_4 \rightarrow$ $\rightarrow CH_2{=}CH_2 \rightarrow CH{\equiv}CH$) sırasında isə doymazlıq dərəcəsinin artması karbonun elektromənfiliyini çoxaldır.

Elektromənfiliyə əsasən elektronun yerdəyişməsini və deməli, kimyəvi rabitənin təbiətini, davamlılığını, polyarlığını və atomların oksidləşmə dərəcəsini müəyyən etmək mümkündür.

Atom və ion radiusları. Elektron dalğa təbiətli olduğundan atom və ionların ölçüləri sabit qalmayıb, az da olsa dəyişikliyə uğrayır. Sərbəst atomun nəzəri hesablanmış radiusu onun xarici elektron orbitalının radiusuna, yə'ni nüvədən həmin orbitala qədər olan məsafəyə bərabərdir.Kimyəvi birləşmədə isə atomların radiusu təcrübi yolla tə'yin olunur. Bu üsulla tapılmış radius effektiv radius adlanır.

Əgər atomları kristalda bir-biri ilə təmasda olan kürələr kimi təsəvvür etsək, onda qonşu kürələrin mərkəzləri arasındakı məsafənin (atom nüvələri arasındakı məsafə) yarısı atomun radiusuna bərabər olacaqdır. Məsələn, mis kristallarında nüvələrarası məsafə

0,256 nm-ə bərabər olduğundan onun radiusu bu məsafənin yarısına, yə'ni 0,128 nm-ə bərabərdir.

Müsbət yüklü ionlar atomun elektron itirməsi, mənfi yüklü ionlar isə onun elektron alması ilə əmələ gəlir. Ona görə də, müvafiq atomun radiusuna nisbətən müsbət ionların radiusu kiçik, mənfi ionlarınki isə böyük olur. Məsələn, kalium atomunun (K^0) radiusu 0,236 nm, onun ionunun (K^+) radiusu isə 0,133 nm-dir; xlor atomunun (Cl^0) və ionun (Cl^-) radiusları uyğun olaraq, 0,099 və 0,181 nm olur.

Eyni element atomunun müsbət yükünün artması ilə radiusu daha da kiçilir. Məsələn, xrom atomu (Cr^0) və onun ionlarının Cr^{+2},Cr^{+3} radiusu uyğun olaraq, 0,127, 0,083, 0,064 nm-ə bərabərdir.

Elementlərin xassələrinin dövri dəyişməsi

Elementlərin xassələri onların atomlarının xarici elektron konfiqurasiyasından asılıdır. Atom elektron verdikdə, aldıqda və ya elektron şəriklərdirdikdə onun xarici elektron qurluşu dəyişir. Bu dəyişmə ixtiyarı olmayıb, dövri xarakter daşıyır.

Xarici kvant səviyyələrinin elektron konfiqurasiyasının $ns^1np^0 \div ns^2np^6$ formuluna uyğun olaraq dövri dəyişməsi elementlərin və onun birləşmələrinin xassələrinin dövri olaraq dəyişməsinə səbəb olur. Dövri qanunun fiziki mə'nasıda elə bundan ibarətdir.

Valent elektronları yerləşmiş xarici kvant səviyyələrinin elektron qurluşları oxşar olan müxtəlif elementlər xassəcə də oxşar olduqlarından həmin elementlər bir-birinin analoqları olur. Bu xüsusiyyət əsas yarımqrup elementlərində özünü daha aydın göstərir. Hər bir yarımqrupa mənsub elementlər bir-birinin analoqlarıdır. Bir dövrdən digərinə keçdikdə yarımqrupun yeni elementində valent elektronlarının konfiqurasiyası yeni kvant səviyyəsində təkrarlanır. Bu təkrarlanma dövri xarakter daşığından elementlərin xassələri də dövri olaraq dəyişir.

Elektron konfiqurasiyaları oxşar olan elementlər eyni yarımqruplarda yerləşir və oxşar xassələr göstərir.

Bu səbəbə görə də həmin elementlər bir-birinin analoqları olur.

Eyni yarımqrupa mənsub olan s-elementlər və ya p-elementlər bir-birinin analoqları olduqları halda, müxtəlif yarımqruplarda yerləşən s-elementlərin (və ya p-elementlərin) xassələri kəskin fərqləndiyindən analoq ola bilməz.

Dövrlər üzrə s- və ya p-elementlərin xassələri bir-birindən, d- və f- elementlərdə olduğundan çox-çox fərqlənir. Bunun səbəbini kvant elektronlarının konfiqurasiyasında axtarmaq lazımdır. Belə ki, s- və p- elementlərdə xaricdən 1-ci (uyğun olaraq, $ns^1 \div ..ns^2$ və $ns^2p^1 \div ns^2np^6$), d-elementlərdə 2-ci ($...n\text{-}1d^1ns^2 \div ...n\text{-}1d^{10}ns^2$), f-elementlərdə 3-cü ($...4f^16s^2 \div 4f^{14}6s^2$ və $...5f^17s^2 \div 5f^{14}7s^2$) kvant səviyyələrində orbitallar elektronlarla tutulur. Göründüyü kimi, xarici kvant səviyyələrinin elektron qurluşları müxtəlif qruplarda yerləşən s- və p- elementlərində çox fərqləndiyi halda, d- elementlərin və xüsusilə f-elementlərin elektron qurluşlarında isə müəyyən oxşarlıq vardır.

d-elementlərdə xarici kvant səviyyələrində elektron qurluşunun oxşarlığı dövrlər üzrə nisbətən az olsa da ($...n\text{-}1d^1ns^2 \div n\text{-}1d^{10}ns^2$), qruplar üzrə bu oxşarlıq daha da artır (III B...$3d^14s^2 \div ...6d^17s^2$; IVB...$3d^24s^2 \div ...6d^27s^2$; VIB...$3d^54s^1 \div ...5d^46s^2$). Ona görə də d-elementlərin xassələrinin bir-birinə oxşarlığı qruplarda özünü nisbətən çox, dövrlərdə isə zəif göstərir.

Elementlər nəinki oxşar, həm də bir-birindən fərqlənən xassələr göstərir.

1. Əsas yarımqruplar üzrə yuxarıdan aşağıya doğru elementlərin metallıq xassəsi güclənir, qeyri-metallıq xassəsi zəifləyir.

Dövrlərdə soldan sağa doğru elementlərin metallıq xassəsi zəifləyir, qeyri-metallıq xassəsi artır.

2. Atom radiuslarının nüvələrin yükündən asılılığı dövri xarakter daşıyır. Hər bir dövr daxilində nüvələrin yükü artdıqca atom radiusları qısalır, çünki müsbət yükün artması xarici kvant səviyyəsi elektronlarının nüvə tərəfindən cəzb olunmasını gücləndirir. Bununla əlaqədar olaraq metalların radiusu maksimum, "tə'sirsiz" qazlarınkı isə minimum qiymət alır.

Hər bir qrup həddində yuxarıdan aşağıya doğru atom radiusları böyüyür. Buna səbəb kvant səviyyələrinin sayca artmasıdır.

3. Elementlərin elektromənfiliyi dövrlər üzrə soldan sağa doğru artır, yə'ni qələvi metallarda minimum, hallogenlərdə isə maksi-

mum qiymət alır. Qruplar üzrə yuxarıdan aşağıya doğru metallıq xassəsi qüvvətləndikcə elektromənfilik azalır.

4. Dövrlər üzrə soldan-sağa doğru elementlərin elektron qohumluğu artır, qruplar üzrə isə yuxarıdan aşağıya doğru azalır.

5. Dövrlər üzrə soldan sağa doğru elementlərin ionlaşma enerjisi artır, qruplar üzrə isə yuxarıdan aşağıya doğru isə azalır.

6.Dövrlər üzrə elementlərin valentliyi hidrogenə görə 4-ə qədər artır (IV qrup) və sonra isə 1-ə qədər azalır (VII qrup). Məsələn, 2-ci dövr üzrə

1	2	3	4	3	2	1
LiH	BeH_2	BH_3	CH_4	NH_3	H_2O	HF

Təbiətin inkişaf qanunları ilə dövri qanunun əlaqəsi

Dövri qanun və kimyəvi elementlərin dövri sistemi böyük fəlsəfi əhəmiyyətə malikdir. Onlar dialektik - materializm qanunlarını - əksiliklərin vəhdəti və mübarizəsi, kəmiyyət dəyişikliklərinin keyfiyyət dəyişikliklərinə keçməsi və inkarı - inkar qanunlarını əks etdirir.

1. Əksliklərin vəhdəti və mübarizə qanunu iki əksiliyin - müsbət yüklü nüvə və onun ətrafında fırlanan mənfi yüklü elektronların vəhdəti kimi mövcud olan atom qurluşunda aydın əks olunur.

Əksər kimyəvi elementlər və onların birləşmələri ikili (əks) xassə göstərir. Məsələn, bə'zi elementlər müəyyən dərəcədə həm metallıq, həm də qeyri-metallıq xassəsinə malikdir: Al, Zn, Cr, həm turşularla, həm də qələvilərlə qarşılıqlı tə'sirdə olur. Eyni sözləri bu elementlərin amfoter oksidləri və hidroksidləri üçün də demək olar.

2. Kəmiyyət dəyişikliklərinin keyfiyyət dəyişikliklərinə keçməsi dövrlərdə elementlərin sıra nömrəsi artdıqca əks olunur. Belə ki, nüvənin yükü artdıqca (kəmiyyət dəyişikliyi) elementlərin xassələri dəyişir (keyfiyyət dəyişikliyi). Məsələn, elektrik cərəyanının ə'la keçiricisi olan alüminiumdan (sıra nömrəsi 13) silisiuma keçdikdə (sıra nömrəsi 14) yarımkeçirici xassəli element meydana çıxır. Həmçinin dövrlərdə sıra nömrəsinin artması ilə metallardan qeyri-metallara tədricən keçid baş verir.

3. Dövri qanun və kimyəvi elementlərin dövri sistemi təbiətin ümumi inkişaf qanunlarından daha birini-inkarı-inkar (sadədən mürəkkəbə) qanunu əks etdirir.

İnkarı-inkar qanunu bir dövrdən digərinə keçdikdə daha aydın əks olunur. Natrium elementi litiumun (Li $1s^2 2s^1$) bir çox xassələrini təkrar edir, məsələn, Na atomunun xarici səviyyəsinin qurluşu ($3s^1$) litiumun $2s^1$ konfiqurasiyasını təkrar edir. Bununla yanaşı Na atomu litiumun nisbətən sadə qurluşunu $1s^2 2s^1$ inkar edir, daha mürəkkəb qurluşa $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ malik olur. Bunun nəticəsidir ki, natriumun əmələ gətirdiyi bəsit maddə litiumdan daha yüksək reaksiyayagirmə qabiliyyətinə malik olur.

Deməli, inkişaf təbiətin 3-cü qanununa tabe olmaqla sanki spiral boyunca baş verir.

Atomun qurluşu və Dövri sistemə aid nümunəvi məsələ həlli

1. $_{38}X^{+2}$ və Y^{-3} ionlarının elektron sayları bərabərdir. Y-in neytron sayı 42 olduğuna görə Y atomunun sıra nömrəsini və atom kütləsini tapın.

Həlli: Əvvəlcə $_{38}X^{+2}$ ionunun elektron sayını tapaq: $_{38}X^{+2}$ ionu üçün P-e=yük düsturuna əsasən 38-e=+2; buradan e=36 tapırıq. X^{+2} və Y^{-3} ionlarının elektron sayları bir-birinə bərabər olduğundan Y^{-3} ionunda 36 elektron vardır. Y-elementi (-3) yüklü ion vəziyyətinə keçərkən üç elektron almışdır. Üç elektron aldıqda 36 elektronu olduğundan, elektron almadan əvvəl neytral halda 33 elektronu olmuşdur. Neytral atomlarda proton sayları elektron saylarına bərabər olduğu üçün Y elementinin proton sayı 33-dür.

Y elementinin neytron sayı da 42 olduğu verilmişdir. Buna görə Y elementinin atom kütləsi A=p+n formuluna görə A=33+42=75.

C a v a b: Y-in sıra nömrəsi 33, atom kütləsi isə 75-dir.

2. X^{+2} ionunun elektron sayı $_{36}Y$ atomundakı elektron sayının yarısı qədər olduğuna görə, X elementinin dövri sistemdəki yeri necədir?

Həlli: $_{36}Y$ atomu neytral olduğundan onun proton sayı elektron sayına bərabər olur. Ona görə də Y atomunun 36 elektronu vardır. X^{+2} ionunun elektron sayı isə Y elementinin elektron sayının yarısı qədər olduğundan X^{+2} ionunun 36:2=18 elektronu vardır. Bu ionun protonları sayı p-18=+2 düsturuna görə p=20 olacaqdır. Buna əsasən X elementinin neytral halda da 20 elektronu olacaqdır və onun elektron qurluşu

20 1) 2) 3) 4)
2 8 8 2 şəklində olacaqdır

X atomunun 4 elektron təbəqəsi olduğuna görə 4-cü dövrdə yerləşir. Xarici energetik səviyyəsində 2 elektron olduğu üçün 2A qrupundadır. Buna görə X elementi 4-cü dövr 2A qrupundadır.

3. Eyni qrupda yerləşən X, Y, Z elementlərindən sıra nömrəsi ən böyük olan X-dir. Y-in isə elektron vermə qabiliyyəti Z-dən böyükdür. Buna görə X,Y,Z elementləri qrupda yuxarıdan aşağıya doğru necə sıralanır?

Həlli: Eyni qrupda yerləşən bu elementlərdən X-in sıra nömrəsi ən böyük olduğu üçün X qrupda ən axırıncı olur. Eyni qrupdakı elementlərdən altda yerləşən elementin elektronvermə qabiliyyəti daha böyükdür. Çünki qrupda yuxarıdan aşağıya doğru getdikcə atom radiusu artdığı üçün elektron daha asan verilir.

Buna görə Y-in elektron vermə qabiliyyəti Z-dən daha çox olduğundan Y-elementi Z-dən aşağıda yerləşir. Buna görə sıralama yuxarıdan aşağıya doğru Z,Y,X şəklində olur.

4. Davamlı X^{-2}, Y^{-1}, Z atom və ionları eyni sayda elektrona malik olduqlarına görə, neytral X,Y və Z atomlarının radiusu böyükdən kiçiyə doğru necə sıralanır?

Həlli: Əvvəlcə X,Y,Z elementlərinin neytral vəziyyətdə elektronlarının sayını tapaq. Neytral atomların isə proton sayları elektron saylarına bərabərdir. Bu ionların elektron saylarının 10 olduğunu qəbul edək. Buna görə proton sayları;

p-e=yük formuluna görə p-10=-2 olur. Buradan p=8 olur.

Y^{-1} ionu üçün p-10=-1 buradan p=9

Z atomu neytral olduğu üçün proton sayı elektron sayına bərabərdir.

Elektron sayı 10 olduğu üçün proton sayı da 10-dur.

X,Y,Z elementlərinin proton sayları tapılmışdır və oda elektron saylarına bərabər olduğundan elektron paylanmaları aşağıdakı kimi olacaqdır:

$_{8}X$)) $_{6}Y$)) $_{10}Z$))
2 6 2 7 2 8

Elektron qurluşundan görünür ki, energetik təbəqələrin sayları bərabərdir. Bu halda son elektron təbəqəsində az sayda elektronu olan atomun radiusu daha böyük olur.

Buna görə son elektron təbəqəsində daha çox elektron olan Z-in atom radiusu ən kiçik, X-inki isə ən böyük olacaqdır. Onda atom radiusunun böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı X,Y,Z şəklində olur.

5. X^{-1} ilə T^{+1} ionları birbirlərinin izotopları olduğuna görə T elementinin dövri sistemdəki yeri necədir?

Həlli: Bu elementlər bir-birlərinin izotopu olduğuna görə T elementinində sıra nömrəsi 17-dir. Neytral halda da 17 elektronu vardır. Buna görə elektron qurluşu aşağıdakı kimi olacaqdır.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ və ya)))
2 8 7

Elektron təbəqələrinin sayı üç olduğu üçün 3-cü dövrdə yerləşir.

Xarici elektron təbəqəsindəki sonuncu elektronlar p elektronları olduğu üçün T elementi əsas yarımqrup (yə'ni A qrupu) elementidir. Əsas yarımqrup elementlərində xarici energetik təbəqədəki elektronların sayı qrupun nömrəsini göstərdiyi üçün T elementi (2+5=7) 7A qrup elementidir.

6. $_{15}X$, $_{16}Y$, $_{9}Z$,$_{17}T$,$_{18}K$ atomlarının elektromənfiliklərinin böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı necədir?

Həlli:

$_{15}X$	)))			qeyri-metal	$_{17}T$	)))		qeyri-metal
	2 8 5					2 8 7		
$_{16}Y$	)))			qeyri-metal	$_{18}K$	)))		tə'sirsiz qaz
	2 8 6					2 8 8		
$_{9}Z$	))			qeyri-metal				
	2 7							

Elementin xarici elektron təbəqəsində nə qədər çox elektron varsa o daha elektromənfidir. Lakin K elementinin xarici elektron təbəqəsi tamamlandığından o "tə'sirsiz" qazdır və elektromənfiliyi ən azdır. Qeyri-metallardan isə xarici elektron təbəqəsində ən çox elektron olan Z və T-dir. Hər ikisinin xarici təbəqəsində 7 elektron olduğundan elektron təbəqəsinin sayı az olan Z-in elektromənfiliyi T-dən böyük olacaqdır.

Y-in xarici təbəqəsindəki elektron sayı X-dən böyük olduğundan Y-in elektromənfiliyi X-dən böyük olacaqdır. Buna görə X, Y, Z,T-nin elektromənfiliyə görə sıralanışı böyükdən kiçiyə doğru Z>T>Y>X>K şəklində olacaqdır.

7. $_{17}X$, $_{15}Y$, $_{12}Z^{+2}$,$_{10}T$ ion və atomlarının ionlaşma enerjilərinin böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı necədir?

Həlli: İonlaşma enerjilərinin böyüklüyünü bilmək üçün verilən atom və ionun elektron qurluşu yazılır.

$_{17}X$)))
2 8 7

$_{12}Z^{+2}$))
2 8

$_{15}Y$)))
2 8 5

$_{10}T$))
2 8

Əvvəlcə xarici elektron təbəqələrindəki elektronların sayını müqayisə edirik. Hansı elementin daha çox elektronu varsa o elementin ionlaşma enerjisi daha böyükdür. Buna görə T və Z-in ionlaşma enerjisi digərlərindən böyük olacaqdır. Son təbəqələrindəki elektron sayları bərabər isə o zaman proton sayı böyük olan elementin ionlaşma enerjisi daha böyük olur. Buna görə Z^{+2}-nin ionlaşma enerjisi T-dən daha böyükdür.

Söylədiyimiz izahatlara görə ionlaşma enerjilərinin böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı

$$Z^{+2} \rightarrow T \rightarrow X \rightarrow Y$$ şəklində olur.

8. Atom kütləsi 27 olan X^n ionunun 10 elektronu vardır. X elementinin neytron sayı proton sayından bir vahid çox olduğuna görə n-nin qiyməti necədir?

Həlli: Atom kütləsi proton və neytronların cəminə bərabərdir A=p+n.

Şərtə görə isə n=p+1 olduğundan

A=p+p+1 olur.

Onda 27=2p+1, buradan p=13 alarıq.

p-e=yük formulunda p və e-nin qiymətlərini yerinə yazsaq

13-10=n və ya n=+3 alarıq.

9. X və Y elementlərinin ilk dörd ionlaşma enerjiləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

İonlaşma enerjisi (kkal/mol)

	E_1	E_2	E_3	E_4
X	191,31	579,94	874,44	5979,41
Y	214,92	419,83	3547,78	5019,17

Buna görə X və Y elementlərinin dövri sistemdə yerləşdikləri qrupun nömrəsini tapın.

Həlli: X elementinin ionlaşma enerjilərinə baxdıqda ionlaşma enerjisinin ən çox dəfə artımı E_3 və E_4 arasında olduğu üçün bu atomun xarici elektron təbəqəsində üç elektron vardır. Çünki 4-cü elektronu qoparmaq üçün daha çox enerji verilməsi bu elektronun xaricdən əvvəlki təbəqədən qopduğunu göstərir. Deməli, 4-cü elektron xaricdən əvvəlki təbəqədən qopmuşdur.

Y elementinin ionlaşma enerjilərinə baxdıqda ionlaşma enerjisi arasında fərq ən çox dəfə E_2 və E_3 arasındadır. Deməli Y elementinin xarici təbəqəsində iki elektron vardır.

Bunlara görə xarici təbəqəsində 3 elektronu olan X 3A qrupunda, xarici təbəqəsində 2 elektron olan Y isə 2A qrupunda yerləşir.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Atom kütləsi 23, neytron sayı 12 olan A elementinin +1 yüklü ionunun elektron qurluşu necədir?

C a v a b: $1s^2 2s^2 2p^6$.

2. 3-cü dövr 3A qrupu elementinin (+3) yüklü ionundakı elektron sayı neçədir?

C a v a b: 10.

3. Xlorun sıra nömrəsi 17-dir, atom kütləsi isə 35-dir. Xlor elementinin atom kütləsi 37 olan izotopunun ən davamlı birləşmələrində oksidləşmə dərəcəsi neçədir?

C a v a b: -1.

4. X, Y, Z elementləri eyni dövrdə yerləşirlər. X-in elektromənfiliyi ən yüksəkdir. Y-in birləşmələrində aldığı minimum və maksimum oksidləşmə dərəcələrinin cəmi sıfırdır. Z ionlaşma enerjisi ən aşağı olan qrup elementidir. Yuxarıdakı mə'lumatlara görə X,Y, Z atomlarının atom radiusları arasında necə bir əlaqə vardır?

C a v a b: Z>Y>X

5. $_{11}{}^{23}Na^{+}$, $_{16}{}^{32}S^{-2}$, $_{15}{}^{31}P^{-3}$, $_{14}{}^{28}Si^{+4}$, $_{18}{}^{36}Ar$ ion və atomlardan hansında elektron sayı proton sayından çoxdur?

C a v a b: $_{16}{}^{32}S^{-2}$, $_{15}{}^{31}P^{-3}$

6. $_{a}X^{+n}$, $_{b}Y$, $_{c}Z^{-n}$ atom və ionlarının elektron sayları bir-birinə bərabər olduqlarına görə bu elementlərin proton saylarının böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı necə olacaqdır?

C a v a b: a>b>c

7. X^{+2} ionu ilə Y^{-2} ionunun elektron sayları bir-birinə bərabərdir. Y elementi 2 dövr 6A qrupu elementidir. Buna görə X elementinin sıra nömrəsi neçədir?

C a v a b: 12.

8. Neytral X atomunun proton sayı neytron sayından 1 vahid əskik olub atom kütləsi 27-dir. Buna görə X atomunun elektron sayı neçədir?

C a v a b: 13.

9. X^{+2} $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
   Y $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
   Z^{-} $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

elektron qurluşlarına görə bu atom və ionların ionlaşma enerjiləri böyükdən kiçiyə doğru necə sıralanır?

C a v a b: $X^{+2}>Y>Z^{-1}$.

10. Valent elektronlarının sayı 6 olan və birləşmələrində (-2) oksidləşmə dərəcəsi göstərən element dövri cədvəldə hansı qrupda yerləşir?

C a v a b: 6A.

11. Atom kütləsi 35 olan bir elementin 18 neytronu olduğuna görə bu elementin valent elektronları sayı neçədir?

C a v a b: 7.

12. Eyni qrupda yerləşən X,Y,Z elementlərindən X-in elektron vermə qabiliyyəti Y-dən böyükdür. Z-in isə metallik aktivliyi X və Y-dən çoxdur. Bu mə'lumatlara görə X,Y və Z elementlərinin atom radiusları arasında necə bir əlaqə vardır?

C a v a b: Z>X>Y.

13. $_{15}A$ elementində neytron sayı (+3) yüklü ionundakı elektron sayından dörd ədəd çox olduğuna görə A elementinin atom kütləsi nə qədərdir?

C a v a b: 31.

14. XY birləşməsindəki X-in atom kütləsi 40, neytron sayı isə 20-dir. Y elementi arqon ilə eyni dövrdə yerləşir. Buna görə Y-in dövri sistemdəki yeri necədir?

C a v a b: 3-cü dövr 6A qrupu.

15. X atomu bir elektron alaraq X^{-1} ionu halına və bir elektron verərək X^{+1} ionu halına keçir. Bu mə'lumatlara görə X,X^{-1},X^{+1} atom və ionlarının radiuslarının böyükdən kiçiyə doğru sıralanışı necədir?

16. $_{7}N^{n}$ ilə $_{16}S^{m}$ ionlarının elektron saylarının bərabər olması üçün n və m-in qiymətləri neçə olmalıdır?

C a v a b: n=-3; m=+6.

17. $_{25}{}^{55}X$ atomlarından əmələ gələn X^{+2} ilə $_{26}{}^{56}Y$ atomlarından əmələ gələn Y^{+3} ionlarında hansı hissəciklər bərabər saydadır?

18. X^{+2} ionunda 18 elektron olduğuna görə X elementinin dövri sistemdəki yeri necədir?

C a v a b: 2A qrupu, 4-cü dövr.

19. a)NO^{3-}, b)PH_3 ion və birləşməsində neçə elektron və proton vardır?

C a v a b: a) 32 elektron, 32 proton; b) 18 elektron, 18 proton.

20. Elə iki element göstərin ki, onların atomlarında elektron cütlərinin sayı bərabər olsun.

C a v a b: Li və C.

21. Atom $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$ elektron qurluşuna malikdir. Elementin yerləşdiyi qrupun, dövrün nömrəsini, maksimal oksidləşmə dərəcəsini və spin kvant ədədinin cəmini göstərin.

C a v a b: 4-cü dövr, VII qrup; 7+; 2,5.

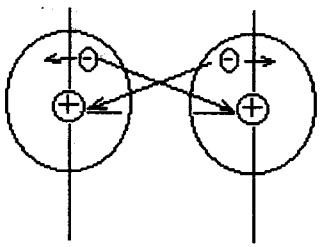
VIII fəsil

KİMYƏVİ RABİTƏ

Maddənin xassəsi onun kimyəvi tərkibi, molekulundakı atomların birləşmə ardıcıllığı və onların qarşılıqlı tə'siri ilə müəyyən edilir. Atomun qurluş nəzəriyyəsi kimyəvi rabitənin təbiətini və molekulun əmələ gəlmə mexanizmini izah edir.

Molekul dedikdə, iki və ya daha çox atomdan təşkil olunmuş sistem nəzərdə tutulur. Ən sadə molekul, iki hidrogen atomundan əmələ gəlmiş hidrogen molekuludur (H_2). Hidrogen molekulunda hidrogen atomlarını bir-birinə bağlayan qüvvələrin cəmi kimyəvi rabitə adlanır.

Bir hidrogen atomunun nüvəsi ilə digər hidrogen atomunun elektron təbəqəsi arasında cazibə qüvvələri, iki hidrogen atomunun nüvələri arasında və elektron təbəqələri arasında isə dəfetmə qüvvələri mövcud olur.



Müəyyən olmuşdur ki, kimyəvi rabitənin yaranması və onun təbiəti əsasən qarşılıqlı tə'sirdə olan element atomlarının xarici elektron təbəqələrinin qurluşu ilə bilavasitə əlaqədardır.

Ümumiyyətlə, atom və molekul haqqındakı hazırki mə'lumat ayrı-ayrı kimyəvi rabitələrin mənşə e'tibarılə eyni, yə'ni yalnız elektron mənşəli olmasını göstərir. Lakin, müxtəlif kimyəvi birləşmələrdə kimyəvi rabitələr əmələgəlmə mexanizminə və təbiətinə görə bir-birindən fərqlənir.

Beləliklə, atomların iki və ya çoxatomlu kimyəvi davamlı sistem əmələ gətirməklə qarşılıqlı tə'sirinə kimyəvi rabitə deyilir.

Rabitənin əmələ gəlməsində iştirak edən elektronlara valent elektronları deyilir.

Oktet qaydasına görə kimyəvi rabitə yaranarkən xarici energetik səviyyələr tamamlanır - əksər halda səkkiz elektronlu oktet ns^2np^6, bə'zi halda (H^-, He, Li^+, Be^{+2}, B^{+3} - atom və ionları üçün) ikielektronlu dublet yaranır. Kimyəvi rabitənin dörd tipini ayrıd edirlər: kovalent rabitə, ion rabitəsi, metal rabitəsi və hidrogen rabitəsi.

İon rabitəsi.

Duzlar, oksidlər və qələvilərin molekullarındakı atomlar arasındakı kimyəvi rabitənin izahı üçün ion rabitəsi haqqında nəzəriyyədən istifadə edilir.

İon rabitəsi nəzəriyyəsinə əsasən atomun ən davamlı elektron konfiqurasiyası xarici elektron təbəqəsində 8 və 2 elektronlu təbəqənin yaranması ilə əmələgələn elektron konfiqurasiyasıdır. Xarici elektron təbəqələrinin davamlılığına görə tə'sirsiz qazlar öz adını almışdır.

Atomlar kimyəvi reaksiyalarda mümkün qədər davamlı elektron konfiqurasiyasına malik olmağa çalışırlar. Bu, başqa atomların elektronlarını özünə birləşdirməklə və ya öz valent elektronunu digər atoma vermək yolu ilə baş verir.

Elektronların bir hissəsini vermiş atom müsbət yüklənir və müsbət yüklü iona çevrilir. Özünə elektron birləşdirən atom isə mənfi yüklənir və mənfi yüklü ionlar əmələ gətirir. Müxtəlif yüklü ionlar bir-birini cəzb edir və kimyəvi birləşməni əmələ gətirir.

İonlar arasında elektrostatik cazibə qüvvəsi ilə yaranan kimyəvi rabitəyə elektrovalent və ya ion rabitəsi deyilir.

İonların bir-birini cəzbetməsi yolu ilə əmələ gələn birləşmələrə heteropolyar və ya ion birləşmələri deyilir.

İon rabitəsi elektromənfilikləri kəskin fərqlənən elementlərdən əmələ gəlmiş ion birləşmələrində müşahidə edilir. Bu birləşmələrə qələvi və qələvi-torpaq metallarının hallogenidləri, oksidləri, həmçinin qələvilər və duzlar aiddir.

Bu birləşmələrdəki rabitə 100% ion xarakteri daşımır.

Alman alimi Kossel göstərmişdir ki, metal və qeyri-metal atomları qarşılıqlı tə'sirdə olduqda onlardan birincisi elektron verərək müsbət, 2-cisi isə elektron alaraq mənfi iona çevrilir. Əmələ gəlmiş əks-işarəli ionlar arasında aşağıdakı sxem üzrə ion rabitəsi yaranır:

$$K^0+Cl^0 \rightarrow K^+ + Cl^- \rightarrow K^+Cl^-$$

Rabitə əmələ gətirən ionlar həm sadə (Li^+, Na^+, Cs^+, Cl^-, F^- və s.), həm də mürəkkəb (NH^+_4, SO_4^{-2}, NO_3^- və s.) olur və bunlara uyğun da birləşmələr mövcuddur. Məsələn, NaF, $CaCl_2$, BaF_2, CsBr, NH_4NO_3 və başqaları ion rabitəli birləşmələrdir.

Kovalent rabitədən fərqli olaraq ion rabitəsində istiqamətlilik və doymuşluq xassəsi yoxdur. İonlara elektrik yükü olan kürəcik kimi baxılır və onların elektrik sahəsi fəzada bütün istiqamətlərdə bərabər paylanır. Ona görə də hər bir ion əks-yüklü ionları bütün istiqamətlərdə cəzb edir.

Deməli, ion rabitəsi fəzada istiqamətlənməmiş olur. Əks - işarəli iki ionun qarşılıqlı tə'siri onların elektrik sahəsini tam kompensasiya edə bilmədiyindən həmin ionlar müxtəlif istiqamətlərdə digər ionları da cəzb edir. Beləliklə, ion rabitəsi doymamışlıq xassəsi göstərir.

Qələvi metallar ilə hallogenlər arasında ion rabitəsi yaranarkən qələvi metalların ionlaşma enerjisi, hallogenlərin elektron qohumluğundan çox olur. Məsələn, Cs-un ionlaşma enerjisi J=89,4 kkal/mol, Cl-un elektron qohumluğu isə E_{qoh}=86,5 kkal/mol-dur.

Göstərilən rəqəmlərin müqayisəsi göstərir ki, qaz halında olan xlor və Cs atomlarının müvafiq ionlara çevrilməsi prosesi 2,9 kkal/mol enerjisinin sərf edilməsi ilə əlaqədardır.

$$Cs_{(q)} \rightarrow Cs^+_{(q)} + e^- \quad J=89,4 \text{ kkal/mol}$$
$$Cl_{(q)} + e^- \rightarrow Cl^-_{(q)} \quad E_{qoh}=86,5 \text{ kkal/mol}$$

Xlorun elektron alması zamanı ayrılan enerji Cs-un elektron verməsinə sərf olunan enerjini ödəmir. Buradan belə nəticə çıxır ki,

Cl ilə Cs arasında qarşılıqlı kimyəvi tə'sir energetik əlverişli deyil. Lakin ionlar arasındakı elektrostatik cazibə qüvvəsi Kulon qanununa görə sistemin potensial enerjisini aşağıdakı düstura müvafiq olaraq azaldır:

$$V=-N_A \cdot e^2 \cdot q_1 q_2 / r$$

burada N_A - Avaqadro ədədini, e-elektronun yükünü ($4{,}8 \cdot 10^{-10}$ el.st.v.), q_1 və q_2 - ionların yükünü, r - ionlararası məsafəni (sm-lə) göstərir.

İon rabitəsi əmələ gətirən elementlərin oksidləşmə dərəcəsi qarşılıqlı kimyəvi tə'sir zamanı verilən və ya qəbul edilən elektronların sayı ilə müəyyənləşir.

İon rabitəsi vasitəsilə əmələ gələn birləşmələr ion birləşmələri adlanır.

İon rabitəsində istiqamətlilik və doymuşluq xassəsi olmadığından hər bir ion müxtəlif sayda əks yüklü ionlara birləşir ki, onların da sayı ionların ölçüsündən, müxtəlif və eyniyüklü ionların birbirini cəzb və dəfetmə qüvvətləri nisbətindən asılıdır. İon radiuslarının nisbəti 0,41÷0,73 olduqda hər ion 6 əks ionla (oktaedrik koordinasiya), 0,73÷1,37 arasında dəyişdikdə isə hər ion 8 əks yüklü ionla (kubik koordinasiya) əhatə olunur. Məsələn, NaCl kristalında hər bir Na^+ ionu $6Cl^-$ ionu ilə və əksinə, hər bir Cl^- ionu $6Na^+$ ionu ilə fəzada qarşılıqlı tə'sirdədir.

Kristalda atom və ionları əhatə edən atom və ionların sayı koordinasiya ədədi adlanır.

İon rabitəli birləşmələrdə kristallar molekullardan yox, çoxlu sayda əks-yüklü ionlardan ibarətdir. Ona görə də ion birləşmələr üçün yazılan molekul formulları şərtidir.

Yalnız yüksək temperaturda ion rabitəsi maddə qaz halına keçdikdə assosiasiya etməmiş molekullar halında olur (KCl, NaCl). İon və kovalent rabitələr arasında kəskin sərhəd yoxdur. Qeyri-polyar kovalent, polyar kovalent və ion rabitələri yalnız ümumi elektron cütünün polyarlaşma dərəcəsinə görə fərqlənirlər. İon rabitəsinə kovalent polyar rabitənin hüdud forması kimi baxılır.

$Cl:Cl$ — qeyri polyar kovalent

$H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}}:$ — polyar kovalent

$Na^{+}[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}}:]^{-}$ — ion

İon rabitəli birləşmələr, kovalent rabitəli birləşmələrdən bir sıra xassələrinə görə fərqlənir.

İon rabitəli birləşmələr polyar həlledicilərdə yaxşı həll olur, ionlara dissosiasiya edir, kimyəvi reaksiyalara asan daxil olur və yüksək ərimə və qaynama temperaturuna malik ion kristalları əmələ gətirir. İon birləşmələrinin ərintiləri elektrik cərəyanını keçirir.

Kovalent rabitə

Kovalent rabitə çox geniş yayılmışdır. Molekulların əksəriyyətinin əmələ gəlməsi kovalent rabitə ilə əlaqədardır.

İon rabitəsində olduğu kimi kovalent rabitə nəzəriyyəsinin də əsas mahiyyətini qarşılıqlı kimyəvi tə'sirdə olan element atomlarında xarici davamlı elektron konfiqurasiyasının əmələ gəlməsi təşkil edir. Lakin kovalent rabitənin yaranması zamanı ion rabitəsindən fərqli olaraq, elektronun bir element atomundan digərinə tam keçidi baş vermir. Yalnız qarşılıqlı tə'sirdə olan hər iki element atomlarının açıq elektronlarının bir-birilə qapanması hesabına ümumi elektron cütləri yaranır ki, bunlar da eyni vaxtda həp iki atoma aid olub, onların arasında rabitənin yaranmasına səbəb olur. Ümumi elektron cütü vasitəsilə əmələ gələn kimyəvi rabitəyə kovalent və ya atom rabitəsi deyilir.

Elektron cütünün yaranmasında iki atom iştirak edir və onun əmələ gəlməsi üçün hərəsi bir elektron verir. Bu elektronlar hər iki atomun xarici elektron təbəqələrində yerləşir.

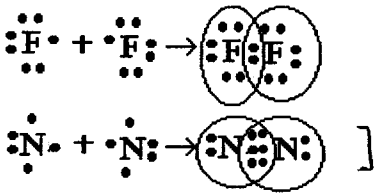
Ümumi elektron cütünü əsasən rabitə yaradan atomların cütləşməmiş (tək ↓) valent elektronları əmələ gətirir. Bu zaman valent elektronları antiparalel spinlərə ↑↓ malik olmalıdır. Yalnız bu şərt daxilində, toqquşan iki atomun elektron buludları birbirini örtərək nüvələrarası elektron sıxlığını artırır və onun vasitəsilə hər iki nüvə cəzb olunaraq davamlı molekul əmələ gətirir.

Kovalent rabitəni qoşa nöqtə, xətt və ya kvant xanaları ilə göstərirlər.

$H\cdot + \cdot H \rightarrow H:H$ $\qquad H\uparrow + \downarrow H \rightarrow H\boxed{\uparrow\downarrow}H \rightarrow H_2.$

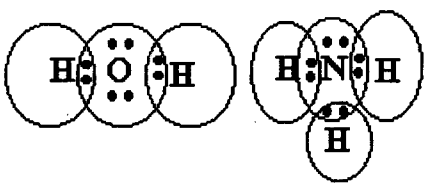
$H\cdot + \cdot H \rightarrow H - H$

Əgər xarici elektron təbəqəsindəki elektronları elementin kimyəvi işarəsinin ətrafında nöqtə ilə göstərsək, onda fülor və azot molekulunda kovalent rabitənin əmələ gəlməsini sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar:



Hər bir fülor atomu ümumi elktron cütünün yaranmasına bir elektron verir və xarici elektron təbəqəsini "tə'sirsiz" qazlar kimi 8-ə tamamlayır və özünə yaxın "tə'sirsiz" qazın elektron qurluşuna malik olur. Xarici təbəqəsində 5 elektronu olan azot atomları öz aralarında üç ümumi elektron cütü əmələ gətirir və davamlı 8 elektronlu təbəqə əmələ gətirir.

Kovalent rabitəli daha mürəkkəb birləşməyə misal suyu və amonyakı göstərmək olar.



Kovalent rabitə universal xarakter daşıyan lokallaşmış ikielektronlu, ikimərkəzli rabitədir.

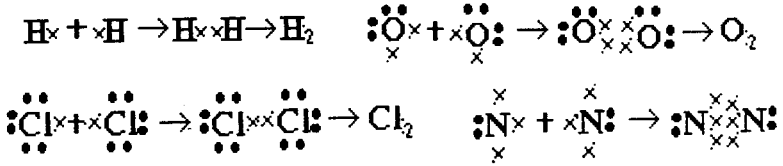
Lokallaşmış rabitə dedikdə, məhdud sahədə yalnız iki atom arasında tə'sir göstərən rabitə başa düşülür.

Kovalent rabitənin əmələ gəlmə mexanizmi. Kovalent rabitə əsasən iki müxtəlif mexanizm üzrə əmələ gəlir:

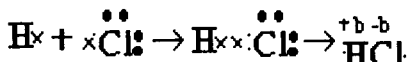
1. Əks spinli tək elektronların qoşalaşması ilə (elektronların mübadilə mexanizmi);
2. Donor-akseptor mexanizmi ilə.

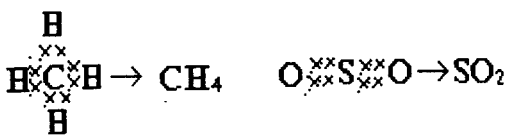
Birinci mexanizm üzrə kovalent rabitə atomların əks-spinli tək elektronlarının şərikləşdirilməsi yolu ilə yaranır və həmin proses elektron buludlarının qapanması kimi təsəvvür olunur. Bu halda əmələ gələn rabitələrin sayı şərikli elektronların cütlərinin və yaxud hər bir atoma məxsus tək elektronların sayına bərabərdir.

Rabitənin əmələgəlmə sxemini sadələşdirmək məqsədilə elektron orbitalları şərti olaraq element simvolu ətrafında tək və ya cüt nöqtələrlə göstərilir. Şərikləşmədə iştirak edən elektronlar isə ulduz şəklində yazılır:

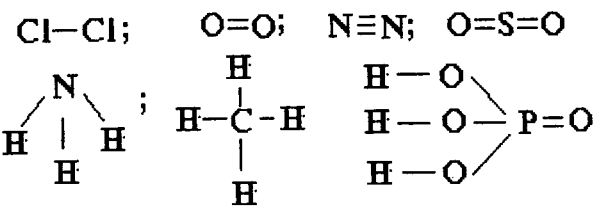


Kovalent rabitə nəinki eyni, həm də müxtəlif atomlar arasında yaranır:





Kimyəvi rabitə yaradan hər elektron cütü bir valent xətti ilə (-) işarə olunur və molekulların qurluş formulları qrafiki şəkildə göstərilir:



Donor-akseptor rabitə bölünməmiş elektron cütü və boş orbitallar arasında yaranır. Bu, sxematik şəkildə aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$A: + \square B \rightarrow A[:]B$$

Burada özünün bölünməmiş elektron cütünü ümumi istifadə üçün təqdim edən A komponenti donor, boş orbitallarının vasitəsilə hazır elektron cütünü ortaq (şərik) olan B komponenti isə *akseptor* adlanır. Bu yolla əmələ gələn kovalent *rabitə donor-akseptor* və ya *koordinasiya rabitəsi* adlanır.]

Beləliklə, donor-akseptor rabitə nəticə e'tibarı ilə həmçinin kovalent rabitəni xatırladır. Kimyəvi rabitənin bu növü 1893-cü ildə kompleks birləşmələrin koordinasiya nəzəriyyəsini yaratmış A. Verner tərəfindən kəşf edilmişdir və bununla əlaqədar olaraq donor-akseptor rabitə əvvəllər koordinativ rabitə adlandırılmışdır.

Donor-akseptor rabitəyə misal kimi ammonium-ionunun əmələ gəlmə sxemini göstərmək olar.

Azot atomunun bölünməmiş elektron cütü iki nöqtə, hidrogen ionunun baş orbitalı dördbuçaqlı şəkildə işarə edilərsə, onda ammonium ionunun əmələ gəlmə sxemi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\underset{\text{donor}}{H_3N:} + \underset{\text{akseptor}}{\square H^+} \rightarrow [H_3N^{\times}_{\times}H]^+ \rightarrow [H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{N}}-H]^+$$

$$:\overset{\times}{\underset{\times}{N}}\times + 3H\times \rightarrow :NH_3$$

Bor hidridlə BH_3 hidrid ionu H^- arasında yaranan kovalent rabitə də donor-akseptor mexanizmi üzrə əmələ gəlir:

$$H_3B\square + :H^- \rightarrow [H_3B^{\times}_{\times}H]^- \rightarrow [H - \overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{B}} - H]^-$$

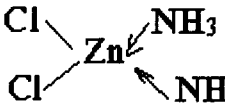
$$\square\overset{\times}{\underset{\times}{B}}\times + 3H\times \rightarrow \square BH_3$$

Müəyyən edilmişdir ki, NH_4^+ və BH_4^- ionlarındakı N-H və B-H rabitələrinin hamısı eyni güclüdür. Deməli, tək elektronların şərikləşdirilməsi yolu ilə əmələ gələn kovalent rabitə, donor-akseptor mexanizmi ilə əmələ gələn rabitədən fərqlənir.

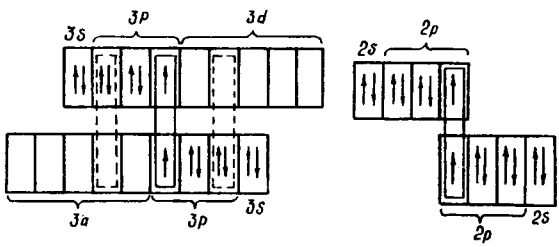
Donor-akseptor rabitəsi donor atomun valentliyini (V) bir vahid artırır, oksidləşmə dərəcəsini (ok.d) isə dəyişmir:

	V(O)	Ok.d (O)		V(N)	k.d.(N)
H_2O	2	-2	NH_3	3	-3
H_3O+	3	-2	NH_4+	4	-3

Donor-akseptor rabitə bütün kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsində iştirak edir. Başqa sözlə, kompleks birləşmələrdə adi rabitələrlə yanaşı, bir qayda olaraq, donor-akseptor rabitə də olur. Kompleks birləşmələrin quruluş formulları yazılarkən, donor-akseptor rabitə adətən, akseptora tərəf istiqamətlənmiş oxla göstərirlir. Məsələn, diamin-dixlor-sink birləşməsindəki kimi:



Donor-akseptor mexanizmi ilə əmələ gələn kovalent rabitənin xüsusi bir halı **dativ rabitədir**. Bu rabitə eyni element atomları arasında əlavə rabitə kimi yaranır. Məsələn, xlor molekulunda atomlar arasında tək elektronlar əsas kovalent rabitə, bölünməmiş elektron cütü isə boş d-orbitalla əlavə olaraq donor-akseptor rabitə əmələ gətirir. Ona görə də xlor Cl_2 molekulları dativ rabitəsi olmayan F_2 molekullarından davamlıdır.



Cl_2 F_2

Kovalent rabitənin növləri

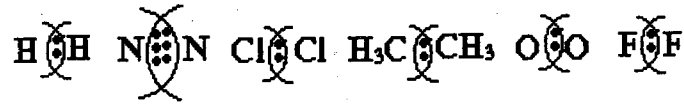
Kovalent rabitənin elektron cütünün atomlar arasında paylanması xüsusiyyətinə görə 2 növünü ayrıd edirlər;

1. polyar; 2. Qeyri-polyar kovalent rabitə.

Eyni atomlar arasında elektron cütü ilə yaranan kovalent rabitə qeyri-polyar kovalent rabitə adlanır.

Başqa sözlə, ümumi elektron cütü hər iki atomun nüvəsinə eyni dərəcədə mənsub olan kovalent rabitəyə *qeyri-polyar rabitə* deyilir.

H_2, Cl_2, O_2, N_2 və F_2 molekullarında və eləcədə eyni atom qrupları arasındakı rabitə qeyri-polyar kovalent rabitəyə misal ola bilər.



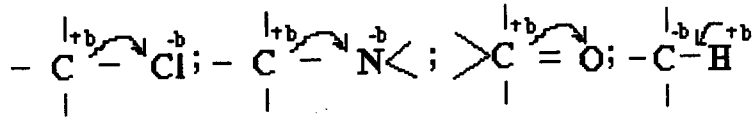
Əgər rabitələnən atomların elektromənfilikləri müxtəlif olarsa, başqa sözlə, müxtəlif element atomları birləşərsə, onda şərikləşdirilmiş elektron cütü qeyri-simmetrik vəziyyət alır, yə'ni elektron cütü elektromənfiliyi çox olan atoma doğru cəzb olunur.

Rabitəni əmələ gətirən ümumi elektron cütü atomlardan birinə doğru çəkilmiş olan kovalent rabitəyə polyar rabitə deyilir.

Başqa sözlə *müxtəlif atomlar arasında elektron cütü ilə yaranan rabitəyə polyar kovalent rabitə deyilir.*

Məsələn, HCl, H_2O, SO_2 və s. molekullarında elektron cütləri rabitədə qeyri-simmetrik yerləşir və polyar kovalent rabitə əmələ gətirir.

Belə rabitəyə nəinki qeyri-üzvi, həmdə üzvi birləşmələrdə çox təsadüf edilir. Məsələn, üzvi birləşmələrin hallogenli törəmələrində, aminli birləşmələrdə, aldehidlərdə, ketonlarda və üzvi turşularda karbon atomu ilə heteroatom arasında polyar-kovalent rabitə yaranır ki, bunu sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərsmək olar:

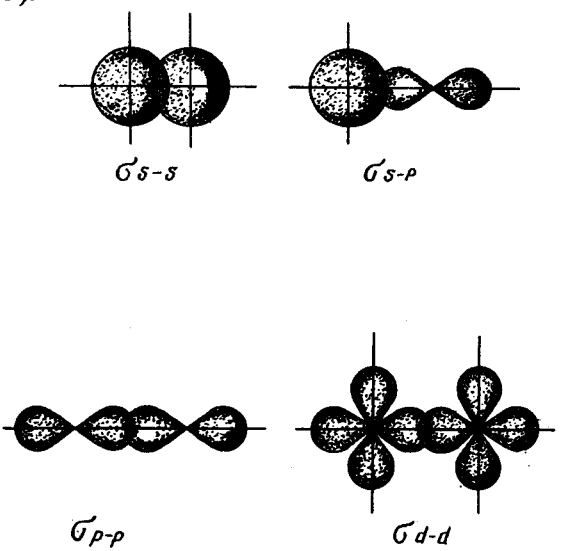


Kovalent rabitə əsasən qeyri-metal-atomları arasında əmələ gəlir.

σ(siqma)-, π(pi)-, δ(delta)-rabitələr

Molekulda elektron buludlarının qapanmasının qarşılıqlı tə'sirdə olan atomların nüvələrini birləşdirən düz xəttə görə simmetriyasından asılı olaraq, ikielektronlu kimyəvi rabitələr σ- və π-rabitələrə bölünür.

Molekulda elektron buludlarının qapanması atomların nüvələrini birləşdirən düz xəttə tamamilə simmetrik olduqda əmələ gələn rabitə σ-rabitə adlanır. Başqa sözlə, σ- rabitənin simmetriya oxu qarşılıqlı tə'sirdə olan iki atomun nüvələrini birləşdirən düz xəttin üzərinə düşür. Bu halda atomlardan birinin, hər iki atom nüvələrini birləşdirən düz xətt ətrafında fırlanması rabitəni pozmur, σ- rabitə ayrılıqda iki s-, iki p-, iki d-, bir s- və bir p elektronların və bütün hibrid elektronların (bax hibridləşmə) qapanması zamanı əmələ gəlir (şəkil 9).

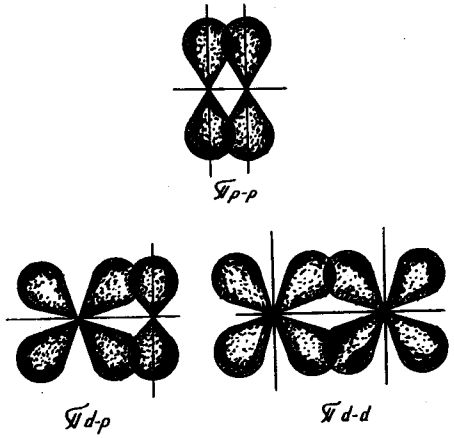


Şəkil 9. σ-rabitənin əmələ gəlməsi

Elektron buludlarının örtülməsi nə qədər çox olarsa, kovalent rabitə bir o qədər davamlı olur. Əgər atomlar arasında bir kovalent rabitə yaranırsa, ona birqat kovalent rabitə deyilir. Bütün bir qat rabitələr σ-rabitələrdir.

Kimyəvi rabitəni əmələ gətirən atomların mərkəzlərini birləşdirən oxun hər iki tərəfində orbitalların yandan örtülməsi hesabına yaranan kovalent rabitə π- rabitəsi adlanır.

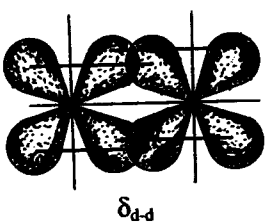
π-rabitə əmələ gəldikdə nüvələri birləşdirən oxa perpendikulyar yerləşmiş iki p- orbitalın qarşılıqlı tə'sirindən oxun hər iki tərəfində orbitalların bir-birini örtmə sahəsi yaranır. π- rabitə iki p- orbital, p- və d- orbitalları və iki d- orbital arasında əmələ gəlir (şəkil 10). Buna uyğun olaraq həmin rabitə $\pi_{p\text{-}p}$, $\pi_{p\text{-}d}$, $\pi_{d\text{-}d}$ simvolları ilə işarə olunur.



Şəkil 10. π-rabitənin əmələ gəlməsi

π-rabitəsini əmələ gətirən elektron buludlarının qapanması atomların nüvəsini birləşdirən düz xəttə simmetrik olmadığı üçün atomlardan birinin müəyyən bucaq altında fırlanması rabitəni pozur.

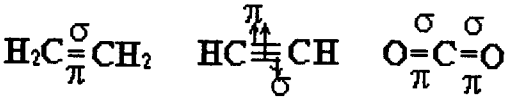
Paralel müstəvilərdə yerləşmiş iki d- orbitalın dördləçəkli elektron buludlarının bir-birini qapaması zamanı δ- rabitə yaranır (şəkil 11).



Şəkil 11. δ(delta) rabitənin əmələ gəlməsi

Beləliklə, s-elektronlar yalnız σ- rabitə, p-elektronlar σ- və π- rabitələr, d-elektronlar isə σ-, π- və δ- rabitələr əmələ gətirə bilər.

Eyni molekul tərkibində fəzada bir-birinə perpendikulyar müstəvilərdə yerləşən σ- və π- rabitələrin qoşalaşması nəticəsində iki və üçqat rabitələr yaranır. Məsələn, etilen, asetilen, karbon qazı və bir sıra digər birləşmələrdə olduğu kimi.



π- rabitənin enerjisi σ- rabitənin enerjisindən az olduğundan onun davamlılığı da aşağıdır. Ona görə kimyəvi reaksiyalarda π- rabitə 1-ci olaraq qırılır.

Kovalent rabitənin xassələri

Kovalent rabitə uzunluğu, enerjisi, tərtibi, polyarlığı, doymuşluğu və istiqamətliliyi ilə xarakterizə olunur.

Rabitənin uzunluğu, atom nüvələri arasındakı məsafədir (nanometrlə (nm) ölçülür). Kimyəvi rabitənin uzunluğu nə qədər az olursa, rabitə bir o qədər davamlı olur. Lakin rabitənin davamlılıq ölçüsü rabitə enerjisidir.

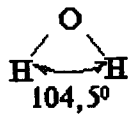
Rabitə enerjisi, rabitəni qırmaq üçün lazım olan enerjinin miqdarıdır. Kimyəvi rabitə yarandıqda ayrılan enerjinin miqdarı rabitənin əmələgəlmə enerjisi adlanır. Həmin rabitəni parçalamaq üçün sərf olunan enerjinin miqdarına isə rabitənin parçalanma enerjisi deyilir. Rabitənin əmələgəlmə və parçalanma enerjiləri qiymətcə bərabər, işarəcə əks olur. Bu enerji nə qədər çox olarsa, kimyəvi rabitə də bir o qədər davamlı olur.

Kimyəvi rabitənin enerjisi adətən 1 mol maddəyə aid edilib kC ilə ölçülür.

Kimyəvi rabitə enerjisini tə'yin etdikdə onların orta qiyməti götürülür, çünki molekullarda rabitələr həmişə eyni qüvvəli olmur. Rabitə enerjisinin orta qiymətini tapmaq üçün molekulun əmələgəlmə enerjisini rabitələrin sayına bölmək lazımdır. Məsələn, NH_3-ün əmələgəlmə enerjisi 1170 kC/mol olduğundan N-H rabitəsinin enerjisi 1170:3=390 kC/mol olur.

H-H, Cl-Cl və N≡N rabitələrinin enerjisi müvafiq olaraq 436; 242 və 946 kC/moldur, bu rabitələrin uzunluğu isə 0,074; 0,198 və 1,09 nm-dir. Rabitələr arasında qalan bucağa *valent bucağı* deyilir.

Məsələn, su molekulunda rabitə xətləri $104,5^0$ bucaq altında yerləşmişdir.



Rabitənin tərtibi, iki atomu birləşdirən elektron cütlərinin sayı ilə müəyyən edilir. Belə ki, etan $H_3C:CH_3$, etilen $H_2C::CH_2$ və asetilendə HC:::CH karbon atomları arasındakı rabitə müvafiq olaraq birqat, ikiqat və üçqat rabitədir. Rabitənin tərtibi artdıqca onun enerjisi artır, uzunluğu isə azalır. Məsələn, C-C, C=C və C≡C rabitələrinin enerjisi müvafiq olaraq 354; 620 və 810 kC/mol, uzunluğu isə 0,154; 0,133 və 0,120 nm-dir.

Rabitənin polyarlığı. Polyar rabitədə elektron sıxlığı bərabər paylanmadığından atomun birində qismən mənfi, digərində qismən müsbət yük yaranır və bu elektrik yükləri atomun molekuldakı vəziyyətini, onun xassələrini səciyyələndirir. Tam olmayan həmin elektrik yükləri atomun effektiv yükü adlanır və ±δ(delta) ilə işarə olunur. Məsələn, HCl molekulunda xlor atomunun effektiv yükü δ=-0,17,hidrogen atomununku isə δ=+0,17-dir.

Kimyəvi rabitənin polyarlıq dərəcəsinin miqdar ölçüsü dipolun elektrik momentidir. Polyar rabitəyə müəyyən məsafədə yerləşmiş əks-işarəli elektrik yüklərindən ibarət dipol sistemi kimi baxmaq olar. Bu halda atomun effektiv yükü dipolun elektrik yükləri olur. Belə sistemin dipol momenti (μ), müsbət və mənfi yüklər arasındakı məsafənin (*l*) atomun effektiv yükü (δ) hasilinə bərabər götürülür, yə'ni $\mu=\delta \cdot l$.

Dipolun uzunluğu təqribən iki atom nüvələrinin arasındakı məsafəyə (10^{-8} sm) elektronun yükü isə $4,8 \cdot 10^{-10}$ elektrostatik vahidə bərabər olduğundan, dipol momentinin təqribi qiyməti aşağıdakı kəmiyyətlə xarakterizə oluna bilər:

$$\mu=4,8 \cdot 10^{-10} \text{el. st. v.} \cdot 10^{-8} \text{ sm} = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ el. st. v. sm.}$$

Bu kəmiyyət dipol momenti üçün vahid qəbul edilmişdir ki, o da Hollandiya alimi Debayın şərəfinə "debay" adlanır və "D" hərfi ilə işarə olur.

Dipol momenti adətən kulon·metrlə (*Kl*·m) ifadə olunur.

Debay ilə Kulon-metr ölçü vahidləri arasında $1D=3{,}33\cdot10^{-30}$ *Kl*·m əlaqəsi vardır.

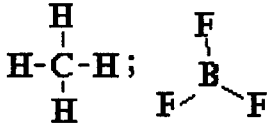
Dipolun uzunluğunu atomun diametrinə yaxın ($l \approx 10^{-10}$ m), atomun elektrik yükünü isə elektronun yükünə ($\delta=1{,}6\cdot10^{-19}$ *Kl*) bərabər götürsək, onda dipol momenti

$$\mu=10^{-10}\text{m}\cdot 1{,}6\cdot10^{-19}\ Kl = 1{,}6\cdot10^{-29} Kl\cdot\text{m}=4{,}8\text{D}$$ alınır.

Bir qayda olaraq ayrı-ayrı rabitələrin dipol momentindən yox, molekulun ümumi dipol momentindən istifadə olunur.

Elə molekullar vardır ki, ondakı kimyəvi rabitələrin hamısı polyar olduğu halda molekul ümumilikdə qeyri polyar olur.

Məsələn,



Qeyri-polyar molekulların dipol momenti sıfıra bərabərdir. İon molekulların dipol-momenti isə 4-8 D həddində olur. Polyar molekulların dipol momenti sıfırdan böyük, 4D-dən isə kiçik olur.

Beləliklə, polyar molekullar qeyri-polyar molekullarla ion molekulları arasında aralıq yer tutur.

Bu üç növ molekul aşağıdakı şəkildə göstərilə bilər:

Kovalent rabitəli maddələr kovalent birləşmələr adlanır.

Rabitənin doymuşluğu - atomların yalnız müəyyən sayda kovalent rabitə əmələ gətirməsi xassəsidir. Məsələn, hidrogen atomu bir rabitə, karbon atomu ən çox dörd rabitə əmələ gətirir. Rabitələrin doymuşluğunun nəticəsi kimi molekullar müəyyən tərkibə malik olur: H_2, CH_4, HCl və s.

Kovalent rabitənin istiqamətliliyi. İstiqamətlilik əlaməti kovalent rabitənin əsas xarakter xüsusiyyətlərindən biridir.

Elektron buludlarının xarakteristikasına dair verilən mə'lumatlardan aydın oldu ki, s- orbitalın elektron buludu bütün istiqamətlərdə maksimal elektron sıxlığı eyni olan kürə formasındadır. Atoma xarici elektrik və maqnit sahəsi tə'sir etdikdə də s-elektron buludunun kürə forması dəyişmir. Bu halda elektron sıxlığı yalnız radiusun dəyişməsindən asılı olaraq dəyişə bilər. Məsələn, s- orbitalın 1s, 2s, 3s və s. ardıcıl sırasında radiusun artması ilə elektron sıxlığı tədricən ya arta, ya da azala bilər. Bunlarla əlaqədar olaraq, s- orbitalın elektron buludu nüvədən olan bütün istiqamətlər boyu kimyəvi rabitə yaratmaq imkanına malikdir.

s- orbitaldan fərqli olaraq, p-, d-, f-orbitalların elektron buludu fəza orientasiyasına malikdir, yə'ni fəzada müəyyən istiqamətə yönəlmiş şəkildə olur. Məsələn, p-orbitalların elektron buludları səkkiz rəqəmi formasında olmaqla, nüvədən hər iki istiqamətdə koordinat oxları boyu yerləşərək, öz aralarında 90^0-*li* bucaq əmələ gətirir. Başqa sözlə, hər bir p-orbitalın elektron buludunun sıxlığı müəyyən bir koordinat oxu boyu maksimuma çatır, digər koordinat oxları boyu isə praktiki olaraq, sıfıra bərabər olur. Buna görə p-orbitalların elektron buludu kimyəvi rabitəni s-orbitalda olduğu kimi nüvədən olan bütün istiqamətlərdə deyil, yalnız müəyyən konkret istiqamətdə, yə'ni elektron sıxlığının maksimum olduğu koordinat oxu boyu əmələ gətirə bilir. Beləliklə, bu halda kimyəvi rabitənin nüvədən olan müəyyən ciddi istiqamət üzrə yaranması, başqa sözlə, rabitənin əmələ gəlməsində istiqamətlilik əlaməti meydana çıxır.

Kovalent rabitənin istiqamətliliyi molekulların fəza qurluşunu, yə'ni həndəsi formasını müəyyən edir. Kovalent rabitənin fəzada istiqamətliliyini xarakterizə etmək üçün rabitələr arasındakı valent bucağı adlanan bucağdan istifadə edilir. Molekullarda kovalent rabitənin istiqamətliliyi öz növbəsində valent elektronlarının yerləşdiyi orbitalların (s-orbitaldan başqa) fəzada istiqamətliliyi ilə müəyyən edilir.

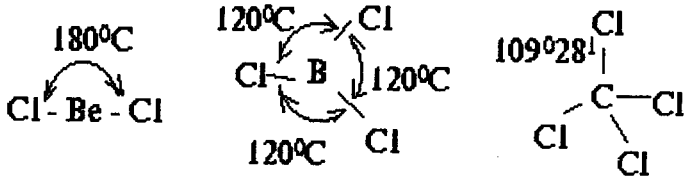
Hibridləşmə. Hibrid elektronların əmələ gətirdiyi rabitələrdə istiqamətlilik əlaməti özünü daha qabarıq şəkildə göstərir. Çünki hibrid orbitalların elektron buludları yalnız nüvədən olan bir isti-

qamətdə müəyyən koordinat oxu boyu daha güclü sürətdə dartılmış vəziyyətdə olur və bunun nəticəsində həmin istiqamətdə yüksək dərəcədə möhkəm rabitə yaradır.

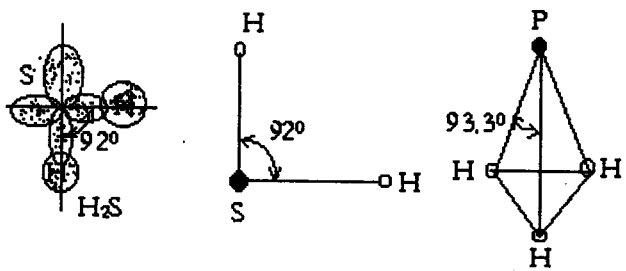
Molekul daxilində bir neçə rabitənin yaranması bə'zi hallarda eyni atomun müxtəlif orbitalları hesabına baş verir. Məsələn, berillium ($...2s^12p^1$), bor ($...2s^12p^2$), karbon ($...2s^12p^3$), və başqa atomların əmələ gətirdiyi rabitələrin yaranmasında s- və p- orbitalları iştirak edir.

Bu orbitalların forma və enerjiləri müxtəlif olduğundan, onların əmələ gətirdiyi rabitələrin də müxtəlif xarakterli olacağını gözləmək mümkündür. Lakin təcrübə yolu ilə müəyyən edilmişdir ki, həmin elementlərin birləşmələrində rabitələr eyni qüvvəlidir. $BeCl_2$ molekulunda hər iki Be-Cl, BCl_3 molekulunda hər üç B-Cl və CH_4 moleklunda hər dörd C-H rabitəsi eyni qüvvəli olmaqla, həm də simmetrik yerləşir.

Bu faktları izah etmək üçün elektron orbitallarının hibridləşməsi ideyasından istifadə edilir.



Atomların normal halda əmələ gətirdikləri molekulların həndəsi forması, yə'ni rabitələrin istiqamətliliyi rabitənin əmələ gəlməsində iştirak edən orbitalların istiqamətliliyi ilə müəyyən edilir. Misal olaraq, H_2S, H_2Te, H_2Se və PH_3, AsH_3, SbH_3 tipli molekulları göstərmək olar.



Bu molekullarda V və VI qrup element atomlarının p-orbitalları qarşılıqlı perpendikulyar olduğundan, rabitə bucaqları 90^0-yə yaxın olur, yə'ni A_2B - tipli molekullar düzbucaq formalı, A_3B-tipli molekullar isə piramida formalıdır.

AB - tipli hidrogen-hallogenidlər, F_2, Cl_2, Br_2, J_2 isə xətti qurluşa malik olur.

Həyəcanlanmış atomlardan molekullar əmələ gələrkən, molekulun həndəsi forması bilavasitə normal halda olan atomun elektron orbitallarının fəzada istiqamətliliyi ilə müəyyən edilmir.

Hibridləşmə təsəvvürlərinə görə molekulun əmələ gəlməsi zamanı atomlar həyəcanlandıqda orbitalların forma və enerjisi dəyişir.

Bu halda başlanğıc s-, p- və d- orbitalları sanki qarışaraq eyni qüvvəli, yə'ni eyni forma və enerjili hibrid orbitallar əmələ gətirir. *Müxtəlif növ orbitalların kombinasiyasından eyni enerjili və eyni formalı yeni orbitalların əmələ gəlməsi prosesinə hibridləşmə deyilir.*

Əgər rabitənin əmələ gəlməsində enerjiləri o qədər də bir-birindən fərqlənməyən orbitallar (məsələn, s-, p-) iştirak edirsə, onda onları bir-birindən maksimum uzaqlaşmış hibrid orbitallarla əvəz etmək olar.

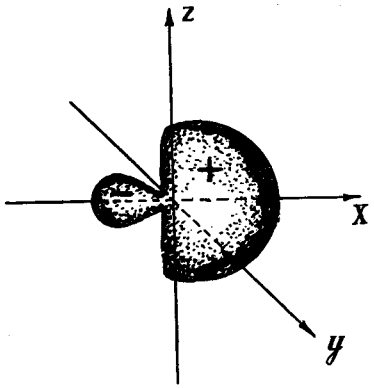
Atom orbitallarının hibridləşməsi kimyəvi reaksiya zamanı baş verir.

Bu halda, nəzərdən keçirilən atom cütləşmiş elektronların təklənməsi ilə baş verən həyəcanlanmış hala keçir. Bu keçidə sərf olunan enerji, reaksiya zamanı hibrid orbitallarının hesabına çoxlu sayda davamlı rabitələrin yaranması nəticəsində artıqlaması ayrılan enerji ilə ödənilir.

Hibridləşmiş orbitalda elektron buludu nüvənin bir tərəfinə çox dartıldığından onların qapanması daha çox olur və nəticədə nüvələrarası sahədə elektron sıxlığı artır. Ona görə də hibridləşmiş orbitallardan rabitə əmələ gəldikdə daha çox enerji ayrılır və deməli, rabitə daha davamlı olur.

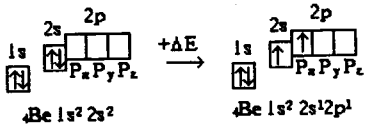
Hibridləşmiş orbitalların əmələ gətirdiyi rabitələr s və ya p-orbitalların əmələ gətirdiyi rabitələrdən daha davamlı olur və orbitallar fəzada daha simmetrik yerləşir.

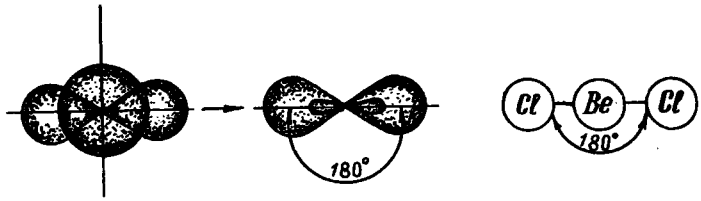
s- və p- orbitalların hibridləşməsindən əmələ gələn orbitalın forması aşağıdakı kimidir:



s- və p- orbitalları üçün üç tip hibridləşmə mümkündür:

sp-(es-pe) - hibridləşmə. Berillium atomunun xarici elektron təbəqəsində iki elektron $2s^2$ vəziyyətindədir. Berillium atomunu həyəcanlandırdıqda s elektronlarından biri p-yarımsəviyyəsinə keçir və sonra qalan bir s və bir p-orbitallarının qarışması nəticəsində 180^0-*li* bucaq altında yerləşmiş iki eyni və formaca qeyri-simmetrik sp- hibrid orbitalı yaranır.



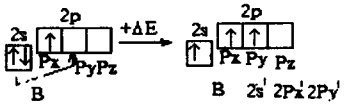


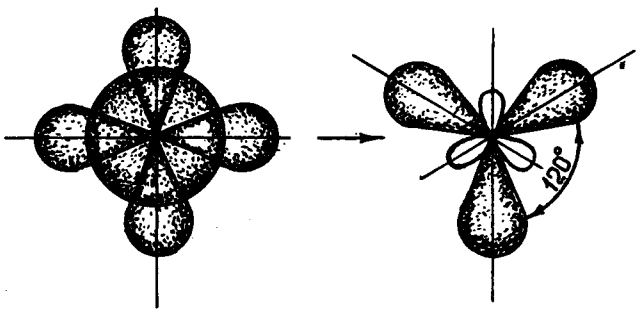
(S+P) *iki SP-orbital* *BeCl2*

sp^2-hibridləşmə. Bir s- və iki p- orbitalların kombinasiyasından 120^0 bucaq altında yerləşmiş üç hibrid orbitalın yaranması prosesinə sp^2 (es-pe-iki) hibridləşmə deyilir.

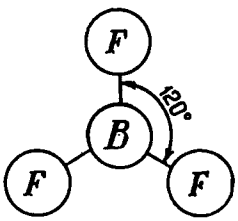
Bildiyimiz kimi B atomunun xarici təbəqəsindəki üç elektrondan ikisi s orbitalda biri isə p-orbitalda yerləşir. B atomunu həyəcanlandırdıqda s elektronlarından biri p- orbitala keçir və nəticədə bir s, iki p-orbitalları qarışaraq sp^2 hibrid orbitalı əmələ gətirir. Bu

cür üç sp^2 hibridə malik element rabitə bucağı 120^0 olan üç bucaq şəkilli molekul əmələ gətirir.





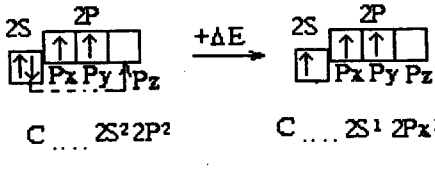
(S + P + P) *üç SP^2-orbital*

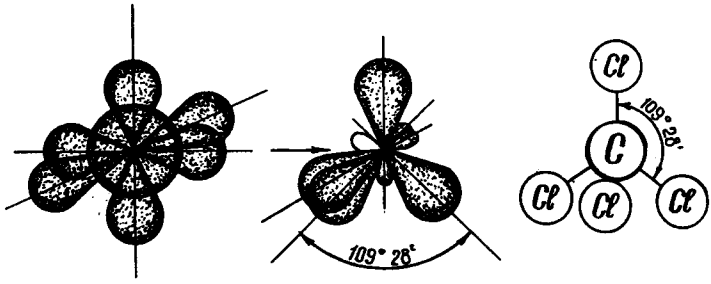


BF_3

sp^3-hibridləşmə. Bir s və üç p-orbitalların kombinasiyasından fəzada simmetrik olaraq tetraedrin təpələri istiqamətində 109^028^1 dərəcə bucaq altında yerləşən dörd hibrid orbitalın yaranması prosesinə sp^3 (ec-pe-üç) hibridləşmə deyilir.

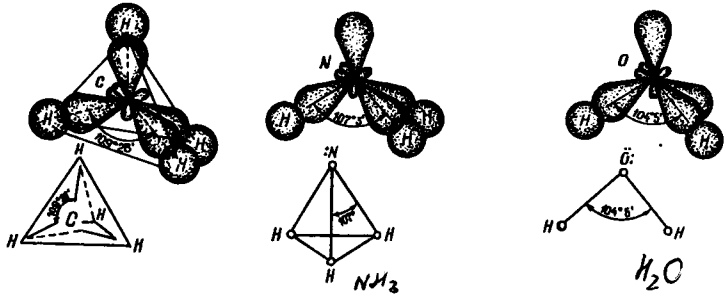
Bildiyimiz kimi normal halda karbon atomunun xarici elektron təbəqəsindəki dörd elektron $2s^22p^2$ vəziyyətindədir. Karbon atomunu həyəcanlandırdıqda s-orbitaldakı elektronlardan biri p-orbitala keçir və həyəcanlanmış halda olan bir s və üç p-elektron buludları qarışaraq sp^3-hibrid orbital əmələ gətirir.





(S+P+P+P) *dörd SP^3 orbital* *CCl_4*

Rabitələrin tetraedrik yerləşməsi və molekulların tetraedrik forması dördvalentli karbonun əksər üzvi birləşmələri, məsələn, CH_4 üçün xarakterikdir.



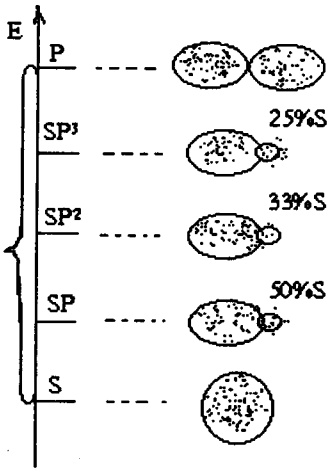
Yuxarıdakı şəkildən göründüyü kimi amonyak NH_3 və su H_2O molekullarındakı N və O atomlarında sp^3 hibrid orbitalı ilə molekuldakı rabitələr yaranmışdır. Lakin, amonyak və su molekulunda rabitə bucağı metan molekulundan kiçikdir (107,3⁰ və 104,5⁰). Bunun səbəbi aşağıdakı kimi izah olunur. Metanda karbonun dörd sp^3-orbitalının hər birində əlaqələndirici elektron cütləri yerləşdiyi halda, amonyakda N-atomunun bir sp^3-hibrid orbitalında, suda isə O-atomunun iki sp^3-orbitalında ədlaqələndirici deyil, bölünməyən elektron cütləri yerləşir. Bu bölünməyən sp^3-elektron cütləri

bir-birini və həmçinin qonşu əlaqələndirici elektron cütlərini daha böyük qüvvə ilə itələyərək valent bucaqlarının nisbətən kiçilməsinə səbəb olur.

Beləliklə, atom orbitallarının hibridləşməsi nəzəriyyəsi qeyri-üzvi və üzvi birləşmələrin qurluşunu və həmçinin kovalent rabitələrin istiqamətliliyini düzgün başa düşməyə kömək edir.

sp-, sp^2- və sp^3- hibrid orbitalının enerji və forması bilavasitə hibrid orbitalını təşkil edən s- və p-orbitalının payı (hissəsi) ilə müəyyən edilir.

2s-orbitalının enerjisi 2p-orbitalının enerjisindən az olduğundan, s-orbitalının hibrid orbitalında payı nə qədər çox olarsa, hibrid orbitalın enerjisi bir o qədər az və bu orbital daha stabil olur (şəkil 12). $E(sp)<E(sp^2)<E(sp^3)$

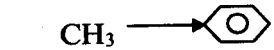


Şəkil 12. S, SP, SP^2, SP^3 və P orbitalların forması və nisbi enerjiləri

Bu səbəbdən, əgər rabitə iki hibrid, məsələn, sp^3-sp və ya sp^3-sp^2 orbitallarının örtülməsi hesabına baş verirsə, elektron sıxlığının yüksək enerjili orbitaldan aşağı enerjili orbitala yerdəyişməsi baş verir:

$$sp^3 \rightarrow sp;\ sp^3 \rightarrow sp^2.$$

İkiqat (sp^2), üçqat (sp) və ya aromatik benzol həlqəsi (sp^2) ilə birləşmiş alkil qruplarının (sp^3) özlərindən elektron buludunu itələməsi məhz bunun nəticəsidir.

$CH_3 \rightarrow CH=CH_2$ $CH_3 \rightarrow C\equiv CH$ 

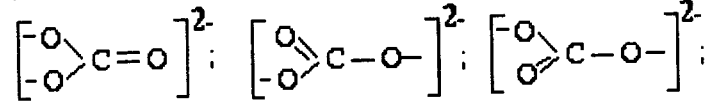
s- və p- orbitallarının hibridləşməsi nəticəsində forması ilkin s- və p- orbitallarından fərqli olan hibrid orbitalları əmələ gəlir. sp^3-, sp^2- və sp- hibrid orbitallarının formaları sferik s-orbitalının hissəsinin artması ilə qanunauyğun dəyişir: s-orbitalının payı artdıqca, hibrid orbitalı daha uzunsov və daha oval şəkilli olur.

Lokallaşmış və delokallaşmış rabitələr

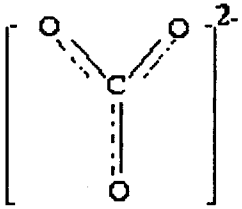
Valent rabitələr nəzəriyyəsinə əsasən kovalent rabitə iki atom nüvəsi arasında elektron cütü hesabına yarandığından rabitə yalnız həmin nüvələrə məxsusdur və deməli, rabitə lokallaşmış, yə'ni məhdud sahədə stabilləşmiş xarakter daşıyır. İkiatomlu molekullarda rabitə lokallaşmış olduğundan o bir növ quruluş formulu ilə ifadə olunur. Molekul qeyri-simmetrik olduqda və ya onun fraqmentləri bir-birindən çox fərqləndikdə (H-C≡N, F-N=O) rabitə lokallaşmış hala keçir.

Lakin bir sıra birləşmələrin molekullarında kimyəvi rabitə yalnız iki atoma aid olmayaraq, daha çox atomu ümumiləşdirir. Kimyəvi rabitənin bu növü lokallaşmamış və ya delokallaşmamış rabitə adlanır.

Delokallaşma dedikdə, rabitəni əmələ gətirən elektronların mütəhərrikləşərək ikidən çox atom arasında bərabər paylanması başa düşülür. Belə halda rabitə çoxmərkəzli olur və molekulun formulu bir neçə qurluşda və ya müxtəlif valent sxemi ilə ifadə edilir. Molekulun həqiqi xassələri bu qurluşların hər birinə ayrı-ayrılıqda yox, həmin müxtəlif quruluşların ümumiləşmiş aralıq vəziyətinə uyğun gəlir. Molekulun həqiqi elektron qurluşu müxtəlif quruluş formullarının rezonans hibridi kimi təzahür edir. Məsələn,



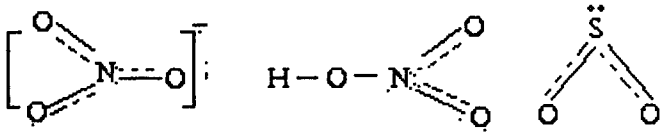
CO_3^{-2} ionunda rabitələrin eyni qüvvəli olması π-rabitəsinin elektronlarının delokallaşmış hala keçməsini və mənfi yükün bütün oksigen atomları arasında bərabər paylandığını göstərir. Karbonat anionunun belə xüsusiyyətləri aşağıdakı ümumiləşmiş bir sxemlə daha düzgün əks etdirilir:



Sxemdə π-elektronlarının qeyri-lokal vəziyyəti və bərabər paylanması qırıq xətlərlə göstərilmişdir.

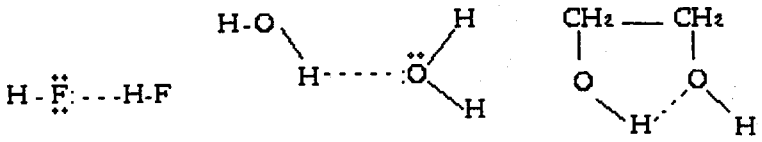
C- - -O rabitəsində qeyri-lokal vəziyyət yarandığından bir π-rabitə elektronları üç oksigen atomu arasında paylanır. Bu halda hər oksigen atomunun payına 1/3 π-rabitəsi düşür. σ-rabitəni nəzərə aldıqda oksigenin oksidləşmə dərəcəsi - 1 1/3 alınır.

Annoloji olaraq NO_3^- ionunda üç, HNO_3 və SO_2 molekullarının hər birində iki oksigen atomunun eyni qiymətli olması π-elektronlarının qeyri-lokal vəziyyətə keçməsi ilə izah edilir. NO_3^- - ionunun, HNO_3 və SO_2 molekullarının qurluşu aşağıda verilmişdir:



Hidrogen rabitəsi

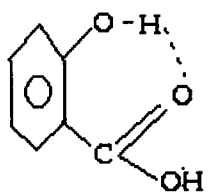
Hidrogen rabitəsi zəif rabitə olub, elektromənfi element atomu ilə birləşmiş hidrogen atomu və sərbəst elektron cütlərinə malik elektromənfi element arasında yaranır. Hidrogen rabitəsi molekullararası və molekuladaxili ola bilər:



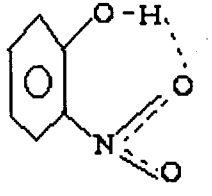
Molekullar arası hidrogen rabitəsi maddələrin bir sıra fiziki xassələrinə tə'sir edir. Məsələn, molekulları arasında hidrogen rabitəsi yaranan maddələrin qaynama temperaturu yüksək olur.

Molekuldaxili hidrogen rabitəsi zülalların fəza qurluşu yaranarkən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Hidrogen rabitəsinin əmələ gəlməsində proton H^+ və elektromənfi element atomu arasında elektrostatik cazibə qüvvəsi ilə yanaşı, donor-akseptor qarşılıqlı tə'sir də rol oynayır. Donor-akseptor qarşılıqlı tə'sirdə hidrogen ionunun boş 1S -orbitalı ilə F, O və N-un bölünməyən elektron cütləri iştirak edir.



orto-oksibenzoy turşusu



orto-nitrofenol

Hidrogen rabitəsinin əmələgəlmə mexanizmi onun qismən kovalent və qismən ion rabitəsi olduğunu deməyə imkan verir.

Metal rabitəsi

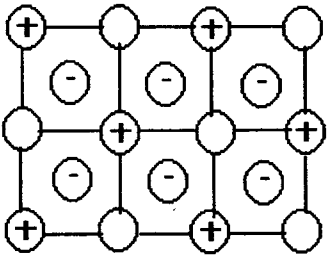
Metal ionları arasında nisbətən sərbəst elektronlar vasitəsilə yaranan rabitəyə metal rabitəsi deyilir.

Metal atomlarının xarici kvant səviyyəsində elektronların sayı az, boş orbitallarının sayı isə çox olur. İonlaşma enerjiləri az olduğundan metallar elektronu asanlıqla itirərək müsbət iona çevrilir. Kristal daxilində həmin elektronlar nisbətən sərbəst olur və qonşu atomların boş orbitallarının birindən digərinə keçərək hərəkət edir. Metal kristallarında hər bir atom çoxlu sayda atomların (8-12 və daha çox) əhatəsində olduğundan sərbəst hala keçmiş va-

lent elektronları bir atoma yox, çox sayda atoma mənsūb olur. Belə ki, qonşu atom orbitalları qarşılıqlı olaraq elektronları birbirinə ötürərək öz aralarında əlaqə yaradır.

Metal rabitəsi kovalent rabitəyə oxşayır.

Hər iki rabitənin yaranması valent elektronlarının ümumiləşməsi hesabına baş verir. Lakin valent elektronları metalda bütün kristal üçün ümumi olduğu halda, kovalent rabitəli birləşmələrdə yalnız rabitə yaradan qonşu atomlar üçün ümumi olur.



Buna görə metal rabitəsi möhkəmliliyi və istiqamətsizliyi ilə kovalent rabitədən fərqlənir.

Metalların yüksək elektrik və istilik keçiriciliyi, nisbətən yüksək temperaturda əriməsi işığı əks etdirmək xassəsi (parıltısı) və s. metal rabitəsinin təbiəti ilə izah olunur.

Polyar və qeyri-polyar molekullar

Elektron sıxlığının nüvələrarası fəzada paylanma xarakterindən asılı olaraq rabitələr və molekullar polyar və ya qeyri-polyar olur. Qeyri-polyar molekulda müsbət və mənfi yüklərin ağırlıq mərkəzləri üst-üstə düşür və belə molekul kiçik dairə ± formasında işarə olunur. Polyar molekul isə dipol əmələ gətirir, yə'ni *l* məsafəsində yerləşən müxtəlif işarəli elektrik yüklərindən ibarət dipol sistemi yaradır və ellips (+ -) şəklində göstərilir.

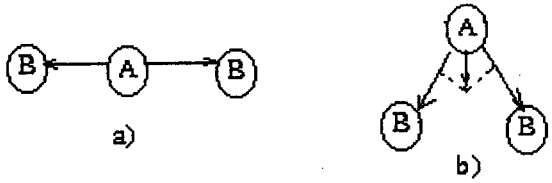
İkiatomlu molekullardan fərqli olaraq çox atomlu molekulların dipol momentləri onların tərkibindəki rabitələrin dipol momentlərinin həndəsi cəmi ilə müəyyən edilir.

Dipol moment vektorlarının toplanması molekulun qurluşundan və vektorların toplanmasından asılıdır. Oxşar qurluşlu molekullar sırasında dipol momenti atomların elektromənfilikləri fərqi

ilə müəyyən edilir. Məsələn, HCl, HBr, HJ sırasında dipol momenti azalır və uyğun olaraq 1,04; 0,79 və 0,38D-ya bərabər olur. Bu ardıcıllıqlarda həmin birləşmələrdə elektromənfiliklərin fərqi azalır.

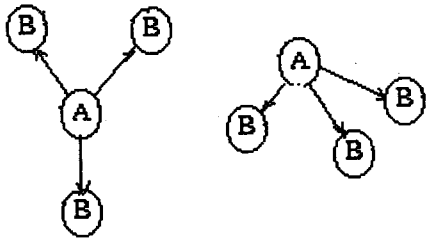
Çoxatomlu molekullar polyar və qeyri-polyar ola bilər.

AB_2 tipli molekulların mümkün olan qurluşları və dipol moment vektorları aşağıda verilmiş və A-B rabitəsinin dipol moment vektorları oxla göstərilmişdir.



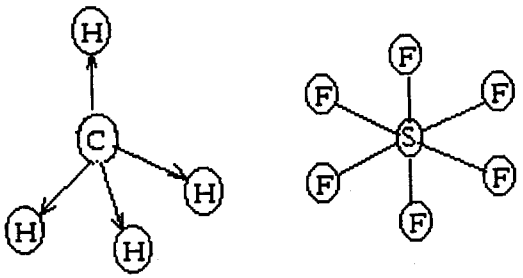
Xətti qurluşlu molekullarda (a) rabitələrin dipol momentləri ədədi qiymətcə eyni, istiqamətcə əks olduğundan vektorların toplanmasından alınan dipol momenti sıfıra bərabərdir. Məsələn, CO_2 molekulunda $C^{+b}=O^{-b}$ rabitələrinin polyar olmasına baxmayaraq molekul bütünlüklə qeyri-polyardır ($\mu_{CO_2}=0$). Bucaq qurluşlu molekullarda isə (b) iki A-B rabitəsinin dipol moment vektorlarının cəmi sıfırdan fərqlidir. Bu halda molekulda müəyyən dipol yarandığından o polyar olur. H_2O və SO_2 molekullarında həm rabitələr (H^{+b}-O^{-b}; $S^{+b}=O^{-b}$), həm də molekullar ($\mu_{H_2O}=1,84$; $\mu_{SO_2}=1,61D$) polyardır. Bu onunla izah olunur ki, birinci halda molekul (CO_2) xətti, 2-ci halda isə molekullar (H_2O,SO_2) bucaq qurluşuna malikdir. Ona görə də karbon qazının dipol momenti sıfır, su və kükürd qazınınki isə sıfırdan fərqlidir.

Dipol moment vektorlarının toplanması baxımından AB_3 tipli birləşmələrdə molekul üçbucaq formasında olduqda qeyri-polyar, piramida formasında olduqda isə polyar olur.



Bunlara misal olaraq BF_3 və NH_3 molekullarını göstərmək olar.

Göstəriləən səbəbdən də tetraedrik qurluşlu CH_4 və oktaedrik qurluşlu SF_6 molekullarında rabitələrin polyar olmasına baxmayaraq həmin molekullar bütünlüklə qeyri-polyardır.



Əksər hallarda molekulları simmetrik qurluşda olan maddələr qeyri-polyar olur, çünki simmetrik molekullarda dipol moment vektorlarının cəmi sıfırdır.

Polyar molekulların qarşılıqlı tə'sirindən onların fəzada yerləşməsi istiqamətlənmiş vəziyyət alır və bir-birini cəzb etməsi güclənir. Bu da bərk və maye maddələrdə molekulların sıx yerləşməsinə və onların assosiasiya etməsinə səbəb olur. Ona görə də polyar maddələrin qaynama və ərimə temperaturları qeyri-polyar maddələrinkindən yüksəkdir. Rabitənin polyarlığının kəmiyyət xarakteristikasını elementlərin elektromənfiliklərinin müqayisəsi ilə də almaq olar. Bu kəmiyyət ionlaşma ədədi ilə elektrona qohumluğun riyazi cəmini özündə əks etdirir. Vahid kimi litiumun elektromənfiliyi qəbul edilir. Digər elementlərin elektromənfilikləri nisbi qiymətdə götürülür və natrium üçün - 0,9; kalium üçün - 0,8; hidrogen üçün - 2,1; azot üçün - 3; oksigen üçün-3,5; xlor üçün - 3; fülor üçün - 4-ə bərabərdir.

Beləki, hidrogen-xlorid molekulunda rabitənin polyarlığını aşağıdakı düsturla tapa bilərik:

$$P_{HCl}=\frac{EM_{Cl}-EM_{H}}{EM_{Cl}+EM_{H}}\cdot 100$$

burada P_{HCl} - rabitənin polyarlığı, faizlə, EM_{Cl} - xlorun elektromənfiliyi, EM_{H} - hidrogenin elektromənfiliyi.

H və Cl-un elektromənfiliklərinin müvafiq qiymətlərini yerinə yazsaq

$$P_{HCl}=\frac{(3-2{,}1)\cdot 100}{3+2{,}1}\approx 18\%$$

Əgər ion rabitənin polyarlığını 100%, kovalent rabitəni sıfır qəbul etsək, onda tapılmış 18% göstərir ki, HCl molekulunda rabitə 18% ion rabitə və 82% kovalent rabitə xarakterinə malikdir.

Molekullararası qarşılıqlı tə'sir. Van-Der-Vaals qüvvələri

Molekulların və "tə'sirsiz" qaz atomlarının arasında molekuladaxili rabitə qüvvələri ilə yanaşı müəyyən qüvvələrin olması ilk dəfə Hollandiya alimi Van-der-Vaals tərəfindən (1873) müşahidə edilmişdir.

Molekullar valent doymuşluğuna malik olduğu üçün onlar öz aralarında valent rabitələri əmələ gətirə bilmir. Molekullar arasında yalnız Van-der-Vaals qüvvələri tə'sir göstərir.

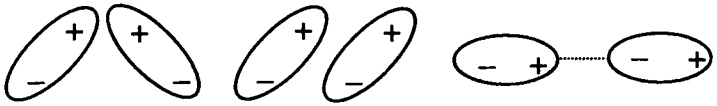
Real qazların ideal qaz qanunlarından kənara çıxması, qazların sərbəst genişlənmə zamanı, adətən soyuması, və adi valent rabitələrini əmələ gətirə bilməyən və ya çətin əmələ gətirən "tə'sirsiz" qazların sıxlaşaraq, istilik ayırmaqla, maye və hətta bərk aqreqat hala keçə bilməsi kimi üç halda Van-der-Vaals qüvvələrinin mövcudluğu özünü göstərir.

Van-der-Vaals qüvvələri bir qayda olaraq, adi valent qüvvələrinə nisbətən olduqca zəif olur.

Van-der-Vaals qüvvələrinin üç növü ayrıd edilmişdir.

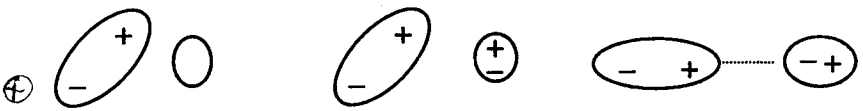
1. **Orientasiya qüvvələri (yönəlmə effekti).** 1921-ci ildə Kis müəyyən etmişdir ki, polyar, başqa sözlə müəyyən dipol momentiilə xarakterizə olunan molekullar müəyyən yaxın məsafələrdə bir-

birinə görə orientasiya edir, yə'ni bu zaman molekulların eyni yüklü qütbləri bir-birini dəf edir, müxtəlif yüklü qütbləri isə cəzb edir. Nəticədə ümumi həcm boyu molekulların müəyyən nizamla düzülüşü tə'min edilir.



Polyar molekullar arasında yuxarıda göstərilən qayda üzrə meydana çıxan sadə elektrostatik cazibə qüvvəsi orientasiya qüvvəsi adlanır. Orientasiya qüvvəsi molekulun polyarlıq dərəcəsindən bilavasitə asılıdır.

2. İnduksion qüvvə (induksiya effekti). 1920-ci ildə Debay göstərmişdir ki, polyar və nisbətən yüksək polyarlaşma qabiliyyətinə malik qeyri-polyar molekullar arasında müəyyən qarşılıqlı tə'sir mövcuddur. Yə'ni polyar və qeyri-polyar molekullar bir-birinə yaxınlaşdıqda, polyar molekulun daimi dipolunun tə'siri ilə qonşu qeyri-polyar molekulda müvəqqəti dipol yaranır.

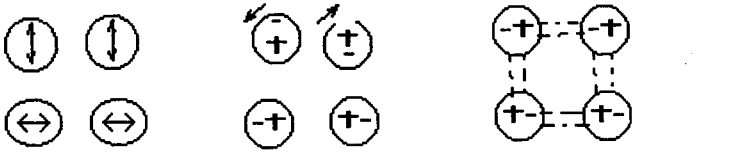


İlkin müxtəlif təbiətli molekullar arasında yaranan belə qarşılıqlı tə'sir induksion tə'sir, onu yaradan qüvvə isə induksion qüvvə adlanır. Orientasiya qüvvəsindən fərqli olaraq, induksion qüvvənin tə'siri temperaturdan asılı deyil.

3. **Dispers qüvvələr.** H_2, CO_2, N_2 və CH_4 və s. qazların bərk və maye halında olmasının səbəbini orientasiya və induksiya qüvvələri izah edə bilməmişdir. Buna əsasən 1930-cu ildə London, Vander-Vaals qüvvələrinin tam təsviri məqsədilə üçüncü bir amil - dispers qüvvəsinin mövcudluğunu irəli sürmüşdür.

Kvant mexanikası təsəvvürlərinə əsaslanaraq, London göstərmişdir ki, dispers qüvvələr qurluşlarından asılı olmayaraq, müxtə-

lif, iki qeyri-polyar və ya iki polyar atomlar və molekullar arasında mövcud ola bilər. İki qeyri-polyar hissəciklər arasında qarşılıqlı tə'sirin meydana çıxması elektronların dairəvi və nüvənin titrəyişli hərəkəti nəticəsində atomda ani dipolların əmələ gəlməsi ilə əlaqələndirilir.



Tə'sirsiz qazların atomları və qeyri-polyar molekullar arasında əsasən dispers qüvvələr tə'sir göstərir.

Van-der-Vaals qüvvələri molekulyar (Klatrat) birləşmə adlanan mürəkkəb molekulların yaranmasında da iştirak edir. Məsələn, $Ar \cdot 6H_2O$; $Kr \cdot 6H_2O$; $Xe \cdot 6H_2O$; $Ar \cdot 3C_6H_5OH$ və s.

Kovalent rabitənin əmələ gəlməsinin molekulyar orbitallar metodu ilə izahı

Mə'lumdur ki, valent rabitələr nəzəriyyəsi (bax kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi) molekulların quruluşu haqqında əyani təsəvvür yaratmaqla, onların xassələrini izah etməyə imkan verir. Həmin nəzəriyyə baxımından kimyəvi rabitə əsasən lokallaşmış ikielektronlu, ikimərkəzli xarakter daşıyır.

Valent rabitələr nəzəriyyəsinin müəyyən üstünlüklərinə baxmayaraq, bir sıra faktları izah edə bilmir. Bə'zi molekullarda kimyəvi rabitə, bu nəzəriyyənin hesab etdiyi kimi, elektron cütü vasitəsilə deyil, tək elektronlar hesabına yaranır. Məsələn, kimyəvi rabitə H_2^+ və He_2^+ molekulyar ionlarda isə üç elektron vasitəsilə əmələ gəlir. Maraqlıdır ki, bə'zi neytral molekullardan (O_2^0, F_2^0) elektron çıxdıqda əmələ gələn molekulyar ionlarda (O_2^+, F_2^+) rabitənin möhkəmliyi artır. Valent rabitələr nəzəriyyəsi baxımından O_2 və B_2 molekullarının paramaqnit xassələrini, CO molekulunun quruluşunu və xassələrini izah etmək qeyri-mümkündür. Həmin nə-

zəriyyəyə görə oksigen və bor molekulları diamaqnit xassə göstərməli, dəm qazı molekulunda karbon və oksigen atomları arasında isə ikiqat rabitə olmalıdır. Faktlar isə bunları isbat etmir.

Valent rabitələr nəzəriyyəsinə əsasən metalların və aromatik birləşmələrin bir çox xassələrini də izah etmək qeyri-mümkündür.

Bütün bu göstərilən faktları, ümumiyyətlə, kimyəvi rabitənin təbiətini və molekulun elektron quruluşunu izah etmək üçün yeni nəzəriyyə-molekulyar orbitallar nəzəriyyəsi meydana çıxdı.

Molekulyar orbitallar metodu müxtəlif kimyəvi birləşmə molekullarının əmələgəlmə mexanizmini yüksək elmi səviyyədə izah edən kvant mexaniki metoddur.

Molekulyar orbitallar metodu digər kvant mexaniki metodlardan prinsipcə tamamilə fərqlənməklə, molekulda mövcud müxtəlif nüvələrə çoxmərkəzli bir nüvə kimi baxır və onda atom orbitalları əsasında kvant ədədlərinin kompleksi ilə səciyyələnən molekulyar orbitallar sisteminin elektronlarla tamamlanması prosesində Pauli prinsipi və Hund qaydasının tələbləri ödənilir. Lakin molekulyar orbitallar metodu elektronların atomdakı halı ilə molekul sistemindəki halı arasında fərq olmasını əsas götürür.

Kimyəvi rabitə zərrəcik-dalğa təbiətli elektronlar hesabına yarandığından bu rabitə haqqında yeni nəzəriyyə də kvant mexanikasının müddəalarına əsaslanır. Atomun elektron quruluşu haqqında kvant mexanikasının müəyyən etdiyi qanunauyğunluqlar daha mürəkkəb sistem olan molekullara tətbiq olunur. Bu nəzəriyyənin yaranmasında Amerika alimi R. Malligenin böyük xidmətləri olmuşdur.

Doğurdan da kimyəvi rabitənin əmələ gəlməsi zamanı qarşılıqlı tə'sirdə olan hər iki atomun xarici elektronlarının vəziyyəti bu və ya digər dərəcədə dəyişir. Bu dəyişiklik daxili elektronlara, demək olar ki, aid olmur. Lakin rabitənin əmələ gəlməsində bilavasitə iştirak edən xarici elektronlar nəticə e'tibarilə ayrı-ayrı atomlara deyil, bütövlükdə molekula aid olduğundan, onların energetik halı molekulun bütün həcmi boyu yayılmış yeni orbitallarla təsvir edilir. Başqa sözlə, rabitənin əmələ gəlməsində iştirak edən elektronlar molekulun həcminin bütün nöqtələrində yerləşə bilər. Lakin elektronların varlıq ehtimalı bu nöqtələrin hamısında eyni ola bilməz. Beləliklə, molekulyar orbitallar molekulun tərkibinə daxil

olan bütün atomların nüvələrini əhatə edir. Bunlarla əlaqədar olaraq, molekulyar orbitallar metodunun izah etdiyi əsas məsələlər silsiləsinə götürülmüş müəyyən molekulda hansı molekulyar orbitalların olması, həmin orbitallarda elektron sıxlığının paylanma xarakteri və onların enerjisinin müəyyən edilməsi daxildir. Bütün bu sualların cavabı kvant mexanikasında tətbiq edilən riyazi metodlarla tapılır. Aşağıda buradan çıxan bə'zi nəticələrdən ümumi şəkildə bəhs edilir.

Atom orbitallarının qarşılıqlı tə'siri zamanı molekulyar orbitallar ən ümumi halda aşağıdakı üç şərtin ödənilməsi şəraitində meydana çıxır: atom orbitallarının enerjisi çox olmalıdır; onların effektli qapanması baş verməlidir; onlar molekulda rabitə xəttinə görə eyni simmetriyalı olmalıdır.

Yuxarıda atom quruluşuna aid verilən mə'lumatdan aydın oldu ki, həyəcanlanma halından asılı olaraq, onların quruluşu müəyyən dərəcədə dəyişir. Buna görə əsas nəticələr atomun stabil halına aid edilirdi.

Atomlardan təşkil olunmuş maddə molekulları isə daha çox dəyişkəndir və onların həyəcanlanması üçün lazım olan enerji kvantı hətta müvafiq atomların həyəcanlanma enerjisindən kiçikdir. Buna görə də mürəkkəb maddələrin xassələri temperaturdan daha çox asılıdır, çünki bir sıra hallarda sadəcə istilik hərəkəti də molekulların həyəcanlanması və yenidən qurulması üçün kifayət edir. Hətta H_2; O_2; N_2 kimi davamlı molekullar nisbətən yüksək temperaturda ($6 \cdot 10^3 \div 10^3$K) atomlara dissosiasiya edir).

Bütün bunlara görə kovalent rabitələr əsasında molekullar əmələ gəlməsinin molekulyar orbitallar metodu ilə izahı zamanı da molekulların stabil halı nəzərdə tutulur.

Molekulyar orbitallar metodu molekul sisteminin ümumiləşmiş elektronlar və nüvələrdən ibarət olduğunu qəbul etdiyi üçün molekulda iki və ya daha çox elektronların iki və ya daha çox nüvələrə nisbətən olan halını müəyyənləşdirir.

Molekulyar orbital ən sadə halda cəmlənmə və ya çıxılmaya mə'ruz qalmış müvafiq atom orbitallarının xətti kombinasiyasından ibarətdir.

Atom orbitalları bir atom nüvəsi ətrafında hərəkət etdiyindən birmərkəzli, molekulyar orbitallar isə iki və daha çox atom nüvəsi

ilə qarşılıqlı tə'sirdə olduqlarından çoxmərkəzli orbitallardır. s-, p-, d-, f-atom orbitallarına oxşar olaraq, molekulyar orbitallar yunan hərfləri σ, π, δ... ilə işarə olunur.

Molekulun əmələ gəlməsi atom orbitallarından molekulyar orbitalların yaranması ilə müəyyən edilir. İki atom reaksiyaya girdikdə onların atom orbitallarının qarşılıqlı tə'sirindən müxtəlif molekulyar orbitallar alınır. Eyni molekul daxilində əks-spinli elektronlar davamlı, paralel spinlilər isə davamsız molekulyar orbitallar əmələ gətirir. Molekulun əmələ gəlməsi, ümumiyyətlə onun davamlı olması, müxtəlif xarakterli molekulyar orbitallarda yerləşən elektronların sayının fərqilə müəyyən edilir.

Bütün bunlar, xüsusilə molekulların əmələgəlmə mümkünlüyü, molekulyar orbitalların dalğa funksiyasına əsasən müəyyənləşdirilir. Bu funksiyanı tapmaq üçün atom orbitallarının xətti kombinasiyası üsulundan istifadə edilir. Qarşılıqlı tə'sirdə olan A və B atomlarından əmələ gələn AB molekulunun dalğa funksiyası (ψ_{AB}) atom dalğa funksiyalarının (ψ_A və ψ_B) xətti kombinasiyası kimi ifadə olunur:

$$\psi_{AB} = C_1\psi_A \pm C_2\psi_B$$

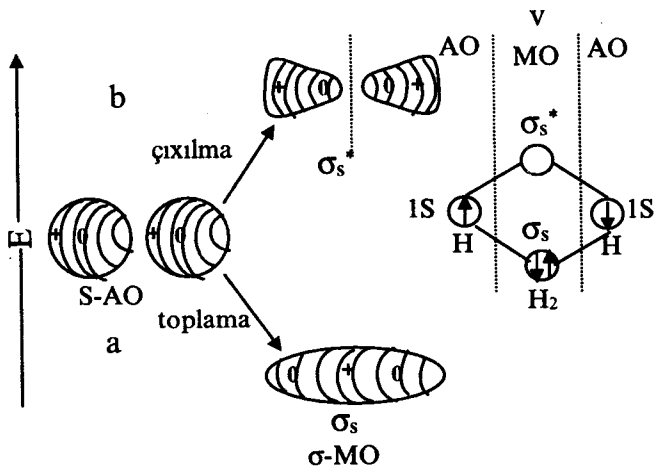
Burada C_1 və C_2 sabit kəmiyyətlər olub, molekulyar orbitalın əmələ gəlməsində atom orbitallarının iştirak edən hissəsini (payını) xarakterizə edir.

Eyni işarəli dalğa funksiyaları əksspinli elektron orbitallarına uyğun gəlir.

Bir-birilə qarşılıqlı tə'sirdə olan atomların dalğa funksiyalarının işarəsi eyni olduqda onlar toplanır. Bu o deməkdir ki, orbitallar qapandıqda elektron dalğaları bir-birini gücləndirir, nüvələrarası fəzada elektron sıxlığı artır və kimyəvi rabitə yaranır. Beləliklə də atom orbitallarından molekulyar orbital əmələ gəlir. Həmin molekulyar orbitalın dalğa funksiyası, atom orbitallarının dalğa funksiyasının cəmi kimi ifadə olunur:

$$\psi_{AB} = C_1\psi_A + C_2\psi_B$$

Belə orbital *bağlayıcı molekulyar orbital* adlanır (şəkil 12 *a*, σ_s).



Şəkil 12.
a) S-atom orbitallarından mole-kulyar orbitallar;
b) ayırıcı molekul-yar orbitallar;
v) AO-dan MO-ın əmələ gəlməsinin enerji diaqramı (H_2 üçün)

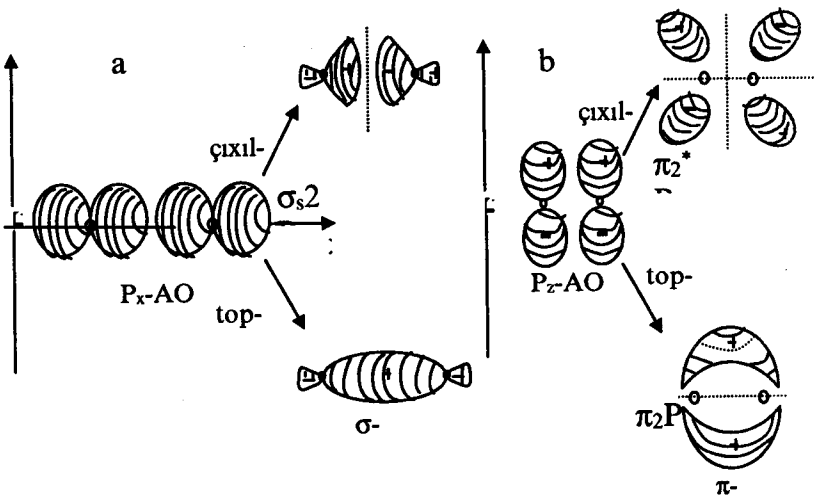
Atom orbitallarının dalğa funksiyası müxtəlif işarəli olduqda bir-birindən çıxılır. Bu da paralel spinli elektron orbitallarının bir-birini dəf etməsinə uyğun gəlir. Nəticədə elektron buludu nüvədən kənara yönələrək atomları bir-birindən ayırmağa çalışır (şəkil 12 b, σ_s^*) və nüvələrarası fəzada elektron sıxlığı sıfıra bərabər olur.

Deməli, belə atom orbitalları kimyəvi rabitə əmələ gətirmir və onların molekul daxilində yeni vəziyyəti molekulun davamlılığını azaldır. Ona görə də molekulyar orbitalın dalğa funksiyası, atom orbitallarının dalğa funksiyalarının fərqi kimi ifadə olunur.

$$\psi_{AB} = C_1\psi_A - C_2\psi_B$$

Belə orbital *dağıdıcı (zəiflədici) molekulyar* orbital adlanır.

Birləşdirici və ayırıcı molekulyar orbitalların p-atom orbitallarından əmələgəlmə sxemi şəkil 13-də göstərilmişdir.



Şəkil 13. p-atom orbitallardan σ- və π- molekulyar orbitalların əmələ gəlmə sxemi.
a–σ-molekulyar orbitalların (σ-MO), *b*–π-molekulyar orbitalların (π-MO) əmələ gəlməsi.

Birləşdirici molekulyar orbitallar σ_s, σPx, πPy, πPz ayırıcılar isə σ_s^*, σPx*, πPy*, πPz* simvolları ilə işarə edilir. Molekulyar orbitalın hansı atom orbitaldan əmələ gəlməsi aşağı indekslə yazılır, σ_s və σ_x simvolları uyğun olaraq S və P_x atom orbitallarından əmələ gələn molekulyar orbitalları göstərir.

Atom orbitallardan σ, π və δ tipli molekulyar orbitallar yaranır. Belə ki, s-s, p-p və d-d (bir ləçəklə) atom orbitalları σ tipli, p-p və d-d (iki ləçəklə), p-d atom orbitalları π tipli, d-d atom orbitalları (dörd ləçəklə) δ tipli molekulyar orbitallar əmələ gətirir. Aydındır ki, hər bir molekulyar orbital növünə uyğun gələn kimyəvi rabitə (σ-rabitə, π-rabitə və δ-rabitə) vardır.

P_x-orbital yalnız P_x-orbitalları qapaya bilər, lakin P_y və ya P_z orbitalları qapaya bilməz.

Molekulyar orbitalların atom orbitallardan əmələ gəlməsi, enerji diaqramları vasitəsilə göstərilir. Həmin diaqramları qurmaq üçün orbitalların enerjiləri nəzərə alınmalıdır. Birləşdirici molekulyar orbitallar əmələ gəldikdə enerji çıxır, ayırıcı molekulyar

orbitallar əmələ gəldikdə isə enerji udulur. Ona görə də atom orbitallarının enerjisi molekulyar orbitalların enerjisindən birinci halda çox, 2-ci halda isə az olur. Məhz bu səbəbdən də birləşdirici orbitallar daha möhkəm, ayırıcı orbitallar isə davamsız olur.

Diaqramda şaquli ox böyunca orbitalların enerji səviyyəsi paylanır. Kiçik üfüqi xətlə diaqramın hər iki kənarında atom orbitalları, onun orta hissəsində aşağıdan bağlayıcı σ, π, yuxarıdan isə dağıdıcı σ^*,π^*-orbitalların enerji səviyyələri göstərilir.

Bağlayıcı və dağıdıcı molekulyar orbitallarda olan elektronlar molekulun möhkəmliyinə əksistiqamətli tə'sir göstərir. Başqa sözlə, bağlayıcı elektronların sayı artdıqda molekulun davamlılığı artır, dağıdıcı elektronların sayı çoxaldıqdı isə molekulun davamlılığı azalır. Elektronla tutulmuş hər bir dağıdıcı orbital bərabər sayda bağlayıcı orbitalın tə'sirini yox edir. Deməli, molekul daxilində bağlayıcı və dağıdıcı elektronların sayı bərabər olduqda, rabitə yaranmadığından molekulda əmələ gəlmir. Yalnız bağlayıcı elektronların sayı dağıdıcı elektronların sayından çox olduqda molekul əmələ gəlir. Atomda daxili elektronların rabitəyə tə'siri az oldubundan əksər halda onlar nəzərə alınmır və yalnız valent elektronlarının rabitə əmələ gətirməsi öyrənilir. Odur ki, molekulyar orbitalların sayı onu əmələ gətirən valent orbitallarının sayına, molekulyar orbitallarda yerləşən elektronların sayı isə valent elektronlarının cəminə bərabər olmalıdır.

Rabitənin yaranması və molekulun əmələ gəlməsini müəyyənləşdirmək üçün molekulyar orbitallar nəzəriyyəsində "rabitə tərtibi" anlayışından istifadə edilir. Rabitənin tərtibi yalnız ikimərkəzli rabitədə atomların bir-birilə əlaqələnməsini miqdarca səciyyələndirir və həmin rabitənin ikielektronlu təkqat rabitədən fərqlənməsini göstərir. Bu anlayış "rabitənin qatılığı" (üçqat, ikiqat, birqat, yarımqat və s.) adı ilə də mə'lumdur.

Rabitə tərtibi tam, eləcə də kəsr qiymətlər ala bilər. Bu da elektronun lokallaşması və ya delokallaşması ilə əlaqədardır. Delokallaşmış vəziyyətdə nəinki elektron cütü, hətta tək elektron bir neçə atom arasında çoxmərkəzli rabitə yaradır. Bu halda rabitə tərtibi, eləcə də valentlik kəsr qiymətli olur.

Bağlayıcı elektronların sayı (n_b) rabitənin əmələgəlmə, dağıdıcı elektronların sayı (n_d) isə rabitənin parçalanma meylini səciyyə-

ləndirdiyi üçün onların fərqi (n_b-n_d) rabitə elektronlarının effektiv sayı adlanır. Xüsusi halda ikiatomlu molekullarda həmin fərqin yarısı rabitənin tərtibinə (Q) bərabərdir: $Q=\frac{n_b-n_d}{2}$. Q-nin hesablanması üçün molekulun elektron formuluna əsasən n_d və n_b-nin qiyməti tapılır.

Molekulların elektron quruluşu

Molekulyar orbitallar nəzəriyyəsinə əsasən molekulların əmələgəlmə mümkünlüyünü və yaxud qeyri-mümkünlüyünü izah etmək üçün onların elektron quruluşunu əks etdirən formullarından istifadə edilir.

Molekulun elektron formulu, molekulyar orbitalların və onları əmələ gətirən atom orbitalların simvollarını yazmaq və elektronların sayını göstərməklə tərtib edilir.

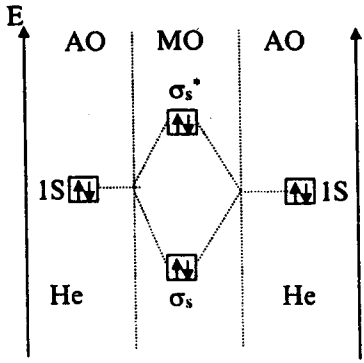
Hidrogen molekulunun əmələ gəlməsini nəzərdən keçirək. İki 1S atom orbitalının bir-birini qapaması yolu ilə rabitənin yaranması nəticəsində hidrogen molekulu alınır. Həmin proses, yə'ni atom orbitallarından molekulyar orbitalın yaranması, aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$H[1S^1]+H[1S^1]\rightarrow H_2[(\sigma_s 1S)^2].$$

Hidrogen orbitallarından molekulun əmələ gəlməsini əks etdirən bu sxem belə oxunur: İki hidrogen atomunun 1S elektronlarının qapanması hesabına σ_s-molekulyar orbital əmələ gəlir. Həmin molekulyar orbitalda yerləşən elektronların sayı yuxarı indeksdə göstərilir. H_2-də yalnız iki bağlayıcı elektron olduğundan rabitənin tərtibi ($\frac{2-0}{2}=1$) vahidə bərabərdir. Göründüyü kimi molekulyar elektron formulları atom elektron formulları əsasında tərtib olunur.

Molekulyar orbitallar nəzəriyyəsi molekulun əmələ gəlməsini izah etdiyi kimi, onun əmələ gəlməsini də izah edir. Bu, helium misalında aydınlaşdırılır. Əgər heliumun iki atomunun birləşərək molekul əmələ gətirməsi təsəvvür edilsə, onların dörd elektronundan ikisi birləşdirici, ikisi isə ayırıcı molekulyar orbitalda yerləş-

məlidir. Bu halda bağlayıcı və dağıdıcı elektronların sayı bərabərləşir və rabitənin tərtibi sıfır olur ($\frac{2-2}{2}=0$). Deməli, rabitə yaranmır və helium molekulunun əmələ gəlməsi qeyri-mümkündür. Lakin onun molekulyar ionu (He_2^+) mövcuddur (bax şəkil 14 *a*).



Şəkil 14 *a* . Helium molekulunun əmələ gəlməsi ehtimalının energetik diaqramı.

Bir sıra molekulyar ionların (H_2^+, He_2^+, NO^+, F_2^+ və s.) əmələ gəlməsini elmi cəhətdən əsaslandırmağın böyük əhəmiyyəti vardır.

Heliumun molekulyar ionunun, helium atomu və helium ionundan əmələ gəlmə sxemi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$He[1S^2]+He^+[1S^1]\rightarrow He_2^+[(\sigma_s1S)^2(\sigma s^*1S)^1].$$

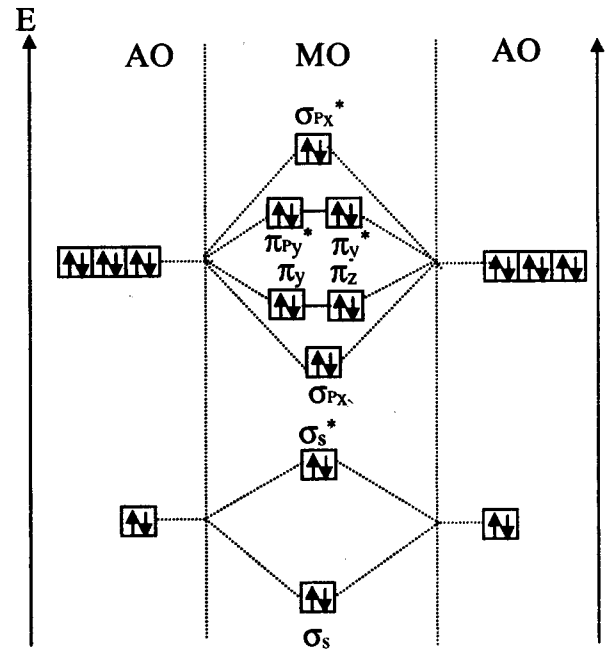
Heliumun molekulyar ionunun (He_2^+) elektron formulundan göründüyü kimi onun elektron quruluşu iki elektronu olan birləşdirici (σ_s) və bir elektronu olan ayırıcı (σ_s^*) orbitaldan ibarətdir.

Bağlayıcı elektronların sayı dağıdıcı elektronların sayından çox olduğundan və rabitənin tərtibi sıfırdan fərqləndiyindən ($\frac{2-1}{2}=0{,}5$) heliumun molekulyar ionu əmələ gəlir.

Hidrogenin molekulyar ionunun (H_2^+) əmələ gəlməsi bir elektronlu rabitənin yaranması baxımından maraqlıdır. Həmin molekulyar ionun alınma sxemi belədir:

$$H[1S^1]+H^+\rightarrow H_2^+[(\sigma_s1S)^1].$$

Elektron formulundan göründüyü kimi molekulyar ionda ayırıcı elektron yoxdur, yalnız 1S-atom orbitalından bir bağlayıcı molekulyar orbital (σ_s) yaranır. Nüvələrarası fəzada bağlayıcı elektronun sıxlığının artması hesabına qarşılıqlı tə'sir güclənir və rabitə yaranır. Həmin rabitənin tərtibi 0,5-ə bərabərdir. Hidrogen molekulundan elektron qoparmaqla da onun molekulyar ionunu (H_2^+) almaq olar.



Şəkil 14. N_2 molekulunun əmələ gəlməsinin energetik diaqramı

H_2^+ və He_2^+ molekulyar ionlarının rabitə enerjilərinin (uyğun olaraq 255,7 və 230 kC/mol) müqayisə göstərir ki, hidrogenin molekulyar ionu heliumunkundan davamlıdır. Bunun da yeganə səbəbi birincilərdə ayırıcı elektronun olmaması, ikincilərdə isə belə bir elektronun varlığıdır.

Atomlarından əmələ gələn azot molekulunun elektron formulunu tərtib etmək üçün, əvvəlcə atomların elektron formulları ya-

zılır. Sonra uyğun atom orbitallarının kombinasiyası əsasında molekulyar orbitallar müəyyən edilməklə, molekulun elektron formulu tərtib olunur:

$$N[1S^22S^22P_x^12P_y^12P_z^1]+N[1S^22S^22P_x^12P_y^12P_z^1]\rightarrow$$
$$\rightarrow N_2[KK(\sigma_s2S)^2(\sigma_s^*2S)^2(\sigma_x2P_x)^2(\pi_y2P_y)^2(\pi_y2P_y)^2(\pi_z2P_z)^2]$$

Birinci kvant səviyyəsindəki atom orbitallarının rabitə yaratmaqda iştirakı çox az olduğundan, onların molekulyar orbitallar əmələ gətirməsi nəzərə alınmır. Elə buna görə də K kvant səviyyəsinin konfiqurasiyası dəyişməz saxlanılır və molekulun elektron formulunda "K" hərfi ilə göstərilir.

İki azot atomunun 8 orbitalında 10 valent elektronu var. Bunlar 4 bağlayıcı və bir dağıdıcı molekulyar orbital əmələ gətirir.

Kimyəvi rabitəyə aid nümunəvi məsələ həlli

1. NaF, MgO, OF_2, HF, F_2 maddələrinin hansında kimyəvi rabitə qeyri-polyar kovalent rabitədir?

($_{11}$Na, $_{12}$Mg, $_{9}$F, $_{1}$H, $_{18}$O).

Həlli: Kimyəvi rabitənin qeyri-polyar kovalent rabitə olması üçün, rabitəni iki eyni qeyri-metal atomu öz arasında əmələ gətirməlidir. Buna görə $_9$F elementinin xarici elektron təbəqəsində 7 elektron olduğundan qeyri-metaldır. Deməli, F-F atomları arasında qeyri-polyar kovalent rabitə mövcuddur.

2. CuS, CO_2, NaCl, FeO, $MgCl_2$ birləşmələrinin hansında ion rabitəsi daha qüvvətlidir?

Həlli: Birləşmədə ion rabitəsinin qüvvətliliyi metalın elektron vermə və qeyri-metalın elektron alma qabiliyəti ilə dəyişir. Elektron asan verən bir metal ilə elektronu yaxşı qəbul edən qeyri-metal arasında ion rabitəsi daha qüvvətli olur. Buna görə ən aktiv metal olan natriumla, ən güclü qeyri-metallıq göstərən xlor arasındakı ion rabitəsi daha qüvvətlidir.

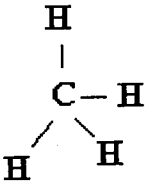
3. NaCl, KJ, CaS, CO_2 birləşmələrinin hansında ion rabitəsi yoxdur!

Həlli: İon rabitəsi metallarla, qeyri-metallar arasında əmələ gəlir. Kovalent rabitə isə qeyri-metal atomları arasında əmələ gəlir. Buna əsasən də CO_2 - maddəsində ion rabitəsi yoxdur, kovalent rabitə ilə əmələ gəlmişdir.

4. O_2, $BeCl_2$, N_2, CH_4, NO birləşmələrindən hansı qeyri-polyar kovalent rabitəli birləşmə deyil.

Həlli: Eyni növ qeyri-metal atomları arasında rabitə qeyri-polyar kovalent rabitədir. Ona görə də O_2, N_2 molekulları qeyri-polyar rabitədir. Müxtəlif növ qeyri-metalların əmələ gətirdikləri kovalent birləşmələrdə atomlar simmetrik yerləşdiyindən yüklərdə simmetrik olacaqdır. Ona görə də bu cür birləşmələrdə qeyri-polyar birləşmədir. Buna əsasən də $BeCl_2$ və CH_4 birləşmələri də qeyri-polyardır.

Cl - Be - Cl



NO molekulunda isə yüklər simmetrik olmadığından $N^{+b}{=}O^{-b}$ birləşmə polyar rabitəli birləşmədir. Deməli, cavab NO-dur.

5. Nüvələrinin yükü verilən $_{12}X$, $_{9}Y$, $_{13}Z$, $_{16}T$ elementlərindən əmələ gələn XY_2, XT, ZY_3, Z_2T_3, TY_2 birləşmələrinin hansında kovalent rabitə ola bilər?

Həlli: Birləşmənin kovalent rabitəli ola bilməsi üçün birləşməni əmələ gətirən atomlar qeyri-metal olmalıdır. Onu da, bu elementlərin atom qurluşları ilə müəyyən etmək olar:

$_{12}X$:))) metal
2 8 2

$_{9}Y$:)) qeyri-metal
2 7

$_{13}Z$:))) metal
2 8 3

$_{16}T$))) qeyri-metal
2 8 6

Buna görə mə'lumdur ki, Y və T qeyri-metal olduqlarından, onların arasında əmələ gələn TY_2 birləşməsi kovalent rabitəli birləşmə olacaqdır.

6.
$$2X_{(qaz)} \rightarrow X_{2(qaz)} + 120 \text{ kkal/mol}$$
$$2X_{(qaz)} \rightarrow Y_{2(qaz)} + 38 \text{ kkal/mol}$$
$$2T_{(qaz)} \rightarrow T_{2(qaz)} + 240 \text{ kkal/mol}$$

olaraq verildiyinə görə X_2, Y_2, T_2 birləşmələrinin hansında kovalent rabitə daha qüvvətlidir?

Həlli: Rabitəni əmələ gətirmək üçün sərf olunan enerjiyə rabitə enerjisi deyilir. T_2 molekulunda rabitəni qırmaq üçün daha çox enerji tələb olunduğundan ondakı kovalent rabitə daha qüvvətlidir.

7. Dövri cədvəlin 7A qrupundakı A, B, C elementlərindən B-nin sıra nömrəsi daha böyükdür. C-nin ionlaşma enerjisi isə A-nınkından böyükdür. Buna görə bu elementlərin hidrogenlə əmələ gətirdikləri HA,

HB, HC birləşmələrinin polyarlıqları böyükdən kiçiyə doğru necə sıralanır?

Həlli: B-nin sıra nömrəsi daha böyük olduğundan o, qrupda daha aşağıda yerləşir. C-nin ionlaşma enerjisi A-dan böyük olduğu üçün C, A-dan daha yuxarıda yerləşir. Çünki qrup üzrə yuxarıdan aşağıya endikcə ionlaşma enerjisi azalır. Ona görə də qeyri-metalların yuxarıdan aşağıya sıralanışı C-A-B şəklində olur. Qrup üzrə yuxarı qalxdıqca qeyri-metallıq xassəsi artdığından C-nin elektron hərisliyi daha çox olacaqdır. Ona görə də polyarlıq xassəsi HC>HA>HB şəklində sıralanacaqdır.

8. $_{n}X$ tə'sirsiz qazdır. Buna görə $_{n+2}Y$ və $_{n-1}Z$ elementlərindən əmələ gələcək birləşmənin formulu necə olacaqdır?

Həlli: $_{n}X$-tə'sirsiz qaz olduğundan $_{n+2}Y$ - 2A qrupu metalı olacaqdır. Çünki Y-in sıra nömrəsi tə'sirsiz qazın sıra nömrəsindən 2 vahid çoxdur. Z-in sıra nömrəsi isə X-in sıra nömrəsindən bir vahid az olduğundan 7A qrupu elementidir. Deməli, Y-2A qrupu elementi olduğu üçün 2 valentli, Z isə 7A qrupu elementi olduğu üçün 1 valentli olacaqdır. Ona görə onların arasında əmələ gələcək birləşmənin formulu YZ_2 olacaqdır.

9.

$$H_2C=C(CH_3)-CH=CH_2$$

birləşməsində neçə σ və neçə π-rabitəsi vardır?

Həlli: Bildiyimiz kimi atomlar arasında tək qat rabitələrin hamısı σ rabitədir. İkiqat və üçqat rabitələrdən biri σ, qalanları isə π-rabitədir. Verilən birləşmədə 8C-H rabitəsi, 4 ədəd C-C rabitəsi olduğundan 8+4=12σ rabitə vardır və 2 ədəd C=C rabitəsindən hərəsində bir π rabitə olduğundan bu birləşmədə 2π rabitəsi vardır. Deməli, verilən birləşmədə 12σ və 2π rabitə mövcuddur.

10. CH_4, MgF_2, BF_3, NH_3 birləşmələrindən hansı xətti qurluşa malikdir?

Həlli: sp - hibrid orbital ilə əmələ gələn birləşmə xətti qurluşa malikdir. CH_4-də C atomu sp^3, BF_3-də B-atomu sp^2, NH_3-də isə N-atomu sp^3-hibrid orbitala malikdir. Yalnız MgF_2-də Mg-atomu sp-hibrid orbital əmələ gətirdiyindən, həmin birləşmə xətti qurluşa malikdir.

F - Mg - F

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər.

1. $_{16}A$-$_{8}B$; $_{2}C$-$_{17}D$; $_{10}Z$-$_{8}K$; $_{11}X$-$_{26}Y$; $_{11}X$-$_{17}L$ element cütlərinin hansı və ya da hansıları arasında birləşmə əmələ gəlir?

C a v a b: A-B və X-L.

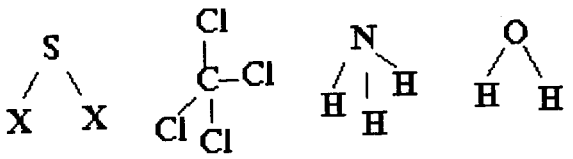
2. A elementi 1A, B-elementi 7B, C-elementi 8B qrupu elementidir. D-elementinin sıra nömrəsi 15, E-elementinin sıra nömrəsi 2-dir. Verilən mə'lumatlara görə bu elementlərin hansı 2-si arasında ion rabitə əmələ gələr?

C a v a b: C-D; A-D.

3. CO_2, BCl_3, CF_4, NH_3, C_2H_6 molekullarının hansında molekulun özü, həm də atomları arasındakı rabitələr polyardır?

C a v a b: NH_3.

4.



molekullarından hansı polyar deyildir?

C a v a b: CCl_4.

5. $_2A$, $_{12}B$, $_{16}C$, $_{13}D$ elementlərindən hansı və ya hansıları davamlı birləşmələrində 2 rabitə əmələ gətirir?

C a v a b: B-C.

6. XY, XZ_2, X_3T_2, K_2Y_3, ML birləşmələrindən hansını parçalamaq daha çətindir?

C a v a b: ML.

7. Sıra nömrəsi 14; 15; 17; 19; 26 olan elementlərindən hansı 1A qrupu olan A elementi ilə ən güclü ion rabitəsi əmələ gətirər?

C a v a b: 17.

8. Elementlərinin elektron hərisliyi ən çox olan qrupda yerləşən X elementi sıra nömrəsi 15; 16; 26; 3; 24 olan elementlərin hansı ilə ən güclü kovalent rabitə əmələ gətirər?

C a v a b: $_{16}E$.

9.

$$A_2 + 45 \text{ kkal} \rightarrow 2A$$
$$B_2 + 105 \text{ kkal} \rightarrow 2B$$
$$C_2 + 70 \text{ kkal} \rightarrow 2C$$

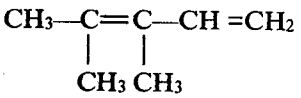
reaksiyalarına görə kovalent rabitə hansı maddədə daha güclüdür?

C a v a b: B_2.

10. Sıra nömrəsi 7, 3, 11, 13, 18 olan elementlərdən hansının xlorla birləşməsi fəzada üçbucaq şəklindədir?

C a v a b: 13.

11.



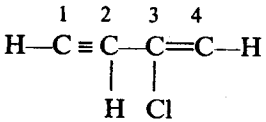
birləşməsində neçə siqma və neçə π-rabitəsi vardır?

C a v a b: 18σ və 2π.

12. Fəzada tetraedrik qurluşlu molekul əmələ gətirən elementdə hansı hibridləşmə forması mövcuddur?

C a v a b: sp^3.

13.



birləşməsində hansı nömrəli karbonlar sp^2 hibridləşmə formasındadır?

C a v a b: 3; 4.

14. X elementi elektron qurluşu - $1s^22s^22p^5$ olan Y elementi ilə üçbucaq şəkilli həndəsi formalı molekul əmələ gətirir. X - elementinin elektron qurluşu necə ola bilər?

C a v a b: ns^2np^1.

IX fəsil

KİMYƏVİ REAKSİYALAR. KİMYƏVİ REAKSİYALARIN TİPLƏRİ

Hadisə nəticəsində bir maddədən digər maddə alınarsa bu cür hadisələrə kimyəvi hadisə deyilir. Kimyəvi hadisəyə başqa sözlə kimyəvi reaksiya deyilir.

Deməli, bir maddənin digər maddəyə çevrilməsi ilə nəticələnən hadisələrə kimyəvi reaksiyalar deyilir.

Kimyəvi reaksiyaları müxtəlif əlamətlərə görə əsasən aşağıdakı kimi təsnif edirlər.

I. Başlanğıc və alınan maddələrin sayının və tərkibinin dəyişməsinə görə 5 cür olur:

1. birləşmə; 2. Parçalanma; 3. Əvəzetmə; 4. Dəyişmə; 5. Polimorf çevrilmə reaksiyaları.

II. İstilik effektinə görə iki cür olur: 1. Ekzotermik; 2. Endotermik.

III. Prosesin dönərliyinə görə iki cür olur: 1. Dönən; 2. Dönməyən reaksiyalar.

IV. Reaksiya zamanı elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsinə görə də reaksiyalar iki yerə bölünür: 1. oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi, 2. oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən reaksiyalar.

Birləşmə, parçalanma, əvəzetmə, dəyişmə və polimorf çevrilmə reaksiyaları

Kimyəvi reaksiyaların təsnifatının əsasını başlanğıc və reaksiyadan sonra alınan maddələrin sayının dəyişməsi təşkil edir.

1. Parçalanma reaksiyaları.

Bir maddənin bir neçə yeni maddələrin alınması ilə gedən reaksiyalara parçalanma reaksiyaları deyilir.

$$2KClO_3 \xrightarrow{t} 2KCl+3O_2\uparrow$$

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t} Cr_2O_3+N_2\uparrow+4H_2O$$

$$2HgO \xrightarrow{t} 2Hg+O_2\uparrow$$

$$Cu_2(OH)_2CO_3 \xrightarrow{t} 2CuO+H_2O+CO_2\uparrow$$

2. Birləşmə reaksiyaları.

İki və ya daha çox bəsit və ya mürəkkəb maddədən bir yeni mürəkkəb maddənin əmələ gəlməsi ilə gedən reaksiyalara birləşmə reaksiyaları deyilir.

Məsələn:

$$C+O_2 \rightarrow CO_2$$

$$CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

$$H_2C=CH_2+H_2 \rightarrow H_3C-CH_3$$

$$2Fe+3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

Polimerləşmə reaksiyaları da birləşmə reaksiyalarına aiddir.

$$nCH_2=CH_2 \rightarrow (-CH_2-CH_2-)n$$

Birləşmə və parçalanma reaksiyaları həm oksidləşmə - reduksiya reaksiyaları, həm də oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən reaksiyalar ola bilər.

3. Əvəzetmə reaksiyaları.

Bəsit maddənin atomlarının mürəkkəb maddəni təşkil edən elementlərdən birinin atomlarını əvəz etməsi ilə baş verən reaksiyaya əvəzetmə reaksiyası deyilir.

$$Fe+CuSO_4=Cu+FeSO_4$$

$$Fe+2AgNO_3=2Ag+Fe(NO_3)_2$$

$$2NaJ+Cl_2=2NaCl+J_2$$

$$CH_4+Cl_2 \rightarrow CH_3Cl+HCl$$

$$FeO+H_2 \rightarrow Fe+H_2O$$

Əvəzetmə reaksiyası adətən oksidləşmə reduksiya reaksiyasıdır.

4. Dəyişmə reaksiyası.

İki mürəkkəb maddənin tərkib hissələrinin bir-biri ilə dəyişməsi nəticəsində iki yeni mürəkkəb maddənin alınması ilə gedən reaksiyalara dəyişmə reaksiyaları deyilir.

$$KJ+AgNO_3 \rightarrow AgJ\downarrow+KNO_3$$

$$Fe_2(SO_4)_3+3BaCl_2 \rightarrow 2FeCl_3+3BaSO_4\downarrow$$

$$HCl+NaOH \rightarrow NaCl+H_2O.$$

Turşu ilə əsas arasında duz və su əmələ gəlməsi ilə nəticələnən reaksiyalar neytrallaşma reaksiyassı adlanır.

5. Polimorf çevrilmə reaksiyaları.

Bu cür kimyəvi reaksiyalar zamanı maddə bir kristallik formadan digərinə keçir.

Deməli, kristallik qurluşunun dəyişməsi ilə baş verən kimyəvi reaksiyalara polimorf çevrilmə reaksiyaları deyilir. Məsələn, qırmızı civə yodidi qızdırdıqda sarı rəngli civə yodidə çevrilir. Bu polimorf çevrilmə birləşmənin kristallik formasının dəyişməsinə əsaslanır, bu zaman birləşmənin kimyəvi tərkibi dəyişmir:

$$HgJ_2 \text{ (qırmızı)} \underset{\text{soyutduqda}}{\overset{\text{qızdırdıqda}}{\rightleftharpoons}} HgJ_2 \text{ (sarı)}$$

Kimyəvi reaksiyasının istilik effekti. Ekzotermik və endotermik reaksiyalar

Kimyəvi reaksiyaların əsas xarakterik xüsusiyyətlərindən biri də onlarda enerjinin ayrılması və ya udulması ilə müşahidə olunmasıdır. Kimyəvi reaksiyasının baş verməsi bir kimyəvi rabitənin qırılması və digərinin yaranması ilə əlaqədardır. Beləliklə, reaksiyanın istilik effekti əmələ gələn rabitələrin enerjiləri ilə qırılmaya mə'ruz qalmış rabitələrin enerjiləri fərqi ilə tə'yin edilir.

Kimyəvi reaksiyalar zamanı ayrılan enerji kimyəvi enerji adlanır.

Adətən kimyəvi reaksiyalar, kimyəvi enerjinin istilik enerjisinə çevrilməsi ilə müşaiyət edilir, və ya əksinə, istilik enerjisi bir çox hallarda kimyəvi enerjiyə çevrilir.

İstiliyin ayrılması ilə gedən reaksiyalara ekzotermik reaksiyalar deyilir.

İstiliyin ayrılması ilə gedən reaksiyalara maddələrin havada yanmasını, metalların xlorla birləşməsini, qələvilərin turşularla neytrallaşmasını, natriumun su ilə qarşılıqlı tə'sirini və s. misal göstərmək olar:

$$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O+Q$$
$$2Fe+3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3+Q$$
$$2Na+2H_2O \rightarrow 2NaOH+H_2\uparrow+Q$$
$$HCl+NaOH=NaCl+H_2O+Q$$
$$H_2+Cl_2= 2HCl+184,6\ kC$$
$$2C_{(b)}+O_{2(q)}=2CO_{(q)}+220kC$$

Ekzotermik reaksiyalar zamanı əmələ gələn kimyəvi birləşmələr ekzotermik birləşmələr adlanır.

Bu birləşmələrdə kimyəvi enerjinin ehtiyatı başlanğıc maddələrin ümumi ehtiyat enerjisindən azdır.

İstiliyin udulması ilə gedən reaksiyalara endotermik reaksiyalar deyilir.

Endotermik reaksiyalarda əmələ gələn birləşmələrin ehtiyat enerjisi başlanğıc maddələrin ehtiyat enerjilərinin cəmindən çoxdur.

Endotermik reaksiyalar zamanı alınan kimyəvi birləşmələrə endotermik birləşmələr deyilir. Məsələn, azot və oksigendən istiliyin udulması ilə əmələ gələn azot 2-oksidi misal göstərmək olar.

$$N_2+O_2=2NO - 181\ kC$$
$$C_{(b)} + H_2O_{(q)} = CO_{(q)} + H_{2(q)} - 132\ kC$$

Ekzotermik birləşmələrin parçalanması istiliyin udulması ilə, endotermik birləşmələrin parçalanması isə istiliyin ayrılması ilə müşahidə edilir.

Əksər hallarda endotermik birləşmələr az davamlıdır və asanlıqla parçalanır.

Reaksiya nəticəsində udulan və ya ayrılan istiliyin miqdarına reaksiyanın istilik effekti deyilir.

Kimyanın müxtəlif proseslərin istilik effektlərini öyrənən bölməsi termokimya adlanır.

Reaksiyanın istilik effektini, başlanğıc və son maddələrin aqreqat halını göstərən tənliklərə *termokimyəvi* tənliklər deyilir.

Reaksiyanın istilik effekti Q və ya ΔH (delta haş oxunur) ilə işarə olunub, kilocoul (kC) və kilokalori (kkal) ilə ifadə edilir. Termokimyəvi tənliklərdə istilik effekti 2 üsulla - termokimyəvi və termodinamiki üsulla göstərilir.

Termokimyəvi üsulda istilik effekti Q reaksiya tənliyində, termodinamiki üsulda isə istilik effekti ΔH tənlikdən kənarda yazılır. Bu zaman ΔH=-Q olur.

Ekzotermik reaksiyalarda Q>O, ΔH<O olur. Məsələn,

$H_{2(qaz)}+1/2(O_2)_{(qaz)}=H_2O$(maye) +68,4 kkal termokimyəvi

$H_{2(qaz)}+1/2(O_2)_{(qaz)}=H_2O$(maye); ΔH=-68,4 kkal termodinamiki

Endotermik reaksiyalarda Q<O, ΔH>O olur. Məsələn,

$C_{(b)}+H_2O_{(qaz)}=CO_{(qaz)}+H_{2(qaz)}$ -132 kC termokimyəvi

$C_{(b)}+H_2O_{(qaz)}=CO_{(qaz)}+H_{2(q)}$; ΔH=+132 kC termodinamiki

Kimyəvi birləşmənin bir molunun bəsit maddələrdən əmələ gəlməsi zamanı ayrılan və ya udulan istilik miqdarına birləşmənin əmələ gəlmə istiliyi deyilir. Məsələn,

$$1/2N_{2(q)}+1/2O_{2(q)}=NO_{(q)} \text{ -21,6 kkal}$$

Bu tənlikdən görünür ki, bir mol azot 2-oksidin əmələ gəlməsi zamanı 21,6 kkal istilik udulur. Əmələgəlmə istiliyi bir mol maddə üçün hesablandığına görə termokimyəvi tənliklərdə əmsallar kəsr ədədlə göstərilə bilər.

İstilik effektini hesablamaq üçün son vaxtlar əsasən termodinamiki üsuldan istifadə edilir.

H entalpiya adlanır və hər bir maddənin enerji saxlamaq qabiliyyətini (enerji tutumunu) xarakterizə edir. Maddənin entalpiyasını hesablamaq mümkün deyil, lakin reaksiya zamanı entalpiyanın dəyişməsini ΔH müəyyən etmək olur.

ΔH son və başlanğıc məhsulların entalpiyaları fərqinə bərabərdir.

$$\Delta H=H_{son}-H_{baş}$$

Başlanğıc və son məhsullar standart şəraitdə olduqda (T=298k, P=0,1MPa), ΔH standart entalpiya adlanır və ΔH^0_{298} və ya ΔH^0 ilə işarə olunur. Məsələn,

$$2C_{(b)}+O_2=2CO_{(q)}; \qquad \Delta H^0=-220 \text{ kC}$$

Əgər reaksiyanın istilik effekti alınan maddənin 1 moluna nəzərən verilərsə, onu ΔH^0-ın qiymətlərində də göstərirlər:

$$C_{(b)}+1/2O_2=CO_{(q)}; \qquad \Delta H^0=-110 \text{ kC/mol.}$$

Reaksiyanın istilik effekti ΔH^0 son və başlanğıc maddələrin standart (T=298k, P=0,1MPa) əmələgəlmə entalpiyalarının fərqinə bərabərdir (stexiometrik əmsalları nəzərə almaqla).

$$\Delta H^0=\Delta H^0_{son}-\Delta H^0_{baş}$$

Məsələn, $aA+bB=cC+dD$ tənliyi üçün

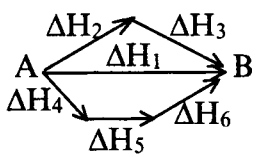
$$\Delta H^0=(c\cdot \Delta H^0_C+d\cdot\Delta H^0_D)-(a\cdot \Delta H^0_A+b\cdot \Delta H^0_B)$$

Mürəkkəb maddənin standart əmələgəlmə entalpiyası bu maddənin 1 molekulun standart şəraitdə bəsit maddələrdən əmələ gəlməsi zamanı baş verən entalpiya dəyişməsidir.

Bəsit maddələrin standart əmələgəlmə entalpiyaları sıfır qəbul edilir. Məsələn, $\Delta H(H_2)=O$, $\Delta H(Cl_2)=O$, $\Delta H(O_2)=O$.

Bir sıra termokimyəvi hesablamaların əsaslandığı istilik effektlərinin cəminin sabitliyi qanununu 1840-cı ildə rus kimyaçısı Q.İ.Hess kəşf etmişdir. Bu qanun aşağıdakı kimi ifadə olunur.

Reaksiyanın istilik effekti reaksiyanın gedişi yollarından və mərhələləri sayından asılı olmayıb, yalnız reaksiyaya girən və reaksiya nəticəsində alınan maddələrin təbiəti və fiziki halından asılıdır.



Hess qanununa müvafiq olaraq, göstərilən sxem üzrə üç variantda gedən çevrilmələrin istilik effektləri öz aralarında aşağıdakı sadə nisbət üzrə əlaqədar olmalıdır:

$$\Delta H_1=\Delta H_2+\Delta H_3=\Delta H_4+\Delta H_5+\Delta H_6$$

Qeyd edilənlərin aşağıda konkret misal üzrə izahı verilir: karbon qazının (CO_2) bəsit maddələrdən əmələ gəlməsinə və ya onların birbaşa qarşılıqlı tə'sirinin nəticəsi kimi:

$$C_{(b)}+O_{2(q)}=CO_{2(q)};\ \Delta H_1$$

və ya CO-nun əmələ gəlməsi ilə əlaqədar olan mərhələli prosesin

$$C_{(b)}+1/2O_{2(q)}=CO_{(q)};\ \Delta H_2$$

$$CO_{(q)}+1/2O_{2(q)}=CO_{2(q)};\ \Delta H_3$$

nəticəsi kimi baxıla bilər.

Hess qanununa görə bu üç prosesin istilik effektləri arasındakı sadə nisbət aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$\Delta H_1=\Delta H_2+\Delta H_3$$

Lavuazye-Laplas qanunu. Hər bir kimyəvi birləşmənin sadə tərkib hissələrinə parçalanması zamanı udulan istilik miqdarı əks işarə ilə həmin birləşmənin bəsit maddələrdən əmələ gəlməsi zamanı ayrılan istilik miqdarına bərabərdir.

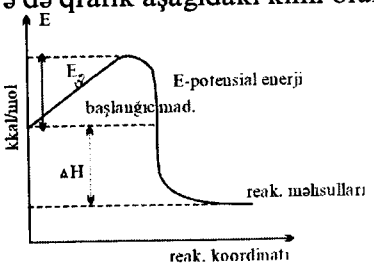
Məsələn,

$$HJ_{(q)}=1/2H_{2(q)}+1/2J_{2(b)};\ \Delta H=+6{,}20\ kkal.$$
$$1/2H_{2(q)}+1/2J_{2(b)}=HJ_{(q)};\ \Delta H=-6{,}20\ kkal.$$

Reaksiyanın istilik effektinin qrafik şəkildə göstərilməsi

1) Ekzotermik reaksiyanın istilik effektinin qrafiki göstərilməsi.

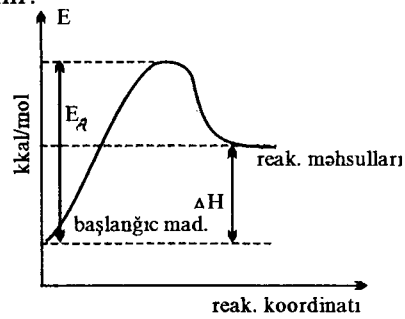
Ekzotermik reaksiyalarda reaksiya məhsullarının potensial enerjisi reaksiyaya girən maddələrin potensial enerjisindən həmişə kiçikdir və ona görə də qrafik aşağıdakı kimi olur:



Ekzotermik reaksiyalarda reaksiya məhsullarının potensial enerjisi başlanğıc maddələrin potensial enercisindən az olduğu üçün istilik ayrılır.

2) Endotermik reaksiyalarda enerji dəyişməsinin qrafiklə göstərilməsi.

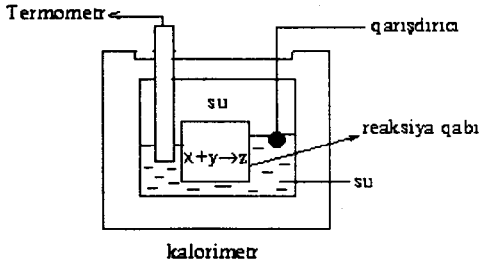
Endotermik reaksiyalarda, reaksiya məhsullarının potensial enerjisi başlanğıc maddələrin potensial enerjisindən çox olduğu üçün reaksiya istiliyin udulması ilə gedir və qrafik şəklində aşağıdakı kimi göstərilir.



Ea - aktivləşmə enerjisi və ya xarici enerjini göstərir. Qrafikdə aktivləşmə enerjisinin qiyməti əyrinin başlanğıc nöqtəsi ilə təpə nöqtəsi arasındakı məsafədir, qiyməti həmişə müsbət olub temperaturdan asılı deyildir.

Reaksiya istiliyinin ölçülməsi

Əvvəlcə reaksiyaya girəcək maddələri həssas tərəzilərdə çəkərək reaksiya qabına qoyuruq. Kalorimetr qabındakı suyun temperaturu reaksiya başlamazdan əvvəl termometrdən qeyd olunur.



Daha sonra reaksiya aparılır, qarışdırılır və suyun temperaturu təkrar ölçülür. İstiliyin artması və ya azalması baş verən reaksiyanın nə qədər istilik udduğunu və ya ayırdığını göstərir.

Hər kalorimetr qabının özünün xüsusi istilik tutumu vardır.

Reaksiyanın istilik effektinə aid nümunəvi məsələ həlli

1. Əgər 1 mol asetilenin C_2H_2 yanması zamanı 313,6 kkal istilik ayrılırsa, asetilenin əmələ gəlmə istiliyini tapın. Karbon qazı və suyun istilik effekti müvafiq olaraq 94 kkal və 68,4 kkal-dir.

Həlli: Asetilenin yanmasının termokimyəvi tənliyini yazaq.

$$C_2H_2 + 5/2O_2 \rightarrow 2CO_2+H_2O+313,6 \text{ kkal}$$

Sonra isə karbon-4-oksid və suyun əmələ gəlməsinin termokimyəvi tənliklərini yazaq.

$$C+O_2=CO_2+94 \text{ kkal.}$$
$$H_2+1/2O_2=H_2O+68,4 \text{ kkal}$$

1-ci tənliyi sonrakı tənliklərlə birləşdirsək

$$C_2H_2 + 5/2O_2 =2(C+O_2\text{-}94 \text{ kkal})+(H_2+1/2O_2\text{-}68,4)+313,6 \text{ kkal}$$

və ya

$$C_2H_2 = 2C+H_2+57,2 \text{ kkal alarıq}$$

2-ci variant:

$$\Delta H_p=313,6 \text{ kkal.}$$
$$\Delta HCO_2=94 \text{ kkal}$$
$$\Delta HH_2O=68,4 \text{ kkal}$$

Asetilenin yanma reaksiyasını yazaq

$$C_2H_2 + 5/2O_2 \rightarrow 2CO_2+H_2O+313,6 \text{ kkal}$$

reaksiya tənliyinə görə

$$\Delta H_p=(2\cdot \Delta HCO_2+\Delta HH_2O)- \Delta HC_2H_2 \text{ buradan}$$

$$\Delta HC_2H_2 =\Delta H_p-(2\cdot \Delta HCO_2+\Delta HH_2O) = 313,6-(2\cdot 94+68,4)=57,2 \text{ kkal}$$

Deməli, $\Delta HC_2H_2 =57,2$ kkal

Müvafiq olaraq asetilenin bəsit maddələrdən əmələ gəlməsini aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$2C+H_2\rightarrow C_2H_2\text{-}57,2 \text{ kkal}$$

Bu onu göstərir ki, bir mol asetilen bəsit maddələrdən əmələ gələrkən 57,2 kkal istilik udulur.

2. Azot 2-oksidin əmələ gəlmə istiliyi isə 94 kkal-dir. Əgər $C+2N_2O=CO_2+N_2$ reaksiyası üzrə 22 q azot 1-oksid N_2O reaksiyaya girmişdirsə bu zaman nə qədər istilik ayrılar?

Həlli: $C+2N_2O=CO_2+2N_2$ reaksiyasının istilik effektini

$$\Delta H=\sum n_{son.məh.}\cdot \Delta H_{son}-\sum n_{baş.}\cdot \Delta H_{baş.}$$

Tənliyi üzrə hesablamaq daha məqsədə müvafiqdir.

Burada n_{son} - reaksiya məhsullarının hər birinin mollarının sayı, $n_{baş.}$ - reaksiyaya girən maddələrin hər birinin mollarının sayı, $\Delta H_{baş}$ və ΔH_{son} - başlanğıc və son maddələrin əmələ gəlmə istiliklərini göstərir.

Onda,

$$\Delta H=94-(-2\cdot 17,7)=129,4 \text{ kkal.}$$

Məsələnin şərtinə görə 22 q. N_2O reaksiyaya girir.

Onda,

$$C+2N_2O=CO_2+2N_2+129,4 \text{ kkal}$$
$$Mr(N_2O)=44 \text{ q.}$$

$2\cdot 44$ q N_2O reak.girdikdə$\rightarrow$129,4 kkal ayrılırsa

22 q N_2O reak.girdikdə$\rightarrow$X kkal ayrılar.

$$X=\frac{22\cdot 129,4}{2\cdot 44}=32,35 \text{ kkal}$$

Deməli, 22 q N_2O reaksiyaya girdikdə 32,35 kkal istilik ayrılar.

3. H-H rabitəsin enerjisi 104 kkal/mol

F-F rabitəsinin enerjisi 36,6 kkal/mol

H-F rabitəsinin enerjisi 134,6 kkal/mol

Rabitə enerjilərinə görə $H_2+F_2\rightarrow 2HF$ reaksiyasının istilik effektini tapın.

Həlli:

Bu reaksiyaya görə 1 mol H_2 və 1 mol F_2 molekulu atomlarına ayrılanda enerji sərf olunur. Bunun əksinə olaraq isə 2 mol H-F rabitəsi əmələ gələrkən enerji ayrılır. Onda,

sərf olunan enerji		ayrılan enerji
1 mol H-H$\rightarrow$104 + 1 mol F-F$\rightarrow$36,6	$\rightarrow$	2 mol H-F $2\cdot 134,6=269,2$ kkal
Cəmi=140,6 kkal		

Görünür ki, ayrılan enerji sərf olunan enerjidən çox olduğu üçün 269,2>140,6 reaksiya ekzotermikdir.

Onda, reaksiyanın istilik effekti $\Delta H=269,2-140,6=128,6$ kkal

4. $X+O_2 \rightarrow XO_2+70$ kkal reaksiyasına görə bir qədər X yananda 256 q XO_2 əmələ gəlir və 280 kkal istilik ayrılır. Buna görə X elementinin atom kütləsini tapın.

Həlli: $X+O_2 \rightarrow XO_2+70$ kkal reaksiya tənliyinə görə aşağıdakı tənassübü quraq

$X+32$ q XO_2 əmələ gələrkən $\rightarrow$70 kkal istilik ayrılır

256 q XO_2 əmələ gələrkən $\rightarrow$280 kkal ayrılır.

Onda,

$$280(X+32)=70\cdot256 \text{ buradan}$$

$$X=32 \text{ olur.}$$

5. $CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$; $\Delta H=-212$ kkal

olduğuna görə 3,2 qram metanın CH_4 yanması zamanı neçə kkal istilik ayrılar?

Həlli:

1 mol maddənin yanması zamanı ayrılan istilik miqdarına molyar yanma istiliyi deyilir. Bu halda o, ΔH-a bərabərdir. Ona görə də yanan maddənin mol sayını tapaq.

$$\nu(CH_4)=\frac{m(CH_4)}{Mr(CH_4)}=\frac{3,2}{16}=0,2 \text{ mol}$$

Sonra isə aşağıdakı tənassübü quraq

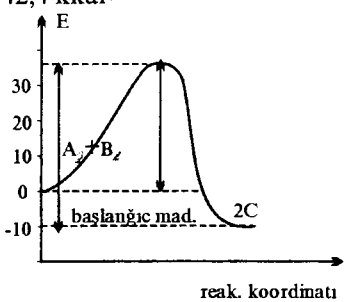
1mol CH_4-dən$\rightarrow$212 kkal istilik ayrılarsa

0,2mol CH_4-dən$\rightarrow$X kkal istilik ayrılar

$$X=212\cdot0,2=42,4 \text{ kkal}$$

6. Verilmiş qrafik aşağıdakı reaksiya-lardan hansına aiddir?

1. $A_2+B_2+30kkal \rightarrow 2C$
2. $A_2+B_2 \rightarrow 2C$ $\Delta H=30$kkal
3. $A_2+B_2 \rightarrow 2C$ $\Delta H=-30$ kkal
4. $A_2+B_2 \rightarrow 2C$ $\Delta H=-10$ kkal
5. $2C \rightarrow A_2+B_2$ $\Delta H=-10$ kkal



Həlli:

Reaksiyaya girən maddələrin potensial enerjisi, reaksiya məhsullarının potensial enerjisindən çox olduğu üçün reaksiya ekzotermikdir. Ekzotermik reaksiyasının ΔH-ı isə sıfırdan kiçik olduğu üçün mənfi qiymət alır.

Reaksiyanın istilik effekti

$$\Delta H_p=\Delta H_{son}-\Delta H_{baş}=-10-0=-10 \text{ kkal}$$

Ona görə də verilən qrafik

$$A_2+B_2 \rightarrow 2C; \quad \Delta H=-10 \text{ kkal}$$

reaksiyasına aiddir.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. 1kq termit (Fe_2O_3+2Al) yanarkən nə qədər istilik ayrılar?

$$Fe_2O_3+2Al=2Fe+Al_2O_3+198,1 \text{ kkal (828,85 kC)}$$

C a v a b: 631 kkal (2639,65 kC).

2. Amorf kömür $C+O_2=CO_2+97,8$ kkal (409,2 kC) termokimyəvi tənliyi üzrə yanır.

Tərkibində 12% yanmayan qarışıq olan amorf kömürün 1 tonu yanarkən nə qədər istilik ayrılar?

C a v a b:$717,2 \cdot 10^4$ kkal

3. $2C_2H_2+5O_2 \rightarrow 4CO_2+2H_2O+Q_x$ tənliyi üzrə asetilen yanır.

Əgər 1 *l* asetilen yanarkən 13,88 kkal istilik ayrılarsa, onda asetilenin yanma reaksiyasının istilik effektini Q_x tapın.

C a v a b: 621,8 kkal.

4. Metil spirtinin CH_3OH 9,6 qramı yanarkən 51,63 kkal istilik ayrılır. Yanma reaksiyasının termokimyəvi tənliyini yazın.

5. Maye suyun 1 molunun 25^0C-də əmələ gəlmə istiliyi 68,317 kkal, buxar halında olan suyun 1 molunun əmələ gəlmə istiliyi isə 57,798 kkaldır. Buxar halında suyun 1 molunun 25^0C-də əmələ gəlmə istiliyini kilocoulla hesablayın.

C a v a b: 44 kC.

6. Əgər susuz kalsium-xloridin $CaCl_2$ həllolma istiliyi +17,41 kkal/mol, eləcədə $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ kristal hidratının həllolma istiliyi -4,31 kkal/mol-dursa $CaCl_2+6H_2O=CaCl_2+6H_2O+Qx$ reaksiyasının istilik effektini hesablayın.

C a v a b: -21,72 kkal/mol.

7. Na_2SO_3-ün həllolma istiliyi 2,7 kkal 1 moldur. Bu duzun $Na_2SO_3+7H_2O \rightarrow Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ hidratlaşma istiliyi isə 13,9 kkal-dir. $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ kristal hidratının həllolma istiliyini tapın.

C a v a b: -16,6 kkal/mol.

8. Natrium-hidroksidin molyar neytrallaşma istiliyi -13,6 kkal olduğuna görə lazımi qədər HCl məhluluna 1 M 100ml NaOH məhlulu əlavə etsək nə qədər istilik ayrılar.

C a v a b: -1,36 kkal.

9. $CH_{4(q)}+2O_{2(q)}\rightarrow CO_{2(q)}+2H_2O_{(M)}$; ΔH=-120kkal olduğuna görə 4,8 qr metan CH_4 yanarkən nə qədər istilik ayrılar?

C a v a b: -36 kkal.

10. 5 q kalsium-karbonatın kalsium-oksidə CaO və karbon qazına parçalanmasına 8,4 kkal istilik sərf olunur. $CaCO_3$-ın molyar parçalanma istiliyi nə qədərdir?

C a v a b: -168 kkal.

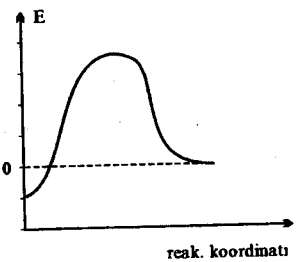
11.

Rabitə	Rabitə enerjisi kkal/mol
C=C	83
C-C	147
C-H	99
H-H	104

$H_2C=CH_{2(q)}+H_{2(q)}\rightarrow H_3C-CH_3$ reaksiyasının istilik effektini hesablayın.

C a v a b: -30 kkal/mol

12. Yandakı qrafik aşağıdakı reaksiyalardan hansına aiddir?



1. $CaCO_{3(b)}+Q\rightarrow CaO_{(b)}+CO_{2(q)}$
2. $Na_{(b)}+1/2Cl_{2(q)}\rightarrow NaCl_{(b)}+Q$
3. $HqO+Q\rightarrow Hq_{(M)}+1/2O_{2(q)}$
4. $H_2O_{(M)}+Q\rightarrow H_2O_{(q)}$
5. $HCl_{(q)}+NaOH\rightarrow NaCl_{(q)}+H_2O+Q$

13. ΔHCO_2=-94 kkal/mol ΔHH_2O=-68,3 kkal/mol ΔHC_2H_5OH=-66,2 kkal/mol olduğuna görə $C_2H_5OH_{(M)}+3O_{2(q)}\rightarrow 2CO_{2(q)}+3H_2O_{(q)}$ reaksiyasının istilik effekti nə qədərdir?

C a v a b: -326,7 kkal

14. Su buxarının əmələ gəlmə istiliyi 57,8 kkal-dir. Normal şəraitdə götürülmüş 8,4*l* guruldayıcı qazın $(2H_2+O_2)$ partlamasından nə qədər istilik ayrılar?

C a v a b: 14,45 kkal.

15. 9 q alüminium yandıqda 65,55 kkal istilik ayrılır. Alüminium oksidin əmələgəlmə istiliyini tə'yin edin.

C a v a b: 393,3 kkal.

16. Amonyakın NH_3 əmələ gəlmə istiliyi 11 kkal/mol, hidrogen-xloridinki isə 22,1 kkal/mol olduğu üçün $NH_3+HCl=NH_4Cl+42,9$ kkal termokimyəvi tənliyinə əsasən NH_4Cl-ammonium-xloridin əmələ gəlmə istiliyini tapın.

C a v a b: 76 kkal.

Kimyəvi reaksiaynın sür'əti

Kimyəvi reaksiyaların sür'əti böyük interval sərhəddində dəyişə bilər. Əksər reaksiyalar məhlulda (turşular və əsaslar arasında, duzlar arasında) ani sürətdə gedir. Daha sür'ətli gedən reaksiyalar partlayışla baş verən reaksiyalardır. Elə reaksiyalar da vardır ki, onlar bir dəqiqə, bir saat və yaxud bir neçə il müddətində gedir. Şüşədə, şlaklarda, dağ mədənlərində kimyəvi çevrilmələr çox yavaş gedir.

Kimyəvi reaksiyaların sür'əti bioloji proseslərin getməsini, eləcədə bir çox istehsalat muəssisələrinin istehsal gücünü müəyyən edir. Raket yanacağının yanma sür'əti onun hərəkət sür'ətini müəyyən edir.

Kimyəvi reaksiyaların sür'əti dedikdə sistemin həcminin dəyişməməsi şərti ilə reaksiyaya girən maddələrdən birinin qatılığının vahid zaman müddətində dəyişməsi başa düşülür.

Kimyəvi reaksiyanın sür'əti vahid zaman müddətində reaksiyaya girən maddələrdən birinin qatılığının dəyişməsi ilə ölçülür. Qatılıq dedikdə vahid həcmdəki maddə miqdarı götürülür (mol/*l*).

Məsələn, əgər maddənin qatılığı tə'yin olunan zaman 1 mol/*l* olmuşsa və bir dəqiqdən sonra 0,6 mol/*l* olmuşsa, onda, bir dəqiqə müddətində qatılığın dəyişməsi 1-0,6=0,4 mol/*l* olmuşdur ki, bu da kimyəvi reaksiyanın sür'ətini ifadə edir.

Kimyəvi reaksiyanın gedişi zamanı sür'əti dəyişmir. Prosesin başlanğıcında kimyəvi reaksiyanın sür'əti çox olur, sonra isə kəskin düşür. Bu onunla əlaqədardır ki, reaksiyanın başlanğıcında reaksiyaya girən maddələrin qatılığı çoxdur, müvafiq olaraq reaksiyaya girən molekulların toqquşma ehtimalı da çoxdur. Reaksiyaya girən maddələr, reaksiya məhsullarına çevrildiyi üçün onların qatılığı azalır və onunla bərabər reaksiyaya girən maddələrin molekullarının toqquşma ehtimalı da azalır.

Kimyəvi reaksiyanın sür'əti bir sıra amillərdən, kimyəvi reaksiyaya girən maddələrin təbiətindən, onların qatılığından, temperaturdan və təzyiqdən (qazlar üçün), katalizatorların tə'sirindən və s. asılıdır.

Kimyəvi reaksiyanın sür'ətini öyrənən xüsusi sahəsi kimyəvi kinetikadır.

Kimyanın hər bir kimyəvi prosesdə reaksiyanın lazımi konkret tələb əsasında idarə edilməsi vacib olduğundan, reaksiyanın kinetikasının öyrənilməsi böyük nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Kimyəvi reaksiyanın sür'ətinə, reaksiyaya girən maddələrin kimyəvi xassəsi həlledici tə'sir edir. Məsələn, hidrogen, fülorla otaq temperaturunda partlayışla reaksiyaya girir.

$$H_2+F_2=2HF$$

Hidrogenin bromla reaksiyası hətta qızdırdıqda zəif gedir.

$$H_2+Br_2=2HBr$$

Bu onunla izah olunur ki, fülorun hidrogenə hərisliyi broma nisbətən çoxdur. Ona görə də hidrogenin və fülorun molekullarının hər bir toqquşması onların qarşılıqlı tə'sirinə səbəb olur. Əksinə hidrogen və brom molekullarının az sayda toqquşmaları onlar arasında reaksiya ilə qurtarır. Qarşılıqlı tə'sirdə olan maddələrin bir-birinə hərisliyi nə qədər çox olarsa onların molekullarının toqquşma faizi daha çox olur və kimyəvi reaksiya ilə qurtarır.

Kimyəvi reaksiyaların getməsi üçün onların termodinamiki mümkünlüyündən başqa, real kinetik imkanları da nəzərə alınmalıdır.

Kimyəvi reaksiyalar, əksər hallarda mürəkkəb proseslərdir. Onlar çox istiqamətli və çox mərhələli olmaqla müxtəlif sür'ətlə gedirlər. Reaksiyanın ümumi yekunu müxtəlif elementar proseslərin ardıcıllığı və məcmuyu ilə müəyyən edilir. Bu baxımdan reaksiyanın sür'ət və mexanizminin öyrənilməsinin müstəsna əhəmiyyəti vardır.

Reaksiyanın sür'ət və mexanizmini öyrənən tə'lim isə kimyəvi kinetikadır.

Kimyəvi reaksiyalar sistemin faza müxtəlifliyinə görə homogen və heterogen olur. Bir fazalı sistemdə (maye-maye, qaz-qaz, bərk-bərk fazada) gedən reaksiyalar homogen (eyni cinsli) reaksiyalar adlanır. Etil spirti ilə sirkə turşusu arasında gedən reaksiya homogen reaksiyalara misal ola bilər.

$$CH_3COOH_{(M)}+C_2H_5OH_{(M)}\rightarrow CH_3COOC_2H_{5(M)}+H_2O_{(M)}$$

Müxtəlif fazalı sistemdə (bərk-maye, bərk-qaz, qaz-maye) gedən reaksiyalar heterogen (müxtəlif cinsli) reaksiyalar adlanır. Mə-

sələn, bərk halda olan dəmir 2-oksidlə dəm qazı arasında gedən reaksiya heterogen reaksiyadır.

$$FeO_{(b)}+CO_{(q)} = Fe_{(b)}+CO_{2(q)}$$

Homogen reaksiyalar müntəzəm olaraq bütün həcmdə, heterogen reaksiyalar isə fazalar sərhədində gedir.

Homogen reaksiyaların sür'əti

Kimyəvi reaksiyanın baş verməsi üçün mütləq lazım olan şərtləri bilmək lazımdır. Bu şərtlər aşağıdakılardır.

1. reaksiyaya girəcək molekulların toqquşmaları;
2. reaksiyaya girəcək molekulların aktivləşmə enerjisi.

Toqquşma anında nisbətən çox enerjisi olan molekulların kimyəvi qarşılıqlı tə'sir ehtimalı daha çox olmalıdır.

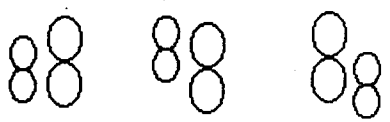
Homogen sistemdə belə molekulların sayı çox olduqda, kimyəvi reaksiyanın sür'əti də yüksək olur. Maddə molekulunun əmələ gəlməsilə nəticələnən belə toqquşmalar molekulların effektiv toqquşması , daxili ehtiyat enerjisi verilmiş müəyyən şəraitdə reaksiyanın gedişi üçün kifayət olan belə molekullar isə aktiv molekullar adlanır.

Verilmiş müəyyən şəraitdə molekulun, reaksiyanın gedişinin tə'mini üçün vacib olan minimal enerji ehtiyatı ilə sistemdə onların orta enerjisi arasındakı fərqə aktivləşmə enerjisi deyilir.

Beləliklə aktivləşmə enerjisi əslində molekulu aktiv hala gətirmək üçün ona verilməli olan əlavə enerji miqdarıdır.

3. Aktivləşmə enerjisindən başqa kimyəvi reaksiyanın həyata keçməsi üçün lazım olan şərtlərdən biri də toqquşma anında molekulların bir-birinə nisbətən müəyyən qaydada orientasiyası, başqa sözlə, molekulların həndəsi amilidir.

Məsələn, aşağıdakı üç müxtəlif vəziyyətdə hidrogen və yod molekulları toqquşa bilər.



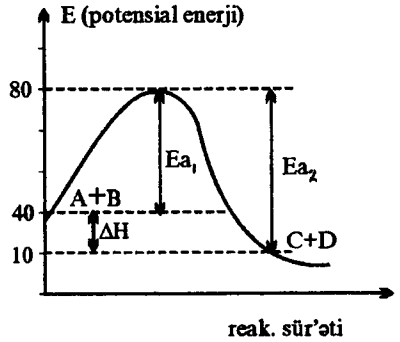
a) b)

Müəyyən edilmişdir ki, molekulların bu üç orientasiya formasından, reaksiyaya üçün yalnız "a" halı əlverişlidir. Digər iki halda isə molekulların birgə toqquşmaları effektli olmur.

Beləliklə, reaksiyanın gedişi üçün molekulların lazımi enerjiyə malik olması ilə yanaşı, həm də toqquşma zamanı müəyyən qayda üzrə orientasiya etməsi də vacib amildir.

Deməli, bu üç şərt olmadıqda kimyəvi reaksiya baş verməz. Kimyəvi reaksiyanın sür'əti də, reaksiyaya girən molekulların vahid zamandakı toqquşmaları sayı ilə düz mütənasibdir. Yə'ni reaksiyaya girən molekullar vahid zamanda bir-birləri ilə nə qədər çox toqquşarsa reaksiya o qədər sür'ətlə gedər.

Aktivləşmə enerjisi ilə reaksiya sür'əti arasında əlaqə



Ea_1=düzünə reaksiyanın aktivləşmə enerjisi

Ea_2=tərsinə reaksiyanın aktivləşmə enerjisi

ΔH=reaksiyanın istilik effekti

$$\Delta H = Ea_1 - Ea_2$$

Bu qrafikdən istifadə edərək reaksiyanın istilik effektini hesablayaq.

$$Ea_1 = 80-40 = 40 \text{ kkal}$$
$$Ea_2 = 80-10 = 70 \text{ kkal}$$
$$\Delta H = Ea_1 - Ea_2 = 40-70 = -30 \text{ kkal.}$$

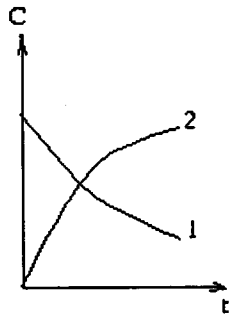
Beləliklə, reaksiyanın sür'ətini praktiki olaraq qatılığa görə ifadə etmək daha münasibdir.

Reaksiyaya daxil olan maddələrin və ya reaksiya məhsulları qatılığının vahid zamanda və vahid həcmdə dəyişməsinə reaksiyanın sür'əti deyilir.

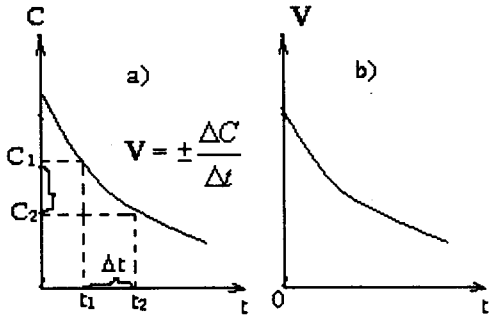
Reaksiya sür'ətinin ölçü vahidi mol/sm^3·dəq. və ya mol/1san ilə ifadə olunur.

Homogen reaksiyaların sür'əti, ya qatılığın dəyişməsinə görə birbaşa, ya da qatılığın dəyişməsinə mütənasib olaraq dəyişən xassələrə (məhlulun rənginə, elektrik keçiriciliyinə, təzyiqə və s.) əsasən dolayı yolla tə'yin edilir.

Reaksiya prosesində zaman keçdikcə başlanğıc maddələrin qatılığı azalır, reaksiya məhsullarının qatılığı isə artır (şəkil 15). Başlanğıc maddələrin qatılığının azalmasına uyğun olaraq reaksiyanın sür'əti də azalır (şəkil 16).



Şəkil 15 . Reaksiya zamanı maddələrin qatılığının dəyişməsi



Şəkil16 . Qatılığın və reaksiya sür'ətinin zamandan asılılığı.

Əgər maddənin başlanğıc qatılığı t_1 zamanında C_1, t_2 - zamanında isə C_2 ilə göstərilsə, $\Delta t=t_2-t_1$ zaman dəyişməsinə uyğun gələn qatılığın dəyişməsi $\Delta C=C_2-C_1$ olar.

Bu halda reaksiyanın orta sür'əti ($\overline{V}$) qatılığın müəyyən zaman ərzində dəyişməsini xarakterizə etdiyindən, o həmin kəmiyyətlərin nisbəti kimi ifadə edilir.

$$\overline{V} = -\frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Mə'lumdur ki, sür'ət mənfi ola bilməz.

Odur ki, tənliyin sağ tərəfi də müsbət olmalıdır. Lakin kəsrin sür'ətindəki kəmiyyət mənfi qiymət aldığından ($C_2<C_1$), onun müsbət alınması üçün kəsrin qarşısına mənfi işarəsi yazılır.

Reaksiya məhsullarının qatılığının artmasına əsasən $C_2<C_1$ olduğundan kəsrin qarşısında + işarəsi yazılır və orta sür'ət aşağıdakı kimi yazılır:

$$\overline{V} = +\frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Ümumi halda reaksiyanın orta sür'ətinin riyazi ifadəsi belə olur:

$$\overline{V} = \pm\frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Reaksiya zamanı maddələrin qatılıqları fasiləsiz dəyişdiyindən reaksiyanın sür'əti də fasiləsiz dəyişir. Bu halda reaksiyanın sür'ətini dəqiq xarakterizə edən "həqiqi sür'ət" anlayışından istifadə edilir.

Həqiqi sür'ət reaksiya zamanı maddələrin qatılıqlarının ani zamandakı dəyişməsini ifadə etdiyi üçün, ona qatılığın zamana görə törəməsi kimi baxılır:

$$\overline{V} = \pm\frac{\Delta dC}{\Delta dt}$$

Heterogen reaksiyaların sür'əti

Heterogen sistemlərdə baş verən kimyəvi reaksiyalar heterogen reaksiyalar adlanır.

Heterogen sistemlərdə reaksiyalar fazalar sərhədində baş verir. Eyni bir maddənin bütöv bir kütlə halında (külçə şəklində) və ya ovuntu halında səthlərinin sahəsi müxtəlif olduğundan, onların kimyəvi fəallıqları da bir-birindən fərqlənir. Reaksiyaya daxil olan maddələrin toqquşma səthi çoxaldıqca onların kimyəvi fəallığı da artır. Dəmir və kobaltın külçə halında havada uzun müddət dəyişməz qaldıqlarına baxmayaraq, yüksək dispersli ovuntu şəklində pirofor xassə göstərərək, hətta yanırlar. Pirofor xassə dedikdə maddələrin toz halında öz-özünə yanması başa düşülür (piro - yunanca od deməkdir).

Beləliklə, heterogen kimyəvi reaksiyaların sür'əti nəinki maye və qaz fazada olan maddələrin qatılığından, həm də fazaların, xüsusilə bərk fazanın toxunma səthindən (s) asılı olur. Bərk faza-

nın dispersliyi (narınlıq dərəcəsi) nə qədər yüksək olarsa, reaksiyanın sür'əti də o qədər çox olacaqdır.

Məsələn, kömürün yanması dəmir 2-oksidin dəm qazı ilə reduksiyası və başqa oxşar reaksiyaların sür'əti qaz fazanın qatılığından və bərk faza səthinin sahəsindən asılıdır.

$$\underset{\text{Bərk faza}}{C} + \underset{\text{qaz faza}}{O_2} \rightarrow CO_2.$$

Bu reaksiyanın sür'əti (V) aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$V=K\cdot S\cdot P_{O_2}$$

burada K - reaksiyanın sür'ət sabiti, P_{O_2} -oksigen qazının təzyiqi, S - bərk faza(kömür) səthinin sahəsidir.

Qaz fazanın təzyiqi (P_{O_2}) onun qatılığı (C_{O_2}) ilə də əvəz oluna bilər $V=K\cdot S\cdot C_{O_2}$ heterogen reaksiyaların sür'ət vahidi mol/sm^2·san ilə də ifadə olunur.

Müəyyən zaman müddətində S dəyişmədiyindən $V=K\cdot S\cdot P_{O_2}$ ifadəsindəki K·S hasili də dəyişmir. Ona görə də həmin hasil Ks sabit kəmiyyətlə işarə edilir. Bu halda $V=K\cdot S\cdot P_{O_2}$ ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$V=Ks\cdot P_{O_2} \text{ və ya } Ks\cdot C_{O_2}$$

burada Ks - reaksiyanın sür'ət sabitini və faza səthini nəzərə alan mütənasiblik əmsalıdır.

Yuxarıdakı tənlikdən görünür ki, müəyyən şəraitdə heterogen sistemlərdə reaksiyanın sür'əti yalnız qaz fazanın (yaxud maye fazanın) qatılığından asılıdır. Bərk fazanın reaksiya sür'ətinə tə'siri dolayı yolla sür'ət sabitinin qiymətində nəzərə alınır.

Heterogen reaksiyaların sür'ətinə temperatur, diffuziya prosesi, mühitin özlülüyü və digər amillər tə'sir edir.

Bərk faza səthində alınan reaksiya məhsulları həll olmayan maddələr olduqda, onlar reaksiya mərkəzlərini tutaraq reaksiyaya daxil olan maddələrin səthlə əlaqəsini kəsir və beləliklə prosesin getməsinə mane olurlar.

Belə sistemlərdə reaksiyanı sür'tləndirmək üsullarından biri, onun mexaniki qarışdırılmasıdır.

Reaksiya sür'ətinə tə'sir edən amillər

Kimyəvi reaksiyanın sür'əti müxtəlif amillərdən asılıdır. Bunlardan reaksiyaya daxil olan maddələrin təbiətini, onların qatılığını, temperaturu, təzyiqi, katalizatoru, şüalanmanı, həlledicinin təbiətini, maddələrin aqreqat halını və s. göstərmək olar. Bu amillərin reaksiyanın sür'ətinə tə'sirini öyrənməklə kimyəvi və texnoloji prosesləri tənzim etmək mümkündür.

Qatılığın reaksiya sür'ətinə tə'siri.

Kimyəvi reaksiyanın sür'əti reaksiyaya girən maddələrin qatılığından yüksək dərəcədə asılıdır. Onların qatılığı nə qədər çox olarsa, reaksiyaya girən maddə molekullarının xaotik hərəkəti zamanı toqquşmalarının sayı da bir o qədər çox olur.

Reaksiya sür'ətinin reaksiyaya girən maddələrin qatılığından asılılığının öyrənilməsi kütlələrin tə'siri qanununun kəşfinə səbəb oldu.

Bu qanunu 1867-ci ildə K.M. Quldberq və P.Vaaqe kəşf etmişdir və bu qanunun ifadəsi aşağıdakı kimidir:

Sabit temperaturda kimyəvi reaksiyanın sür'əti reaksiyaya girən maddələrin qatılıqları hasili ilə düz mütənasibdir. Əgər A+B=C reaksiyasında A və B maddələrinin qatılığını [A] və [B] və ya C_A və C_B işarə etsək reaksiyanın sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olur:

$$V=K\cdot[A]\cdot[B] \text{ və ya } V=K\cdot C_A\cdot C_B$$

burada, K - reaksiyanın sür'ət sabitidir və reaksiyaya girən maddələrin kimyəvi xassəsindən və temperaturdan asılıdır.

mA+nB=C tip reaksiyalar üçün reaksiyanın sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olar:

$$V=K\cdot[A]^m\cdot[B]^n \text{ və ya } V=K\cdot C_A^m\cdot C_B^n$$

Kimyəvi reaksiyanın sür'ət düsturunda kimyəvi tənlikdəki əmsallar reaksiyaya girən maddələrin qatılılıq ifadəsinin üstündə qüvvətə yüksəltmə kimi yazılır.

Əgər [A]=[B]=1M qəbul etsək onda

V=K olar.

Deməli,sür'ət sabiti K vahid qatılıqdakı reaksiya sür'ətinə bərabərdir. Bu kəmiyyət bə'zən reaksiyanın xüsusi sür'əti də adlanır.

Sür'ət sabiti reaksiyaya girən maddələrin təbiətindən asılı olub, sabit temperaturda sabit kəmiyyətdir.

Maddənin təbiəti dedikdə onun kimyəvi tərkibi, molekulun qurluşu, rabitənin növü, reaksiya qabiliyyəti və başqa amillərin birgə tə'siri başa düşülür.

Kütlələrin tə'siri qanunu, ideal qaz qanunlarına tabe olan qaz fazada və duru məhlullarda gedən reaksiyalara tamamilə tətbiq olunur. Lakin yüksək qatılıqlarda reaksiya sür'ətinin qatılıqdan asılılığı daha mürəkkəb xarakter daşıdığından bu asılılıq kütlələrin tə'siri qanununa dəqiq tabe olmur.

$2SO_2+O_2\rightarrow 2SO_3$ reaksiyasının sür'ətinin qatılıqdan asılı olaraq necə dəyişəcəyini izləyək:

$$V_1=K[SO_2]^2\cdot[O_2] \text{ və ya } V_1=K\cdot C^2_{SO_2}\cdot C_{O_2}$$

Verilmiş homogen qaz sisteminin həcmini üç dəfə azaltdıqda reaksiyaya daxil olan qaz halındakı maddələrin başlanğıc qatılıqları da üç dəfə artar.

Onda, reaksiyanın sür'əti də artaraq aşağıdakı qiyməti alar:

$$V_2=K(3C_{SO_2})^2\cdot 3C_{O_2}=K\cdot 9C^2_{SO_2}\cdot 3C_{O_2}=27KC^2_{SO_2}\cdot C_{O_2}$$

və ya

$$V_2=K\cdot[3SO_2]^2\cdot[3O_2]=27K\cdot[SO_2]^2\cdot[O_2]$$

əvvəlki sür'ətlə sonrakı sür'ətin nisbətini yazsaq, reaksiya sür'ətinin neçə dəfə artdığını taparıq:

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{27KC^2_{SO_2}C_{O_2}}{KC^2_{SO_2}C_{O_2}}=27$$

Deməli, reaksiyaya girən maddələrin qatılığını üç dəfə artırsaq, reaksiyanın sür'əti 27 dəfə artar.

Bərk və maye maddələr reaksiya sür'ətinə tə'sir etmədiyindən reaksiyanın sür'ət düsturunda onların qatılıqları yazılmır.

Məsələn,

$C_{(b)}+O_{2(q)}\rightarrow CO_{2(q)}$ reaksiyası üçün

$V=K\cdot[CO_2]$ şəklində olur.

Əgər reaksiya mərhələlərlə gedirsə onda həmin reaksiyanın sür'əti ən yavaş mərhələnin sür'ətinə bərabərdir.

Məsələn, $A_{(b)}+B_{(M)}+D_{(q)}\rightarrow G_{(q)}+H_{(q)}$ reaksiyası aşağıdakı mərhələlərlə gedir:

1. $A_{(b)}+B_{(M)} \rightarrow 2C_{(q)}$ (sür'ətli)
2. $2C_{(q)}+D_{(q)} \rightarrow E_{(q)}$ (yavaş)
3. $E_{(q)} \rightarrow G_{(q)}+H_{(q)}$ (sür'ətli)

Bu üç tənliyi tərəf-tərəfə toplasaq yuxarıdakı ümumi tənliyi alarıq.

Deməli, ümumi reaksiyanın sür'əti yavaş mərhələnin sür'ətinə bərabər olduğundan həmin reaksiyasının sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$V=K\cdot[C]^2\cdot[D]$$

Reaksiya mexanizmlərdən ümumi reaksiyanın sür'ətini və sür'ət düsturunu müəyyən etmək mümkün olmadığından bir neçə ölçməyə görə cədvəl qurulur və ümumi reaksiyanın sür'əti tapılır. Məsələn, 2A+B+3C→X+2Y reaksiyası üçün dörd hesablama aparılır və A, B və C-nin qatılıqlarına görə reaksiyanın sür'əti tapılır.

Hesablama	[A]	[B]	[C]	V_p.
1	0,2	0,01	0,4	$1,2\cdot10^{-3}$
2	0,1	0,01	0,8	$2,4\cdot10^{-3}$
3	0,1	0,02	0,4	$4,8\cdot10^{-3}$
4	0,2	0,02	0,4	$4,8\cdot10^{-3}$

[A], [B] və [C] qatılıqları molyar qatılıqla verilmişdir.

Bu cür reaksiyaların sür'ətini tapmaq üçün əvvəlcə cədvəldən elə iki hal tapaq ki, digər maddələrin qatılıqları sabit qaldığı halda bir maddənin qatılığı dəyişsin. Buna görə 3 və 4-cü halda B və C-nin qatılıqları sabit qaldığı halda A-nın qatılığı 2-dəfə artmışdır. A-nın qatılığının 2 dəfə artmasına baxmayaraq reaksiyanın sür'əti dəyişməmişdir. Ona görə də demək olar ki, A maddəsi reaksiyanın sür'ətinə tə'sir etmir.

1 və 2 hadisələrində B-nin qatılığı sabit qaldıqdan, A-nın qatılığı sür'ətə tə'sir etmədiyinə görə, sür'ətin2 dəfə artması, C-nin qatılığının 2 dəfə artmasından irəli gəlmişdir. C-nin qatılığının iki dəfə artmasına görə sür'ətin iki dəfə artması sür'ətin C-nin qatılığının birinci dərəcədən qüvvəti ilə düz mütənasib oldüğünü göstərir.

1 və 3 hallarında C-nin qatılığı sabit qaldığı halda B-nin qatılığı 2 dəfə artdığına görə sür'ət dörd dəfə artmışdır. Yə'ni B-nin qatılığı reaksiya sür'ətinə düz mütənasib olaraq tə'sir etmişdir. Bu halda sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olur:

$$V=K\cdot[B]^2\cdot[C]$$

Sür'ət düsturundan istifadə edərək reaksiya mexanizminə aid yavaş olan mərhələ tapılır.

Ona görə də yavaş mərhələnin reaksiya tənliyi aşağıdakı şəkildə olur:

$$2B+C\rightarrow$$

Sür'ət ilə qatılıq arasındakı əlaqəni aşağıdakı kimi izah edə bilərik.

1. Maddənin qatılığı 2 dəfə artanda sür'ət də iki dəfə artırsa, qatılıq sür'ətə birinci dərəcədən qüvvətlə tə'sir edir.

Əgər qatılıq iki dəfə artanda sür'ət dörd dəfə artırsa, qatılıq sür'ətə 2-ci dərəcədən qüvvətlə mütənasib olaraq tə'sir edir. Qatılığı iki dəfə artırdıqda, sür'ət səkkiz dəfə artdığından qatılıq sür'ətə 3-cü dərəcədən qüvvətlə mütənasib olaraq tə'sir edir.

2. Maddənin qatılığı üç dəfə artanda sür'ətdə üç dəfə artırsa, qatılıq sür'ətə 1-ci dərəcədən qüvvətlə, sür'ət dörd dəfə artırsa, qatılıq 2-ci dərəcədən qüvvətlə tə'sir edir.

3. Maddənin qatılığı dörd dəfə artanda sür'ətdə dörd dəfə artırsa, qatılıq sür'ətə 1-ci dərəcədən qüvvətlə, sür'ət 16 dəfə artırsa, qatılıq sür'ətə 2-ci dərəcədən qüvvətlə tə'sir edir.

Temperaturun reaksiya sür'ətinə tə'siri

Ümumiyyətlə, temperaturun dəyişməsi reaksiyanın sür'ətinə kəskin tə'sir göstərir. Onun artmasından asılı olaraq reaksiyanın sür'əti 100 dəfə, 1000 dəfə və daha çox arta bilər.

Hollandiya alimi Vant-Hoff reaksiya sür'ətinin temperaturdan asılılığının emprik qaydasını müəyyən etmişdir və bu qayda aşağıdakı kimi ifadə olunur.

Temperaturu hər 10°C yüksəltdikdə kimyəvi reaksiyanın sür'əti 2÷4 dəfə artır.

Bu asılılığın riyazi ifadəsi belədir:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

Burada v_2, t_2 - temperaturunda, v_1 isə t_1 - temperaturunda reaksiyanın sür'ətidir. γ (qamma) reaksiya sür'ətinin temperatur əmsalı adlanır və temperaturu hər 10°C yüksəltdikdə reaksiyanın

sür'ətinin neçə dəfə artdığını göstərir. Müxtəlif reaksiyalar üçün onun qiyməti 2÷4 arasında dəyişə bilər.

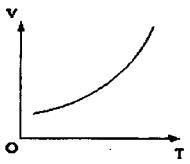
Məsələn, $\gamma=2$ isə sistemin temperaturu 0^0C-dən 100^0C-yə kimi artırılırsa onda

$$v_{t_2} = v_{t_1}.2^{\frac{100-0}{10}} = v_{t_1}.2^{10} = v_{t_1}.1024 \text{ olar}$$

Reaksiya sür'ətinin temperaturdan asılılıq qrafiki 17-cü şəkildə göstərilmişdir.

Qrafikdən göründüyü kimi, tempe-ratur yüksəldikcə əyri yuxarıya doğru meyl edir və buna üyğun olaraq reaksiyanın sür'əti artır.

Vant-Hoff qaydası bütün reaksiyalar üçün dəqiq olmayıb, təxmini xarakter daşıyır.



Şəkil 17. Reaksiya sür'ətinin temperaturdan asılılığı

Odur ki, kimyəvi reaksiya sür'ətinin temperaturdan asılılığı Arrenius tənliyi ilə daha dəqiq ifadə olunur və onun kəskin dəyişmə səbəbləri fəal toqquşmalar nəzəriyyəsinə əsasən aydınlaşdırılır.

$$\frac{dLnK}{dT} = \frac{A}{RT^2}$$

burada K - reaksiyanın sür'ət əmsalı, T - mütləq temperaturdur. R - universal qaz sabiti. A - enerjidir (aktivləşmə enerjisi).

Həm homogen və həm də heterogen sistemlərə tətbiq oluna bilən bu tənliyin köməyilə reaksiyanın mə'lum sür'ətinə əsasən aktivləşmə enerjisi hesablanır.

Aktivləşmə enerjisi mə'lum olduğu halda isə reaksiyanın sür'əti tapılır.

Təzyiqin reaksiya sür'ətinə tə'siri. Qaz fazada gedən kimyəvi reaksiyaların sür'ətinə təzyiqin artması müsbət tə'sir göstərir.

Çünki bu vaxt qaz sisteminin həcminin kiçilməsi ilə əlaqədar olaraq, reaksiyada iştirak edən maddələrin qatılığı artmış olur ki, bu da öz növbəsində (kütlələrin tə'siri qanununa müvafiq sürətdə) reaksiyanın sür'ətini artırır.

Belə hallarda reaksiyanın sür'əti tənliklərində qatılıq əvəzinə parsial təzyiqi (P) də götürülə bilər. Buna əsasən amonyakın bəsit maddələrdən sintezi reaksiyası

$$N_2+3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$$

sür'ətinin kütlələrdən asılılığı iki cür göstərilə bilər:

$$v=K[N_2]\cdot[H_2]^3 \text{ və ya } v=K\cdot PN_2.P^3H_2$$

Katalizatorun reaksiya sür'ətinə tə'siri.

Kimyəvi reaksiyaların sür'ətini dəyişən amillərdən biri də katalizatordur. Bir sıra maddələr az miqdarda reaksiya mühitində olduqda, kimyəvi proseslərə kəskin tə'sir etdikləri halda, özləri həm kimyəvi, həm də miqdarca dəyişməz qalır.

Reaksiyanın sür'ətini dəyişdirən, lakin prosesin sonunda özü kimyəvi dəyişməz qalan maddəyə katalizator deyilir.

Katalizatorun iştirakı ilə gedən kimyəvi reaksiya kataliz reaksiyası və ya kataliz prosesi adlanır (kataliz-yunanca parçalanma deməkdir).

Katalizator nəinki reakiyanın sür'ətini artırır, hətta bə'zi hallarda onu azaldır. *Reaksiyanın sür'ətini azaldan katalizatorlar mənfi katalizator adlanır.*

Reaksiyanın sür'ətini artıran katalizatorlar müsbət, azaldan katalizatorlar isə mənfi katalizator adlanır.

Əgər katalizator iştirakı ilə gedən reaksiyanın sür'əti, katalizatorsuz reakşiyanın sür'ətindən çoxdursa onda belə hadisələr *müsbət kataliz* adlanır. Müəyyən maddələrin iştirakı ilə kimyəvi reaksiyaların sür'ətinin azalması hadisəsi *mənfi kataliz* adlanır.

Katalizatorların xarakterik xüsusiyyəti odur ki, onlar az miqdarda reaksiyaya girən maddələr qarışığına daxil olduqda reaksiyanın sür'ətini ya artırır, və ya da azaldır.

Katalizatorların reaksiya sür'ətini artırması, çox hallarda onun reaksiyada iştirak edən maddələrlə davamsız birləşmələr əmələ gətirməsilə əlaqədardır.

Hazırda kimya sənayesi məhsullarının 90%-i katalizatorların iştirakı ilə alınır.

Katalizatorların canlı aləmdə də rolu böyükdür. Mə'lumdur ki, canlı orqanizmdə gedən mühüm biokimyəvi proseslərin əksəriyyəti biokatalizatorların (fermentlərin) iştirakı ilə baş verir. Qidaların həzm olunması, fotosintez və digər biokimyəvi proseslər katalizatorların vasitəsilə gedir.

Katalizatorların tə'siri spesifik xarakter daşıyır. Bə'zən eyni bir katalizator reaksiya üçün özünü müsbət, lakin digər bir reaksiya üçün mənfi katalizator kimi aparır. Məsələn, turşunun iştirakı suda məhlulda çuğundur şəkərinin qlükozaya çevrilməsi, yə'ni hidrolizi reaksiyasını

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O\rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$

kəskin sürətdə sür'ətləndirir. Halbuki məhlula H^+ ionlarının daxil edilməsi (turşu əlavə edilməsi) ilə, məsələn, hidrogen-peroksidin parçalanma reaksiyası, əksinə zəifləyir:

$$H_2O_2=H_2O+1/2O_2$$

Müxtəlif katalizatorları tətbiq etməklə eyni bir maddənin kimyəvi çevrilməsi prosesinin nəinki sür'ətini, hətta istiqamətini də dəyişdirmək, yə'ni ondan müxtəlif məhsullar almaq da olar.

Biokatalizatorlar yüksək spesifikliyilə xarakterizə olunur.

Kimyəvi reaksiyaların gedişində bir-birinin əksinə yönəlmiş iki proses baş verir. Həmin prosesin biri (ΔH) entalpiya, digəri isə entrapiya (ΔS) amili ilə xarakterizə olunur.

Entrapiya sistemin nizamsızlıq ölçüsüdür.

Bu amillər bir-birinə əks yönəlmiş proseslərlə (birləşmə-parçalanma, buxarlanma kondensləşmə və s.) əlaqədar olduqlarından onlardan biri maksimum qiymət aldıqda, digəri minimum qiymət alır. Ona görə də kimyəvi proseslərin hərəkətetdirici qüvvəsi, onların mümkünlüyü və istiqaməti həmin amillərin (entalpiya və entrapiya) birgə tə'siri ilə müəyyən edilir.

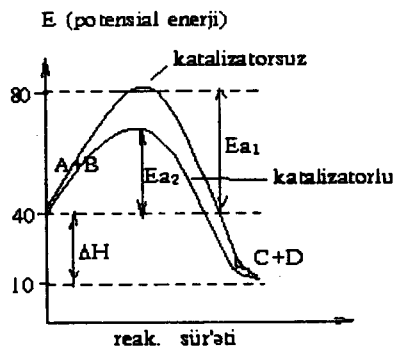
Sabit temperatur və təzyiqdə bir-birinə əks yönəlmiş entalpiya və entrapiya amillərinin birlikdə tə'sirini əks etdirən kəmiyyət sərbəst enerji (G) və ya Hibbs enerjisi adlanır.

$$\Delta G=\Delta H-T\cdot\Delta S$$

Katalizatorlar istənilən reaksiyaların deyil, yalnız Hibbs enerjisinin dəyişməsi $\Delta G<0$ olan reaksiyaların sür'ətini artıra bilər. Həmin şərt daxilində reaksiyanın getməsi termodinamik cəhətdən mümkündür, lakin bə'zi kinetik maneələr reaksiyanın adi şəraitdə getməsinə imkan vermir. Katalizator isə kinetik maneələri azaldır, reaksiyanın başlanmasına şərait yaradır, bə'zən onun mexanizmini dəyişərək, prosesi daha asan mərhələlərlə aparır. Başqa sözlə, ka-

talizator reaksiyaya girən maddələrlə davamsız keçid kompleksi əmələ gətirərək aktivləşmə enerjisini azaldır.

Qeyd etmək lazımdır ki, bə'zi kataliz proseslərini şərh edən ayrı-ayrı nəzəriyyələr olsa da, hazırda kataliz prosesinin ümumi bir nəzəriyyəsi yoxdur. Ona görə də katalizatorların seçilib tətbiq olunması emprik yolla müəyyənləşdirilir.



Katalizatorun reaksiyaya daxil olan maddələrlə eyni və ya müxtəlif fazalar təşkil etməsindən asılı olaraq, kataliz prosesinin iki növü olur: homogen və heterogen kataliz.

Homogen kataliz. Katalizator reaksiyaya girən maddələrlə eyni fazalı olduqda baş verən kataliz prosesi, homogen kataliz adlanır.

Homogen kataliz aralıq birləşmələr nəzəriyyəsi ilə izah olunur. Əgər A+B=AB reaksiyası zəif gedirsə ona katalizator K əlavə etdikdə o, başlanğıc maddələrdən biri ilə qarşılıqlı tə'sirdə olub, davamsız aralıq birləşmə əmələ gətirir:

$$A+K=AK$$

AK molekulları başlanğıc maddə molekullardan aktiv olduğu üçün digər başlanğıc maddənin molekulu ilə reaksiyaya girir və reaksiyanın son məhsulu əmələ gəlir, bu zaman katalizator azad olur:

$$AK+B=AB+K$$

Katalizator reaksiya məhsullarının tərkibinə daxil olmur, və nə qədər götürülmüşdürsə bir o qədər də dəyişməz olaraq qalır.

Homogen katalizə misal olaraq qaz halında ammonyak və hidrogen-xloriddən ammonium xloridin alınmasını göstərmək olar:

$$\underset{A}{NH_3}+\underset{B}{HCl}=\underset{AB}{NH_4Cl}$$

Su olmadıqda bu reaksiya çox zəif gedir. Havada buxar şəklində olan su katalizator rolu oynayır.

$$\underset{A}{NH_3}+\underset{K}{H_2O}=\underset{AK}{NH_4OH}$$

$$\underset{AK}{NH_4OH}+\underset{B}{HCl}=\underset{AB}{NH_4Cl}+\underset{K}{H_2O}$$

Heterogen kataliz. Katalizator və reaksiyaya girən maddələr müxtəlif fazalı olduqda baş verən kataliz prosesi heterogen kataliz adlanır.

Heterogen katalizdə katalizator ayrıca bir faza əmələ gətirir, yə'ni katalizator maddəsi ilə reaksiyaya daxil olan maddələr arasında səth bölgüsü olur. Belə heterogen katalizdə katalizatorun səth xarakteristikası başlıca rol oynayır.

Texnikada daha geniş tətbiq edilən bu kataliz növü oksidləşmə reaksiyalarında, məsələn,

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{PtV_2O_5} 2SO_3$$

reduksiya reaksiyalarında, məsələn,

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

karbohidrogenlərin hidrogensizləşməsi reaksiyalarında, karbohidrogen molekullarının parçalanması reaksiyalarında məsələn, krekinq prosesində və s.-də xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Bütün bu hallarda əsasən bərk katalizatorlardan istifadə olunur.

Bərk katalizatorlar daha böyük səthə malik olduqda, yə'ni daha çox xırdalandıqda, alınma və e'mal prosesləri aşağı temperaturda aparıldıqda, daha aktiv olur. Məsələn, hidrogenləşmə reaksiyalarında geniş tətbiq olunan metal nikel 7000C-yə kimi qızdırıldıqda, aktivliyini itirir.

$$\underset{\text{maye və ya qaz}}{R - CH = CH_2} + \underset{\text{qaz}}{H_2} \xrightarrow{Ni(kat.)} \underset{\text{bərk}}{R - CH_2 - CH_3}$$

Bu onunla izah edilir ki, yüksək temperaturda nikelin səthində atomların daha davamlı hala müvafiq gələn yeni düzülüşü meydana çıxır. Bu və buna oxşar digər müşahidələrə əsasən alimlər belə nəticəyə gəlmişdir ki, reaksiyanın sür'ətinə katalizatorun bütün səthi deyil, yalnız müəyyən aktiv mərkəzləri tə'sir göstərir. Həmçinin belə fikir irəli sürülmüşdür ki, aktiv mərkəzlər kristallik şəbəkənin heterogen sahələrindən ibarətdir. Katalizatorun aktiv-

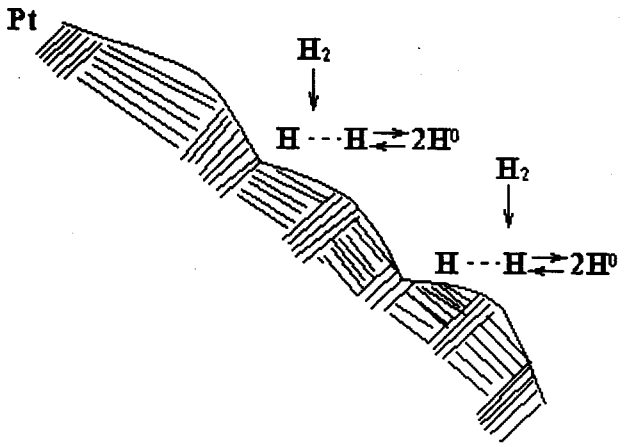
liyi, adətən ona başqa maddələrin az miqdarını əlavə etdikdə artır. Belə maddələr promotor adlanır. Məsələn, amonyakın sintezində katalizator kimi tərkibində 2%-ə qədər kalium-alüminat ($KAlO_2$) olan metal dəmirdən istifadə edilir.

Heterogen kataliz prosesi bir qayda olaraq bərk fazanı təşkil edən katalizator səthində molekulların adsorbsiya olunması ilə başlanır. Adsorbsiya prosesində molekullar deformasiyaya uğrayır, atomlararası rabitə zəifləyir və onların kimyəvi fəallığı artdığından reaksiyaya asan daxil olur. Beləliklə də reaksiyanın sür'əti artır.

Məsələn, adi şəraitdə O_2 və H_2 qarışığında praktiki olaraq reaksiya getmir, lakin həmin qarışığa platin katalizatoru daxil etdikdə reaksiyanın sür'əti kəskin artır.

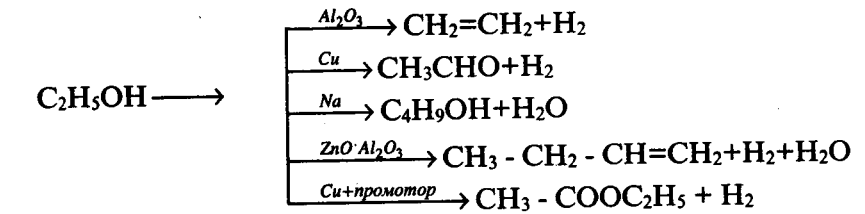
Hidrogen molekulları platin səthində adsorbsiya olunduqda atomlararası rabitə qırılır və atomar hidrogen alınır;

$H_2 \rightarrow 2H$ (şəkil 18). Atomar hidrogen çox fəal olduğundan oksigenlə birləşərək su əmələ gətirir:



Şəkil 18.

Katalizatorlar seçici və spesifik xassələrə malikdir. Eyni bir katalizator bir reaksiyada katalitik fəal olduğu halda, başqa reaksiyalarda indiferent (tə'sirsiz) ola bilər. Müxtəlif katalizatorların iştirakı ilə eyni bir maddədən müxtəlif məhsullar almaq mümkündür. Məsələn,



Bir sıra hallarda kənar qarışıqlar katalizatorun fəallığını azaldır. Katalizatorun fəallığını azaldan qarışıqlar *katalitik "zəhər"* adlanır. Belə qarışıqlar katalizatorun səthində dönməyən adsorbsiyaya (xemosorbsiya) uğrayaraq fəal mərkəzləri tutur. Bununla da katalizatorun fəallığı və deməli, reaksiyanın sür'əti azalır.

Sorbsiya. Bir maddənin digər maddə tərəfindən udulması hadisəsinə sorbsiya deyilir (sorbsiya latınca udmaq deməkdir).

Udan maddə *sorbent,* udulan maddə isə *sorbat* adlanır. Udulan maddə qaz, maye və məhlulda həll olmuş halda ola bilər, sorbentlər əksərən bərk halda olur. Məsələn, 298K temperaturda və normal təzyiqdə 1kq ağac kömürü 0,380 m^3SO_2 və ya 0,180 m^3 NH_3 sorbsiya edir.

Maddələrin udulması sorbentin həm həcmində, həm də səthində gedə bilər. Buna uyğun olaraq sorbsiya iki yerə ayrılır: adsorbsiya və absorbsiya.

Bə'zi hallarda sorbentin təbiətindən asılı olaraq, bu proseslər birgə baş verir.

Adsorbsiya. Yalnız sorbentin səthində gedən *sorbsiya* prosesinə *adsorbsiya* deyilir.

Səthdə adsorbsiya olunan maddə isə *adsorbat* adlanır.

Bərk maddələrin səthi az və ya çox dərəcədə adsorbsiya etmək qabiliyyətinə malikdir. Bu da səthin sərbəst enerjisi ilə əlaqədardır. Adsorbentin səthində olan atom və ya molekulların vəziyyəti, onun daxilindəki molekullar hər tərəfdən qarşılıqlı tə'sirdə olduqlarından, enerjiləri kompensasiya olunur. Səthdəki molekullar və ya ionlar isə hər tərəfdən başqa molekullarla əhatə olunmadıqlarından, onlarda qismən valent və ya elektrostatik doymamışlığı yaranır. Bu səbəbdən də bərk səthdə fəal mərkəzlər (elektrostatik və valent qüvvələri) mövcuddur. Odur ki, adsorbentlə adsorbat molekullararası qarşılıqlı tə'sirdə olur. Ümumiyyətlə maddə səthi

sərbəst enerjiyə malikdir. Belə enerjisi olan maddələr əhatə olunduğu maye və ya qaz mühitdən molekul və ionları adsorbsiya edərək, səth enerjisini azaltmağa çalışır.

Adsorbsiya olunmuş maddənin miqdarı bərk fazanın xüsusi səthindən, temperaturdan, adsorbatın qatılığından və s. asılıdır. Adsorbentin xüsusi səthi (So) onun vahid kütləsinə düşən səthdir. Həmin səth So=S/m formulu ilə ifadə olunur. Burada S- adsorbentin ümumi səthinin sahəsi, m-onun kütləsidir.

Adsorbentin xırdalıq dərəcəsi (dispersliyi) nə qədər yüksək olarsa onun xüsusi səthi də bir o qədər böyük olar və adsorbsiya qabiliyyəti də çox olar. Fəal adsorbentlərdən silikagelin, kömürün, siolitlərin xüsusi səthi (So) çox böyükdür.

Adsorbsiya prosesi maddələrin təbiətindən də asılıdır. Belə ki, polyar təbiətli adsorbentlər polyar molekulları və ionları daha yaxşı adsorbsiya edir. Xüsusi, halda polyar molekula malik səthi fəal maddələrin adsorbsiya olunma qabiliyyəti çox yüksəkdir.

Adsorbsiya, təbiətinə görə iki qrupa bölünür: fiziki adsorbsiya; kimyəvi adsorbsiya (xemosorbsiya).

Fiziki adsorbsiya, molekulararası zəif Van-der-Vaals və əks-yüklü ionlar arasında elektrostatik qüvvələrin hesabına baş verir. Bu halda bərk faza səthində əks-yüklü ionlardan və həm də polyar molekullardan ibarət ikiqat elektrik təbəqəsi yaranır. Fiziki adsorbsiya zəif ekzotermik proses olub, istilik effekti $\Delta H=8\div20$ kC/mol hüdudunda dəyişir. Bu növ adsorbsiya dönən prosesidir.

Adsorbat hissəciklərinin (molekul, ion) adsorbent səthindən qopması prosesi ***desorbsiya*** adlanır.

Bir-birinin əksinə yönəlmiş həmin proseslər arasında dinamik tarazlıq yaranır:

$$\text{adsorbsiya} \rightleftarrows \text{desorbsiya}.$$

Temperatur artdıqca adsorbsiya prosesi zəifləyir, desorbsiya isə güclənir.

Bütün adsorbentlərin səthində az və ya çox dərəcədə fiziki adsorbsiya baş verir.

Kimyəvi adsorbsiya zamanı bərk faza səthi ilə adsorbat arasında kimyəvi rabitə əmələ gəlir. Ona görə də belə adsorbsiya daha davamlı olur və yalnız bə'zi adsorbentlərin səthində gedir.

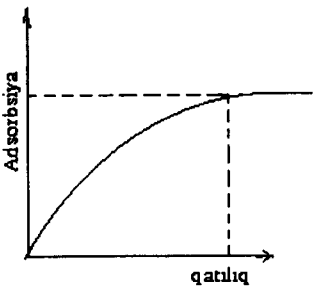
Kimyəvi adsorbsiya ekzotermik prosesdir və onun istilik effekti kimyəvi reaksiyaların istilik effektinə yaxın olur.

Adsorbsiya olunmuş maddənin miqdarı adsorbentin vahid səthinə görə hesablanır və mol/m²-lə ifadə olunur.

Qatılıqdan asılı olaraq adsorbsiya prosesi müəyyən qanunauyğunluqla gedir.

Adsorbsiya olunmuş maddə miqdarının onun qatılığından asılılıq əyrisi adsorbsiya izotermi adlanır. (şəkil 19).

Qrafikdəki əyridən göründüyü kimi, qatılıq artdıqca adsorbsiya əvvəlcə artır, sonra qatılığın müəyyən qiymətindən başlayaraq dəyişməz qalır.



Şəkil 19. Adsorbsiya izotermi.

Kimyəvi reaksiyaların sür'ətinə aid nümunəvi məsələ həlli

1. Hidrogen ilə xlor arasında reaksiya $H_2+Cl_2 \rightarrow 2HCl$ tənliyi üzrə gedir.

Təzyiq 4 dəfə artırılarsa sür'ət neçə dəfə artar?

Həlli: Əvvəlcə reaksiyanın sür'ət düsturunu yazaq

$$v=K\cdot[H_2]\cdot[Cl_2]$$

sonra təzyiqi 4 dəfə artırdıqda reaksiyaya girən maddələrin qatılıqları da 4 dəfə artar.

Əgər $[H_2]$-ni a, $[Cl_2]$-ni isə b ilə işarə etsək $v=K\cdot a\cdot b$ olar.

Təzyiq 4 dəfə artanda isə

$$v=K\cdot 4\cdot a\cdot 4\cdot b=16Kab.$$

Deməli, reaksiyanın sür'əti 16 dəfə artar.

2. $CO+Cl_2 = COCl_2$ tənliyinə görə karbon 2-oksidin qatılığı 0,3 mol/*l*, xlorun isə 0,2 mol/*l*-dir. Xlorun qatılığını 0,6 mol/*l*-ə, karbon 2-oksidin qatılığını isə 1,2 mol/*l*-ə qədər artırsaq, düzünə gedən reaksiyanın sür'əti necə dəyişər?

Həlli: Reaksiya tənliyinə əsasən reaksiyanın sür'ət düsturu $v=K\cdot[CO]\cdot[Cl_2]=K\cdot a\cdot b$ kimi olar. CO və Cl_2-un qatılıqlarını sür'ət düsturunda yerinə yazsaq

$$v=K\cdot 0{,}3\cdot a\cdot 0{,}2\cdot b=0{,}06K\cdot a\cdot b \text{ olar.}$$

Qatılığı artırdıqda isə

$$v=K\cdot 0{,}6\cdot a\cdot 1{,}2\cdot b=0{,}72K\cdot a\cdot b \text{ olar.}$$

Onda reaksiyanın sür'əti 0,72:0,06=12 dəfə artar.

3. A və B maddələri A+2B=C tənliyi üzrə reaksiyaya girir. A maddəsinin ilk qatılığı 0,3 mol//, B-maddəsinin ilk qatılığı isə 0,5 mol//-dir. Reaksiyanın sür'ət sabiti 0,4-dür. Reaksiya təzəcə başlandıqda, habelə A maddəsinin qatılığı 0,1 mol// azaldıqdan sonra reaksiyanın sür'əti necə olacaqdır?

Həlli: Reaksiyanın sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$v=K\cdot[A]\cdot[B^2] \text{ və ya } v=K\cdot a\cdot b^2.$$

bu düsturda başlanğıc qatılıqların qiymətini yerinə yazsaq

$$v_1=0{,}4\cdot 0{,}3\cdot(0{,}5)^2=0{,}03$$

Reaksiya getdikdən sonra isə A maddəsinin qatılığı 0,1 mol// azaldığından reaksiya mühitində 0,3-0,1=0,2 mol// qalır. Reaksiya tənliyinə görə B maddəsinin qatılığıda A maddəsinin qatılığından 2 dəfə çox azalır yə'ni $0{,}1\cdot 2=0{,}2$ mol//. Ona görə reaksiya mühitində 0,5-0,2=0,3 mol// B maddəsi qalır. Onda reaksiyanın sür'əti

$$v_2=0{,}4\cdot 0{,}2\cdot(0{,}3)^2=0{,}0072 \text{ olur.}$$

4.

$$XO+1/2O_2=XO_2$$
$$XO_2+YO_2=YO_3+XO$$
$$YO_3+H_2O=H_2SO_4$$

reaksiyaları H_2SO_4-ün alınmasının aralıq mərhələləridir. Bu reaksiyalarda katalizator hansı maddədir?

Həlli: Reaksiyanın sür'ətini artıran və bu zaman sərf olunmayan maddələrə katalizator deyilir. Bu halda XO maddəsi reaksiyanın sonunda olduğu kimi ayrıldığından katalizatordur.

5.

$A_{(q)}+2B_{(q)}\rightarrow 2C_{(q)}+D_{(q)}$ (sür'ətli)
$2C_{(q)}+E_{(q)}\rightarrow 4F_{(q)}$ (çox yavaş)
$4F_{(q)}+A_{(q)}\rightarrow 3G_{(q)}$ (yavaş)

reaksiyaları

$$2A+2B+E\rightarrow D+3G$$

reaksiyanın aralıq mərhələləri olduğundan bu reaksiyanın sür'ət düsturu necə olar?

Həlli: Bildiyimiz kimi, əgər reaksiya bir neçə mərhələdə gedirsə onun sür'ət düsturu ən yavaş mərhələnin sür'ət düsturu ilə ifadə edilir. Ona görə də bu halda ən yavaş mərhələ $2C_{(q)}+E_{(q)} \rightarrow 4F_{(q)}$ olduğundan reaksiyanın sür'ət düsturu aşağıdakı kimi olar:

$$v=K[C]^2\cdot[E]$$

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

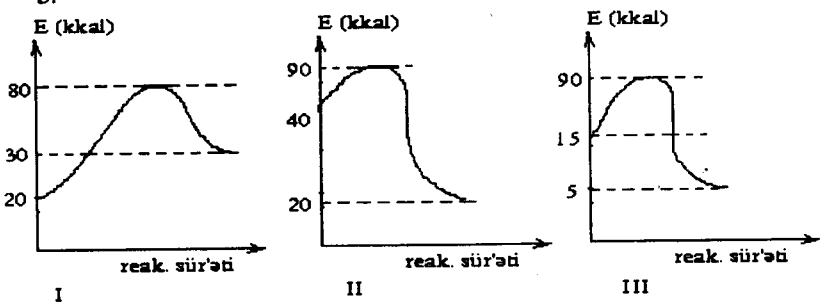
1. $2A+B+3C \rightarrow E+2D$ reaksiyası üçün sür'ət düsturu $v=K\cdot[B]\cdot[C]^2$ olduğuna görə bu reaksiyanın ən yavaş mərhələsi necə olar?

C a v a b: $B+2C=2A$.

2. $2X_{(q)}+Y_{(q)} \rightarrow Z_{(q)}+T_{(q)}$ reaksiyasında Y-in qatılığı 2 dəfə və X-in qatılığı 4 dəfə artırılsa reaksiyasının sür'əti neçə dəfə artar?

C a v a b: 32 dəfə.

3.



Yuxarıdakı qrafiklərə görə I reaksiyanın sür'əti v_1, II reakyanın sür'əti v_2, III reaksiyanın sür'əti v_3 olduğuna görə bu reaksiyaların sür'ətləri böyükdən kiçiyə doğru necə sıralanır?

C a v a b: $v_1>v_2>v_3$.

4. $2A+3B \rightarrow C$ tənliyi üzrə gedən reaksiyada A maddəsinin qatılığı 0,3 mol/*l* azalır. Bu zaman B maddəsinin qatılığı nə qədər azalar?

C a v a b: 0,45 mol/*l*.

5. SO_2-nin O_2-lə qarışıqlı tə'siri zamanı O_2-nin qatılığı bir saat ərzində 0,25 mol/*l* azalır. Bu zaman SO_2-nin qatılığı qə qədər azalır və reaksiyanın orta sür'əti nəyə bərabərdir?

C a v a b: 0,5 mol/*l*; 0,25 mol/*l*·saat.

6. Etilasetat efirinin sabunlaşması reaksiyası zamanı başlanğıc qatılıq 0,02 mol/l olmuşdur. 25 dəqiqədən sonra qatılıq 0,0054 mol/l olur. Reaksiyanın orta sür'ətini hesablayın.

C a v a b: $5{,}84 \cdot 10^{-4}$ mol/l·dəq.

7. $2SO_2+O_2 \rightarrow 2SO_3$ reaksiyasında başlanğıc qatılıq 1,6 mol/l SO_2 və 1,2 mol/l O_2 olmuşdur. 0,6 mol/l SO_3 əmələ gələn müddətdə reaksiyada qalan SO_2 və O_2-nin qatılığını tapın.

C a v a b: 1 mol/l SO_2 və 0,9 mol/l O_2.

8. Verilmiş zaman müddətində amonyakın sintezində 0,9 mol/l hidrogen reaksiyaya girmişdir, onun başlanğıc qatılığı isə 1,4 mol/l olmuşdur. Qalan hidrogenin qatılığını və reaksiyaya girən azotun qatılığını tapın.

C a v a b: 0,5 mol/l H_2 və 0,3 mol/l N_2.

9. $CO+H_2O=CO_2+H_2$ reaksiyasında başlanğıc qatılıqlar [CO]=0,2 mol/l, $[H_2O]_{qaz}$=0,4 mol/l, $[CO_2]$=0,3 mol/l və $[H_2]$=0,1 mol/l-dir. Əgər CO-nun 40%-i reaksiyaya girərsə, reaksiyada iştirak edən bütün maddələrin reaksiyadan sonrakı qatılıqlarını tapın.

C a v a b: 0,12 mol/l CO, 0,32 mol/l $H_2O_{(qaz)}$ 0,38 mol/l CO_2, 0,18 mol/l H_2.

10. Əgər $2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$ tənliyinə əsasən reaksiyaya girən qazlar qarışığının həcmini 2 dəfə azaltsaq reaksiyanın sür'əti neçə dəfə artar?

C a v a b: 8 dəfə.

11. Əgər qaz qarışığının həcmini 2 dəfə artırsaq $N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$ reaksiyasının sür'əti neçə dəfə azalar?

C a v a b: 16 dəfə.

12. $2A+B \leftrightarrow C$ reaksiyasının sür'ət sabiti 0,8-ə bərabərdir. Reaksiyaya girən maddələrin başlanğıc qatılıqları [A]=2,5 mol/l və [B]=1,5 mol/l. Reaksiya nəticəsində [B] maddəsinin qatılığı 0,5 mol/l-ə bərabərdir. [A] maddəsinin reaksiyadan sonrakı qatılığını və reaksiyasının sür'ətini hesablayın.

C a v a b: [A]=0,5; v_1=7,5; v_2=0,1.

13. Bir qədər vaxtdan sonra $A+B \rightarrow C$ reaksiyasının sür'əti 100 dəfə azalıb. A və B maddəsinin qatılığı necə dəyişir (A və B maddəsinin başlanğıc qatılıqları bərabərdir)?

C a v a b: A və B-nin qatılıqları 10 dəfə azalır.

14. 100^0C-də reaksiyasının sür'əti vahidə bərabərdir. Bu reaksiya 10^0C-də neçə dəfə zəif sür'ətlə gedir (reaksiya sür'ətinin temperatur əmsalı

2-yə bərabərdir)? Əgər reaksiya 100^0C-də 10 san müddətində axıra qədər gedirsə bu reaksiyanın 10^0C-də getməsinə nə qədər vaxt lazımdır?

C a v a b: 1 saat 42 dəq.

15. Reaksiya 0^0C-də 4,5 saat (16384 san=2^{14} san.) müddətində axıra qədər gedir. Hansı temperaturda 1 san müddətində reaksiya axıra qədər gedər (reaksiyanın temperatur əmsalı 2-dir)?

C a v a b: -140^0.

16. Fermentativ prosesin sür'ətinin temperatur əmsalı 7-yə çatır. 20^0C-də fermentativ reaksiyanın sür'ətini vahid qəbul etsək, bu prosesin 50^0C-də sür'əti nə qədər artar?

C a v a b: 343 dəfə.

Dönən və dönməyən reaksiyalar

Kimyəvi reaksiyalar, prosesin istiqamətinə görə dönən və dönməyən olur.

Bir sıra hallarda kimyəvi reaksiya yalnız bir istiqamətdə gedir, yə'ni reaksiya nəticəsində əmələ gələn maddələr öz aralarında kimyəvi qarşılıqlı tə'sirdə olub, yenidən başlanğıc maddələri əmələ gətirə bilmir. Məsələn,

$$2HgO \rightarrow 2Hg+O_2\uparrow$$
$$Zn+H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4+H_2\uparrow$$
$$BaCl_2+Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow+2NaCl$$

Müəyyən şəraitdə öz aralarında kimyəvi qarşılıqlı tə'sirdə olaraq, yenidən başlanğıc maddələri əmələ gətirə bilməyən məhsulların alınması ilə gedən reaksiyalar dönməyən reaksiyalar adlanır.

Reaksiyanın dönməzlik şərti aşağıdakılardır.

1. Qaz alınması; 2. Çöküntü alınması; 3. Az dissosiasiya edən maddə (zəif elektrolit) alınması; 4. Kompleks birləşmənin alınması.

1. $Na+H_2O \rightarrow NaOH+H_2\uparrow$
2. $AgNO_3+NaCl \rightarrow AgCl\downarrow+NaNO_3$
3. $NaOH+H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4+H_2O$
4. $BF_3+KF \rightarrow K[BF_4]$

Dönməyən reaksiyalarda bərabərlik işarəsinin əvəzinə ox→ işarəsi yazılır.

Bə'zi hallarda reaksiya məhsulları yenidən bir-birilə reaksiyaya daxil olaraq, ilkin maddələri əmələ gətirir.

İlkin maddələrdən reaksiya məhsullarının alınması istiqamətində gedən reaksiyalar düzünə, həmin məhsulların yenidən ilkin maddələrə keçməsi istiqamətində gedən reaksiyalar isə əksinə reaksiyalar adlanır. Bir qayda olaraq düzünə reaksiyalar soldan sağa, əksinə reaksiyalar isə sağdan sola yönəlmiş olur.

Müəyyən şəraitdə eyni zamanda həm düzünə, həm də tərsinə gedən reaksiyalar dönən reaksiyalar adlanır.

Dönən reaksiyalar əksinə yönəlmiş iki oxla ($\rightleftarrows$) göstərilir.

Dönən reaksiyalar axıra qədər getmir və alınan reaksiya məhsulları bir-birilə reaksiyaya girərək yenidən başlanğıc maddələrə çevrilir.

Eyni zamanda hər iki istiqamətdə gedən reaksiyalara dönən reaksiyalar deyilir.

Efirləşmə, suyun və amonyakın alınma reaksiyaları dönən proseslərdir:

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

$$2H_2+O_2 \rightleftarrows 2H_2O$$

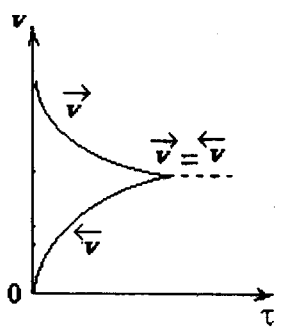
$$N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

Dönən reaksiyalar məhlulda da gedir. Məsələn,

$$FeCl_3+3KCNS \rightleftarrows Fe(CNS)_3+3KCl$$

Dönən xarakterli reaksiyalarda düzünə və tərsinə gedən reaksiyalar müxtəlif sür'ətlərə malik olur.

Məsələn, reaksiyanın əvvəlində düzünə gedən reaksiyanın sür'əti maksimal, tərsinə gedən reaksiyanın sür'əti isə sıfıra bərabər olur. Lakin reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığının tədricən azalması və əksinə reaksiya nəticəsində alınan maddələrin qatılığının artması ilə əlaqədar olaraq, vaxt keçdikcə düzünə reaksiyanın sür'əti azalır və tərsinə reaksiyanın sür'əti artır.



Şəkil 20.

Nəhayət elə bir an gəlib çatır ki, düzünə və tərsinə gedən reaksiyaların sür'ətləri bərabərləşir (şəkil 20).

Dönən reaksiyalarda düzünə və tərsinə gedən reaksiyaların sür'ətlərinin bərabərləşdiyi hal *kimyəvi tarazlıq* adlanır.

Kimyəvi tarazlıq dinamik xarakter daşıyır, yə'ni hər anda proses getməklə reaksiyanın sür'əti hər iki istiqamətdə (düzünə və əksinə) bərabər olur və tarazlıq qatılıqları dəyişmir. Reaksiyada iştirak edən maddələrin tarazlıq halına uyğun gələn qatılıqa tarazlıq qatılığı deyilir.

Kimyəvi tarazlığın kinetik şərti, hər iki istiqamətdə reaksiya sür'ətlərinin bərabərləşməsi ($\vec{v}_1 = \overleftarrow{v}_2$) termodinamik şərti isə Hibbs enerjisi dəyişməsinin sıfır olmasıdır ($\Delta G=0$). $\Delta G<0$ olduqda düzünə, $\Delta G>0$ olduqda isə reaksiya əksinə istiqamətdə gedir.

Dönən reaksiyada kimyəvi tarazlıq ümumi şəkildə aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$aA+bB \rightleftarrows cC+dD$$

Bu sistemə kütlələrin tə'siri qanununu tətbiq etsək, düzünə və tərsinə reaksiyaların sür'ətlərinin ifadəsi alınar:

Düzünə reaksiyanın sür'ətini v_1, tərsinə reaksiyanın sür'ətini isə v_2 ilə işarə etsək

$$v_1=K_1\cdot[A]^a\cdot[B]^b \text{ və ya } v_1= K_1\cdot C_A^a\cdot C_B^b$$

$$v_2=K_2\cdot[C]^c\cdot[D]^d \text{ və ya } v_2= K_2\cdot C_C^c\cdot C_D^d \text{ olar.}$$

burada K_1 və K_2 müvafiq reaksiyaların sür'ət sabitləridir.

Tarazlıq halında $v_1=v_2$ olduğundan $K_1[A]^a[B]^b=K_2[C]^c[D]^d$ olar.

Buradan $K_T=\dfrac{K_1}{K_2}=\dfrac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ olar ki, burada da K_T, K_1 və K_2 sabit kəmiyyətlərini əvəz edən kimyəvi tarazlıq sabitidir.

Əgər reaksiyada iştirak edən maddələr qaz halında olarsa, tarazlığın riyazi ifadəsində qatılıqlar parsial təzyiqlərlə əvəz oluna bilər:

$$K_T=\frac{P_D^d P_C^c}{P_A^a P_B^b}$$

Buradan $P_A{}^a$ və $P_B{}^b$ başlanğıc maddələrin, P_D^d və P_C^c isə reaksiya məhsullarının parsial təzyiqləridir.

Reaksiya məhsullarının tarazlıq qatılıqları hasilinin, reaksiyaya daxil olan başlanğıc maddələrin tarazlıq qatılıqları hasilinə nisbəti dəyişməz kəmiyyət olub, tarazlıq sabiti adlanır.

K_T-nin qiymətinə əsasən reaksiyanın istiqaməti və reaksiya məhsullarının çıxımı müəyyən edilir. Belə ki, $K_T>1$ olduqda reaksiya düzünə gedir və reaksiya məhsullarının qatılığı başlanğıc maddələrin qatılığından çox olur. $K_T<1$ olduqda isə reaksiya əks istiqamətə yönəldiyindən başlanğıc maddələrin qatılığı reaksiya məhsullarının qatılığından çox olur, yə'ni çıxım azalır.

$K_T=1$ olduqda başlanğıc və son maddələr qatılıqlarının hasili bərabərləşir və düzünə ilə tərsinə reaksiyaların sür'ətləri də bərabər olur.

K_T-maddələrin təbiətindən və temperaturdan asılı olduğu halda, onların qatılıqlarından asılı deyildir.

K_T-nin temperaturundan asılılığı aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$LnK_T = \frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$$

Homogen reaksiyalarda tarazlıq

Hidrogenlə yod arasındakı qaz fazada gedən reaksiyanın tarazlıq halında tarazlıq sabiti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$H_2+J_2 \rightleftarrows 2HJ$$

$$v_1=K_1[H_2][J_2];\ v_2=K_2[HJ]^2.$$

$$K_1[H_2][J_2]=K_2[HJ]^2$$

$$K_T = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[HJ]^2}{[H_2][J_2]}$$

Yuxarıda qaz fazada gedən reaksiya misalında nəzərdən keçirilən kimyəvi tarazlıq qanunu maye sistemlərdə gedən reaksialar üçün həmçinin qüvvədə qalır. Buna misal etil-asestatın etil spirti və asetat turşusundan alınma reaksiyası ola bilər:

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3\text{-}COO\text{-}C_2H_5+H_2O$$

$$K_T = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$$

Burada asetat turşusu və etil spirtinin hərəsindən bir molekul iştirak etdiyi halda tarazlıq qatılığında 2/3 mol etil asetat, 2/3 mol su, 1/3 mol asetat turşusu və 1/3 mol spirt olur. Lakin turşu və spirtin molyar nisbəti müvafiq sür'ətdə 1:8 kimi götürülsə, etil-asetatın çıxımı 96,6%-ə çatar.

Heterogen reaksiyalarda tarazlıq

Heterogen reaksiyalara kütlələrin tə'siri qanununu tətbiq etdikdə onun riyazi tənliyinə qaz və ya maye fazadakı maddələrin qatılığı (yaxud parsial təzyiq) daxil olur, lakin bərk fazadakı maddələrin qatılığı daxil edilmir. Bu da onunla izah edilir ki, bərk fazanın miqdarı sabit kəmiyyət olduğundan (nisbi olaraq dəyişməzdir) onun miqdarı sür'ət sabitinin qiymətində nəzərə alınır.

$$v = K \cdot const \cdot C = K_s \cdot C$$

Məsələn $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$

$$K = \frac{[CaO][CO_2]}{[CaCO_3]}$$

$$K_p = \frac{P_{CaO} P_{CO_2}}{P_{CaCO_3}}$$

$CaCO_3$ və CaO bərk halda olduqlarından onların parsial təzyiqləri öz buxar təzyiqlərinə bərabərdir ki, bunlar da sabit temperaturda sabitdir. Buna əsasən buxar təzyiqini konstanta daxil etmək olar. Onda, aşağıdakı tənlik alınar:

$$P_{CO_2} = \frac{P_{CaCO_3}}{P_{CaO}} K_p = const$$

Deməli, $CaCO_3$ qapalı qabda qızdırılarsa, ayrılmış CO_2-nin parsial təzyiqi, $CaCO_3$ tam parçalanmayınca sabit temperaturda sabit qalır.

Yuxarıda deyilənlərə əsasən, aşağıda verilmiş tarazlıqda olan heterogen reaksiyaya kütlələrin tə'siri qanunu tətbiq edildikdə, tarazlıq sabitinin K_T ifadəsi belə yazılır:

$$FeO_{(b)} + CO_{(q)} \rightleftarrows Fe_{(b)} + CO_{2(q)}$$

$$K_p = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

Verilmiş heterogen sistem üçün tarazlıq sabiti (K_T) qazların parsial təzyiqlərinin nisbətinə bərabər olub, bərk fazanın miqdarından asılı deyildir.

Kimyəvi tarazlığa tə'sir edən amillər

Tarazlıq şəraiti dedikdə, ona tə'sir edən mühüm amillər - temperatur, təzyiq və qatılıq nəzərdə tutulur. Bu amillər tarazlıq parametrləri də adlanır.

Müxtəlif amillərin tə'siri ilə reaksiya tarazlığının dəyişməsi, tarazlığın yerdəyişməsi və yönəlməsi adlanır.

Şəraiti dəyişdikdə tarazlıq qatılıqlarının dəyişməsi nəticəsində sistemin bir tarazlıq halından başqa tarazlıq halına keçməsinə kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsi deyilir.

Le-Şatelye prinsipi. Tarazlıqda olan sistemə xaricdən tə'sir göstərildikdə yə'ni temperaturu, qatılığı və ya təzyiqi dəyişdikdə, tarazlığın yerdəyişmə istiqaməti Le-Şatelye prinsipilə müəyyən edilir. Həmin prinsip belə ifadə olunur:

Kimyəvi tarazlıqda olan sistemə xaricdən tə'sir edilərsə, tarazlıq xarici tə'siri azaldacaq istiqamətdə yerini dəyişər.

Kimyəvi tarazlıq həmişə elə istiqamətə yönəlir ki, dəyişən amilin tə'sirini zəiflədən proseslər sür'ətlənsin.

Temperaturun tarazlığa tə'siri

Kimyəvi tarazlıqda olan sistem qızdırıldıqda Le-Şatelye prinsipinə əsasən, tarazlıq istiliyin udulması (endotermik proses), soyudulduqda istiliyin ayrılması (ekzotermik proses) istiqamətində yerini dəyişəcəkdir. Başqa sözlə, sistemə xaricdən istilik verildikdə orada endotermik proseslər güclənərək temperaturu azaltmağa, yaxud əksinə, sistem soyudulduqda ekzotermik reaksiyalar intensivləşərək, onun temperaturunu artırmağa çalışacaqdır.

Bu deyilənləri kükürd qazı ilə oksigen arasında gedən reaksiya misalında görmək olar:

$$2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3;\ \Delta H= -195,5\ kC.$$

Bu sistemdə düzünə reaksiya ekzotermik, əksinə reaksiya isə endotermikdir.

Temperaturun kimyəvi tarazlığa tə'siri haqqında fikir yürütmək üçün reaksiyaların istilik effektini bilmək lazımdır. Reaksiyanın istilik effekti sıfır qiymət aldıqda temperaturun dəyişməsi tarazlığın yerdəyişməsinə tə'sir etmir.

Qatılığın tarazlığa tə'siri. Le-Şatelye prinsipinə görə kimyəvi tarazlıqda olan maddələrdən birinin qatılığının (və ya təzyiqinin) artması, tarazlığı həmin qatılığı azaltmaq istiqamətinə yönəldəcəkdir. Lakin reaksiya məhsullarından hər hansı birinin qatılığının azalması tarazlığı əksinə istiqamətləndirəcəkdir. Məsələn,

$$CO+H_2O \rightleftarrows CO_2+H_2$$

reaksiyasında CO-nun və ya H_2O buxarının qatılığının artması (CO əlavə etməklə) düzünə reaksiyanı sür'ətləndirir.

Deməli, tarazlıq reaksiya məhsullarının alınması istiqamətinə yönələrk CO-nun qatılığını azaldacaqdır. Bu halda reaksiya məhsullarının qatılığının çoxalması, əksinə istiqamətdə reaksiyasının sür'ətini tədricən artırır və nəticədə yeni tarazlıq vəziyyəti yaranır.

Sonuncu halda maddələrin yeni tarazlıq qatılığı əvvəlki tarazlıq qatılığından fərqlənir, lakin həmin qatılıqların tarazlıq sabiti ilə ifadə olunan nisbəti dəyişmir. Mə'lumdur ki, tarazlıq sabiti qatılıqdan asılı deyildir. Deməli, sistemdə tarazlıqda olan hər hansı bir maddənin qatılığını dəyişdikdə qalan maddələrin qatılıqları ondan asılı olaraq yeni tarazlıq halı yaranana qədər elə dəyişəcəkdir ki, tarazlıq sabitinin qiyməti dəyişməz qalsın.

Təzyiqin tarazlığa tə'siri. Qaz halında olan maddələrin reaksiyası, onların həcminin dəyişməsilə müşaiyət olunduqda sistemə göstərilən, təzyiq tarazlıq halına tə'sir edəcəkdir. Təzyiqin tarazlığa tə'siri amonyakın bəsit maddələrdən sintezi reaksiyası misalında daha aydın izah olunur.

$$N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

Tarazlıqda olan bu sistem sıxıldıqda təzyiq artacaqdır. Düzünə reaksiya təzyiqin azalması üzrə getdiyindən, ona görə də sistemi sıxdıqda təzyiqin artması, tarazlığı, təzyiqin azalması istiqamətə, yə'ni NH_3-ın alınması tərəfə yönəldər.

Xarici təzyiqin azalması tarazlığı böyük həcmdə qaz alınacaq istiqamətə, yə'ni NH_3-ın praçalanması tərəfə yönəldəcəkdir.

Beləliklə, tarazlıq sistemin təzyiqi artırıldıqda qazların mol miqdarının azalması, təzyiqi azaltdıqda isə həmin miqdarların artması istiqamətinə yönələcəkdir.

Kimyəvi tarazlığa aid nümunəvi məsələ həlli

1. $CO+Cl_2 \rightleftarrows COCl_2$ dönən reaksiyalarda tarazlıq qatılıqları [CO]=0,1 mol/*l*, $[Cl_2]$=0,4 mol/*l* və $[COCl_2]$=4 mol/*l*-dir. Tarazlıq sabitini, CO_2 və Cl_2-un başlanğıc qatılıqlarını tapın .

Həlli: Əvvəlcə tarazlıq sabitini tapaq.

$$K_T = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} = \frac{4}{0{,}1 \cdot 0{,}4} = 100$$

CO və Cl_2-nin başlanğıc qatılıqlarını tə'yin etmək üçün, nəzərə almaq lazımdır ki, reaksiya tənliyinə əsasən 1 mol $COCl_2$-nin əmələ gəlməsinə 1 mol CO və 1 mol Cl_2 sərf olunur. Buradan çıxır ki, başlanğıc qatılıqlar (başqa sözlə CO və Cl_2 mollarının sayı 1 *l*-də)

[CO]=0,1+4=4,1 mol/*l*

$[Cl_2]$=0,4+4=4,4 mol/*l*-dir.

2. Əgər $CO+H_2O_{(q)} \rightleftarrows CO_2+H_2$ dönən reaksiyasına əsasən başlanğıc qatılıqlar 2 mol CO və 3 mol H_2O-dursa, tarazlıq qatılığını hesablayın (1 *l* qaz qarışığına görə hesablanır)? Tarazlıq sabiti K_T=1 (t=850^{0}C).

Həlli:

	[CO]	$[H_2O]$	$[CO_2]$	$[H_2]$
Başlanğıc hal	2	3	-	-
Reaksiyaya girən molların sayı	X	X	-	-
Əmələ gələn reaksiya məhsulları	-	-	X	X
Tarazlıq qatılığı	2-X	3-X	X	X

$$K_T = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]};\ \frac{X^2}{(2-X)(3-X)} = 1$$

buradan X=1,2.

Beləliklə tarazlıq qatılığı (1 *l* qaz qarışığında mollara görə)

[CO]=2-1,2=0,8; $[H_2O]$=3-1,2=1,8

$[Cl_2]$=1,2 və $[H_2]$=1,2 mol/*l*.

Q e y d: Əgər tarazlıqda olan sistemdə (heterogen sistemdə) maye B və bərk C maddələri vardırsa onda onların tarazlıq qatılıqları sıxlıqlarının (ρ_B və ya ρ_C) molyar kütlələrinə (M_B və ya M_C) nisbətinə bərabərdir.

$$B_{(M)} = \frac{n_B}{V_B} = \frac{m_B / M_B}{m_B / \rho_B} = \frac{\rho_B}{M_B} = const$$

$$C_{(b)} = \frac{n_C}{V_C} = \frac{m_C / M_C}{m_C / \rho_C} = \frac{\rho_C}{M_C} = const$$

$$\nu_A A_{(q)} + \nu_B B_{(M)} \rightleftarrows \nu_C C_{(b)} + \nu_D D_{(q)}$$

tarazlıq sabitinin qiyməti

$$K = \frac{[D]^d}{[A]^a} = const = f(T)$$

Məhsulun tarazlıq çıxımı - onun dönən reaksiyada tarazlıq halındakı miqdarının (n_T), həmin məhsulun dönməyən reaksiyadakı stexiometrik miqdarına olan nisbətinə bərabərdir.

$\nu_A A_{(q)} + \nu_B B_{(q)} \rightleftarrows \nu_C C_{(q)} + \nu_D D_{(q)}$ reaksiyası üçün

$$\eta_C = \frac{n_{tar.C}}{n_{stex.C}} = \frac{[C]}{C_{stex.C}} \text{ və } \eta_D = \frac{n_{tar.D}}{n_{stex.D}} = \frac{[D]}{C_{stex.D}}$$

Əgər mürəkkəb kimyəvi reaksiya bir neçə mərhələdə gedirsə onda bu prosesin tarazlıq sabiti K_T, mərhələlərin tarazlıq sabiti ilə ifadə edilir. Reaksiyada iştirak edən maddələr və məhlullar qaz halındadır. Məsələn,

I. $A + X \rightleftarrows C$; $K_1 = \frac{[C]}{[A][X]}$

II. $B \rightleftarrows 2X + D$; $K_2 = \frac{[X^2][D]}{[B]}$

$2A + B \rightleftarrows 2C + D$; K_T

$$K_T = \frac{[C]^2[D]}{[A]^2[B]} = (\frac{[C]}{[A][X]})^2 (\frac{[X]^2[D]}{[B]}) = K_1^2 K_2.$$

Heterogen sistemlərdə başlanğıc halda reaksiya məhsullarının qatılığı sıfırdır. Ona görə də reaksiyaya girən və alınan maddələrin qatılıqlarının dəyişməsi aşağıdakı kimi göstərilir:

başlanğıc maddələr üçün, $\Delta C_A = C_{OA} - [A]$; $\Delta C_B = C_{OB} - [B]$;

məhsullar üçün, $\Delta C_C = C_{OC} - [C] = 0 + [C] = [C]$

$\Delta C_D = C_{OD} - [D] = 0 + [D] = [D]$.

$\nu_A A_{(q)} + \nu_B B_{(q)} \rightleftarrows \nu_C C_{(q)} + \nu_D D_{(q)}$ stexiometrik reaksiya tənliyinə əsasən

$$\frac{\Delta C_A}{\nu_A} = \frac{\Delta C_B}{\nu_B} = \frac{\Delta C_C}{\nu_C} = \frac{\Delta C_D}{\nu_D} = const = f(T)$$

Bu ifadə başlanğıc qatılıqlara görə K_T mə'lum olduqda tarazlıq qatılığını hesablamağa imkan verir.

3. Bir qədər temperaturda

$$2NO_{2(q)} \rightleftarrows 2NO_{(q)} + O_{2(q)};\ K_T = 12,8$$

sistemində O_2-nin tarazlıq qatılığı 0,2 mol/*l*-dir.

Reaksiyaya girən maddənin başlanğıc qatılığını tapın.

Həlli:

$$2NO_{2(q)} \rightleftarrows 2NO_{(q)} + O_{2(q)};\ K_T = 12,8$$

[ ], mol/*l*	?	?	0,2
ν	2	2	1
Co, mol/*l*	?	0	0

$$CoNO_2 = \Delta CNO_2 + [NO_2] = \frac{\Delta Co_2 \nu_{NO_2}}{\nu_{O_2}} + \sqrt{\frac{[NO]^2[O_2]}{K_T}} = \frac{[O_2]\nu_{NO_2}}{\nu_{O_2}} +$$

$$+ \sqrt{\left(\frac{[O_2]\nu_{NO}}{\nu_{O_2}}\right)^2 \frac{[O_2]}{K_T}} = = \frac{[O_2]\nu_{NO_2}}{\nu_{O_2}} + \frac{\nu_{NO}}{\nu_{O_2}} \sqrt{\frac{[O_2]^3}{K_T}} = \frac{0,2 \cdot 2}{1} +$$

$$+ \frac{2}{1} \sqrt{\frac{0,2^3}{12,8}} = 0,45 \text{ mol/}l.$$

NO_2-nin başlanğıc qatılığı 0,45 mol/*l*-dir.

$[NO_2]$ ifadəsinin qiyməti kütlələrin tə'siri qanununa görə

$$K_T = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2};\ [NO_2] = \sqrt{\frac{[NO]^2[O_2]}{K_T}};$$

tapılır və hesablamada nəzərə alınır.

4. Sabit temperaturda (T=const)

$$FeO_{(b)} + CO_{(q)} \rightleftarrows Fe_{(b)} + CO_{2(q)};\ K_T = 0,6$$

sistemində CO-nun qatılığının 0,16 mol/*l* olduğuna görə qaz halındakı maddələrin tarazlıq qatılığını tapın?

Həlli:

$$FeO_{(b)} + CO_{(q)} \rightleftarrows Fe_{(b)} + CO_{2(q)};\ K_T = 0,6$$

Co, mol/*l*	-	0,16	-	0
ν	-	1	-	1
[ ], mol/*l*	-	?	-	?

$$[CO_2]=\Delta C_{CO_2}=\frac{\Delta C_{CO}\nu_{CO_2}}{\nu_{CO}}=\frac{(C_{O_{CO}}-[CO]\nu_{CO_2}}{\nu_{CO}};$$

$$K_T=\frac{[CO_2]}{[CO]}=\frac{(C_{O_{CO}}-[CO]\nu_{CO_2}}{\nu_{CO}[CO]};\ \text{Buradan,}$$

$$[CO]=\frac{C_{O_{CO}}}{\nu_{CO_2}+K_T\nu_{CO}}=\frac{0,16}{1+0,61}=0,1mol/l$$

$$[CO_2]=\frac{(C_{O_{CO}}-[CO])\nu_{CO_2}}{\nu_{CO}}=\frac{(0,16-0,1)^1}{1}=0,06mol/l;$$

[CO]-nun qatılığını $[CO_2]$-nin qatılığına görə də hesablamaq olar.

$$[CO]=C_{O_{CO}}-\Delta C_{CO}=C_{O_{CO}}-\frac{\Delta C_{CO_2}\nu_{CO}}{\nu_{CO_2}}=C_{O_{CO}}-\frac{[CO_2]\nu_{CO}}{\nu_{CO_2}};$$

$$K_T=\frac{[CO_2]}{[CO]}=\frac{[CO_2]}{(C_{OCO}-\frac{[CO_2]\nu_{CO}}{\nu_{CO_2}})};\ \text{Buradan,}$$

$$[CO]=C_{O_{CO}}-\frac{[CO_2]\nu_{CO}}{\nu_{CO_2}}=0,16-\frac{0,06\cdot 1}{1}=0,1mol/l.$$

5. Əgər PCl_5-in başlanğıc qatılığı 6 mol, reaktorun həcmi 5 *l*-dirsə, T=const olduqda

$$PCl_{5(q)} \rightleftarrows PCl_{3(q)}+Cl_{2(q)};\ K_T=0,04$$

sistemində reaksiya məhsullarının və reaksiyaya girən maddənin tarazlaq qatılığını hesablayın.

Həlli:

	$PCl_{5(q)} \rightleftarrows$	$PCl_{3(q)}$ +	$Cl_{2(q)}$; $K_T=0,04$
no, mol	6	0	0
V=5 *l*.			
$C_O=\frac{n_O}{V}, mol/l\ \frac{6}{5}=1,2$		0	0
ν	1	1	1
[ ], mol/*l*	?	?	?

$$[PCl_5]=C_{O_{PCl_5}}-\Delta C_{PCl_5}=C_{O_{PCl_5}}-\frac{\Delta C_{Cl_2}\nu P_{Cl_5}}{\nu_{Cl_2}}=C_{O_{PCl_5}}-\frac{[Cl_2]\nu_{PCl_3}}{\nu_{Cl_2}};$$

$$[PCl_3] = \frac{[Cl_2]v_{PCl_3}}{v_{Cl_2}}$$

$$K_T = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{[Cl_2]v_{PCl_3}[Cl_2]}{C_{O_{PCl_5}}v_{Cl_2} - [Cl_2]v_{PCl_5}};$$ Buradan,

$$v_{PCl_3}[Cl_2]^2 + K_T v_{PCl_5}[Cl_2] - K_T v_{Cl_2} C_{O_{PCl_5}} = 0$$

$$[Cl_2]^2 + 0{,}04[Cl_2] - 0{,}048 = 0$$

Kvadrat tənliyi həll edərək,

$$[Cl_2]_1 = +0{,}2 mol/l$$ (real kök)

$$[Cl_2]_2 = -0{,}24 mol/l$$ (qeyri real kok).

$$[PCl_5] = \frac{C_{O_{PCl_5}}v_{Cl_2} - [Cl_2]v_{PCl_5}}{v_{Cl_2}} = \frac{0{,}2 \cdot 1 - 0{,}2 - 1}{1} = 1 mol/l.$$

$$[PCl_3] = \frac{[Cl_2]v_{PCl_3}}{v_{Cl_2}} = \frac{0{,}2 \cdot 1}{1} = 0{,}2 mol/l.$$

C a v a b: tarazlıq qatılığı

$[Cl_2]=0{,}2$; $[PCl_5]=1$; $[PCl_3]=0{,}2$ mol/*l*.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Bağlı qabda və müəyyən temperaturda $CO+H_2O_{(q)} \rightleftarrows H_2+CO_2$ dönər reaksiyası gedir. Verilmiş tarazlıq halında müəyyən edilmişdir ki, $[CO]=0{,}04$; $[H_2O]_{(q)}=0{,}16$; $[H_2]=0{,}08$ və $[CO_2]=0{,}08$ mol/*l*-dir. CO və H_2O-nun başlanğıc qatılığını (nəzərə almaq lazımdır ki, reaksiyasının başlanğıcında H_2 və CO_2-nin qatılığı sıfırdır) və tarazlıq sabitini hesablayın.

C a v a b: $K=1$; $C^0_{CO}=0{,}12$ mol/*l*; $C^0_{H_2O}=0{,}24$ mol/*l*.

2. $2NO+O_2 \rightleftarrows 2NO_2$ dönər reaksiyasında tarazlıq qatılıqları $[NO]=0{,}2$; $[O_2]=0{,}1$ və $[NO_2]=0{,}1$ mol/*l*-dir. Tarazlıq sabitini və azot 2-oksidin başlanğıc qatılığını hesablayın.

C a v a b: $K=2{,}5$; $C^0_{NO}=0{,}3$ mol/*l*.

3. $4HCl_{(q)}+O_2 \rightleftarrows 2H_2O_{(q)}+2Cl_2$ dönər reaksiyasında tarazlıq qatılığı

$[H_2O]_{(q)}=[Cl_2]=0{,}14$; $[HCl]_{(q)}=0{,}2$ və $[O_2]=0{,}32$ mol/*l*-dir.

Tarazlıq sabitini və reaksiya qarışığında oksigenin başlanğıc qatılığını hesablayın.

C a v a b: K=0,75; $C^0_{O_2}$=0,39 mol/*l*.

4. $2N_2+O_2 \rightleftarrows 2N_2O$ sistemində tarazlıq sabiti 1,21-dir. Tarazlıq qatılıqları isə

$[N_2]$=0,72 və $[N_2O]$=0,84 mol/*l*-dir. Oksigenin başlanğıc və tarazlıq qatılığını tapın.

C a v a b: $C^0_{O_2}$=1,55 mol/*l*; $[O_2]$=1,13 mol/*l*.

5. $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ reaksiyasının 400^0C-də tarazlıq sabiti 0,1-dir. Tarazlıq qatılıqları isə $[H_2]$=0,2 mol/*l* və $[NH_3]$=0,08 mol/*l*-dir. Azotun başlanğıc və tarazlıq qatılığını hesablayın.

C a v a b: 8,04 və 8 mol/*l*.

6. Müəyyən temperaturda $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$ termiki dissosiasiyasının tarazlıq sabiti 0,16-dır. NO_2-nin tarazlıq qatılığı 0,08 mol/l-dir. N_2O_4-ün tarazlıq və başlanğıc qatılığını hesablayın. Bu maddənin neçə faizi dissosiasiya etmişdir?

C a v a b: 50%.

7. T=const olanda aşağıdakı homogen reaksiyaların tarazlıq sabitləri müəyyən edilmişdir .

I. $H_2+Cl_2 \rightleftarrows 2HCl$; $K_{T(I)}$=24,3

II. $2H_2O \rightleftarrows 2H_2+O_2$; $K_{T(I)}$=0,84

$2H_2O+2Cl_2 \rightleftarrows 4HCl+O_2$ reaksiyasının tarazlıq sabitini hesablayın.

C a v a b: 703 .

8. Əgər tarazlıq halında SO_2-nin tarazlıq miqdarı 0,35 mol, O_2-nin başlanğıc həcmi 28,5 *l*-dirsə (n.ş-də), onda aşağıdakı reaksiyalarda SO_2-nin tarazlıq çıxımını hesablayın.

a) $2Sb_2S_{3(b)}+9O_{2(b)} \rightleftarrows 2Sb_2O_{3(b)}+6SO_{2(q)}$

b) $4FeS_{2(b)}+11O_{2(q)} \rightleftarrows 2Fe_2O_{3(b)}+8SO_{2(q)}$

v) $2MoS_{2(b)}+7O_{2(q)} \rightleftarrows 2MoO_{3(b)}+4SO_{2(q)}$

d) $2Bi_2S_{3(b)}+9O_{2(q)} \rightleftarrows 2Bi_2O_{3(b)}+6SO_{2(q)}$

e) $4ReS_{2(b)}+15O_{2(q)} \rightleftarrows 2Re_2O_{7(b)}+8SO_{2(q)}$

q) $4FeS_{(b)}+7O_{2(q)} \rightleftarrows 2Fe_2O_{3(b)}+4SO_{2(q)}$

C a v a b: a)=41%; b)38%; v)=48%; q)=48%; d)=41%; e)=52%.

9. Aşağıdakı mə'lumatlara görə T=const olduqda

$$4NO_{(q)}+6H_2O_{(q)} \rightleftarrows 4NH_{3(q)}+5O_{2(q)}$$

dönər reaksiyası üçün amonyakın tarazlıq qatılığını və reagentlərin başlanğıc qatılığını (mol/l) ilə hesablayın.

Variant	[NO]	[H_2O]	[O_2]
a	2,44	1,58	0,65
b	3,86	2,47	1,35
v	4,25	2,18	3,55
q	0,98	0,34	0,85
d	1,52	0,84	2,95
e	2,07	1,46	1,15

C a v a b: [NH_3]: 0,52; 1,08; 2,84; 0,68; 2,36; 0,92 mol/l; Co[NO]: 2,96; 4,94; 7,09; 1,66; 3,88; 2,99 mol/l; Co[H_2O]: 2,36; 4,09; 6,44; 1,36; 4,38; 2,84 mol/l.

10. $H_2+J_2 \rightleftarrows 2HJ$ reaksiyasında tarazlıq halı başlandıqda orada iştirak edən maddələrin qatılıqları belə idi :

[H_2]=0,25 mol/l; [J_2]=0,05 mol/l; [HJ]=0,9 mol/l. Jod və hidrogenin ilk qatılıqlarını tə'yin edin.

C a v a b: C^0J_2=0,5 mol/l; C^0H_2=0,7 mol/l.

11. Aşağıdakı sistemdə

$$N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

tarazlıq halı başlandıqda reaksiyada iştirak edən maddələrin qatılıqları belə idi:

[N_2]=3 mol/l; [H_2]=9 mol/l; [NH_3]=4 mol/l. Reaksiyasının əvvəlində azot və hidrogenin ilk qatılıqları nə qədər imiş?

C a v a b: C^0N_2=5 mol/l; C^0H_2=15 mol/l.

12. NO_2-ni qapalı qabda müəyyən temperatura qədər qızdırdıqda

$$2NO_2 \rightleftarrows 2NO+O_2$$

reaksiyasının tarazlıq halı aşağıdakı qatıqlarda başladı:

[NO_2]=0,06 mol/l; [NO]=0,24 mol/l; [O_2]=0,12 mol/l. Bu temperatur üçün tarazlıq sabitini və NO_2-nin ilk qatılığını tapın.

C a v a b: K=1,92; C^0NO_2=0,3 mol/l.

13. $CO+Cl_2 \rightleftarrows COCl_2$ dönər reaksiyasında ilk maddələr ekvivalent miqdarda götürülmüşdür. Reaksiya qapalı qabda sabit temperaturda gedir. Tarazlıq halı başlandığı anda CO-nun ilk miqdarının 50%-i qalır. Reaksiyanın əvvəlində qarışığın təzyiqi 1 atm idisə, tarazlıq halında təzyiq nə qədər olacaqdır?

C a v a b: 0,75 atm.

14. $N_2+3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ reaksiyası qapalı qabda sabit temperaturda gedir. N_2-un və H_2-nin başlanğıc qatılıqları 2 və 6 mol/*l*-dir. N_2-un 10%-i sərf olunduqda tarazlıq halı başladı. Tarazlıq halı başlandığı anda təzyiq əvvəlkinə nisbətən necə dəyişəcəkdir?

C a v a b: əvvəlki təzyiqin 1/20-i qədər azalacaqdır.

15. $A+B \rightleftarrows C+D$ dönən reaksiyasının tarazlıq sabiti vahidə bərabərdir. A maddəsinin ilk qatılığı 2 mol/*l*-dir. B maddəsinin ilk qatılıqları 2; 10 və 20 mol/*l* olduqda A maddəsinin neçə faizinin yeni maddəyə çevrildiyini tapın.

C a v a b: 50%; 83,3%; 90,9%.

16. $2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ reaksiyasında, reaksiyaya girən maddələrin qatılıqları $[SO_2]=0,1$ mol/*l*; $[O_2]=0,05$ mol/*l*; $[SO_3]=0,9$ mol/l olduqda tarazlıq başlanmışdır. Qazların tutduğu həcmi 2 dəfə azaltdıqda düzünə və tərsinə gedən reaksiyaların sür'ətinin necə dəyişəcəyini hesablayın. Bu zaman tarazlıq yerini dəyişəcəkmi? Cavabı hesablamaya görə əsaslandırın.

C a v a b: v_1 8 dəfə artacaqdır.

v_2 4 dəfə artacaqdır.

17. $N_2+3H_2 \rightleftarrows$ dönər reaksiyasında tarazlıq halında düzünə və tərsinə gedən reaksiyaların sür'ətlərinin bərabər olmasına əsasən, təzyiq artırıldıqda tarazlığın ammonyak əmələ gələn tərəfə yerini dəyişəcəyini isbat edin.

C a v a b: v_1 16 dəfə artacaqdır.

v_2 4 dəfə artacaqdır

18. $3Fe+4H_2O \rightleftarrows Fe_3O_4+4H_2$ dönər reaksiyasında a) H_2-nin qatılığını artıranda, b) su buxarının qatılığını artıranda reaksiyasının tarazlığı hansı tərəfə yerini dəyişər?

C a v a b: a) sola; b) sağa.

19. $2A+3B \rightarrow$ reaksiyasına görə müəyyən vaxtdan sonra A maddəsinin qatılığı 0,3 mol/l azalmışdır. Bu zaman B maddəsinin qatılığı necə dəyişər?

C a v a b: 0,45 mol/*l* azalmışdır.

20. 494^0C-də $2NO+O_2 \rightleftarrows 2NO_2$ dönər reaksiyasının tarazlıq sabiti 2,2-dir. NO və O_2-nin tarazlıq qatılığı müvafiq olaraq 0,020 və 0,030 mol/*l*-dir. Başlanğıc qatılıqları hesablayın.

C a v a b: 0,025 və 0,0326 mol/*l*.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları
Oksidləşmə dərəcəsi

Oksidləşmə dərəcəsi (oksidləşmə ədədi və ya elektrokimyəvi valentlik də adlanır) atomun molekulda şərti yükünü göstərir. Onun hesablanması zamanı bütün birləşmələrin yalnız ionlardan təşkil olunması nəzərdə tutulur. Atomun oksidləşmə dərəcəsi (+) və ya (-) işarəli rəqəmlərlə göstərilir. (+) işarəyə malik rəqəm, götürülmüş müəyyən element atomundan verilən və ya uzaqlaşan elektronların sayını, (-) işarəli rəqəm isə atoma qəbul edilən və ya ona yaxınlaşan elektronların sayını göstərir. Bundan başqa element sıfır oksidləşmə dərəcəsinə malik olur. Bir sıra hallarda elementin oksidləşmə dərəcəsi onun əmələ gətirdiyi rabitə sayına uyğun gəlmir. Beləliklə o, bütün hallarda rabitələrin sayı ilə müəyyənləşən valentlik anlayışından fərqlənir. Məsələn, Cl_2 molekulunda atomların oksidləşmə dərəcəsi sıfıra bərabərdir. Valentlik nəzəriyyəsinə əsasən isə orada hər xlor atomu birvalentlidir. Yaxud CH_4, CH_3OH, CH_2O, HCOOH və CO_2-də karbonun oksidləşmə dərəcəsi müvafiq sür'ətdə -4, -2, 0, +2, +4-ə bərabərdir. Halbuki bu birləşmələrin hamısında karbon dördvalentlidir.

Mə'lumdur ki, kovalent rabitəni əmələ gətirən elektron cütü elektromənfiliyi çox olan atoma tərəf yerdəyişdikdə rabitələnmiş atomların biri müsbət, digəri isə mənfi yüklənir. Həmin elektrik yükləri bir qayda olaraq kəsr qiymətlər alır. Bə'zi hallarda rabitənin polyarlığı elə artır ki, hətta onun təbiəti dəyişir (kovalent rabitə ion rabitəyə keçir). Rabitənin elektron cütü elektromənfiliyi çox olan atoma tərəf keçdikdə, onun ala biləcəyi şərti tam elektrik yükü həmin atomun oksidləşmə dərəcəsi adlanır.

İon birləşmələrində elementin oksidləşmə dərəcəsi onun elektrovalentliyilə eyni olacaqdır (Na^+F^-, $K_2^+O^{-2}$, $Ba^{+2}Cl_2^-$, $Ca^{+2}F_2^-$ və s.). Bə'zi müstəsna hallardan başqa (F, O, Cu, Co, Ni, və s.) elementin maksimal oksidləşmə dərəcəsi onun dövri sistemdə yerləşdiyi qrupun nömrəsinə bərabərdir.

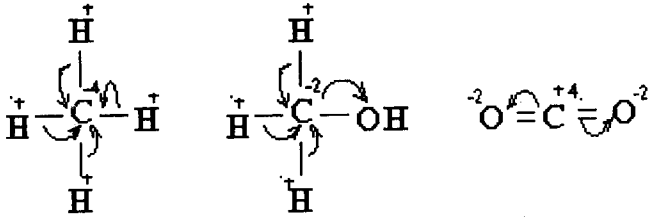
Oksidləşmə dərəcəsi ilə valentlik arasında müəyyən oxşarlıq olsada onları bir-biriilə eyniləşdirmək olmaz.

Valentlikdən fərqli olaraq oksidləşmə dərəcəsi atomun elektrik yükünü göstərdiyindən o müəyyən işarəyə (+, - və ya sıfır) malikdir. Bundan başqa onların mütləq qiymətləri də həmişə eyni olmur.

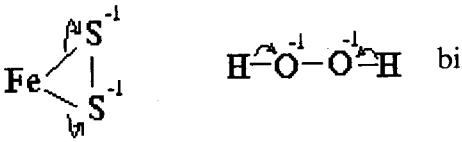
Elementin valenti və oksidləşmə dərəcəsi əksər hallarda mütləq qiymətcə bir-birinə bərabər ($N^{-3}H_3$, $C^{+4}O_2$, H_2O^{-2}, HCl^{-1}) bə'zən isə müxtəlif (FeS_2^{-1}, CaC_2^{-1}, Cl_2^0, H_2^0 və s.) olur.

Oksidləşmə dərəcəsi, birləşmənin qrafiki formuluna və ya molekulun elektroneytrallığına əsasən tə'yin edilir.

Birləşmənin qrafik formuluna əsasən hər hansı mərkəzi atomun oksidləşmə dərəcəsi, ona birləşən atomların oksidləşmə ədədinin cəbri-cəminin əks işarə ilə götürülmüş ədədi qiymətinə bərabər olacaqdır. Məsələn,

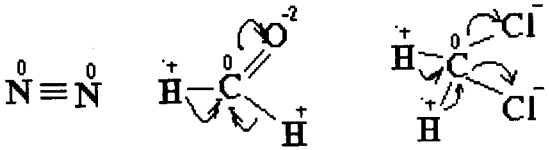


Karbonun yuxarıdakı birləşmələrində onun valenti 4, oksidləşmə dərəcəsi uyğün olaraq, -4, -2, +4-dür.



birləşmələrində kükürdün və oksigenin valenti 2-dir, oksidləşmə dərəcələri isə -1-dir.

Molekulda rabitə qeyri-polyar olduqca, eləcə də mərkəzi elementə birləşmiş digər atomların müsbət və mənfi yüklərinin sayı bərabərlişdikdə həmin elementin oksidləşmə dərəcəsi sıfır olur:



Əksər hallarda oksidləşmə dərəcəsinin qiyməti hesablama yolu ilə tapılır. Bunun üçün molekul bütünlüklə elektroneytral götürülməli və onu təşkil edən atomlardan birinin oksidləşmə dərəcəsi naməlum, qalanları isə mə'lum olmalıdır. Aşağıdakılar nəzərə alınmaqla oksidləşmə dərəcəsi tapılır:

1. Əksər hallarda oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -2-dir (OF_2-də +2, peroksidlərdə -1).

2. Metal hidridlərindən və SiH_4^{-1}-dən başqa (MeH^{-1}, MeH_2^{-1}), qalan bütün birləşmələrində hidrogen +1 oksidləşmə dərəcəsi göstərir.

3. Bütün birləşmələrində metallar müsbət oksidləşmə dərəcəsi göstərir.

4. Bəsit maddələrdə elementlərin oksidləşmə dərəcəsi sıfırdır. Verilənlərə əsasən, oksidləşmə dərəcəsinin hesablanmasına aid misallar göstərək:

$K^{+1}M^{x}O_4^{-2}$ $\quad 1(+1)+x+4(-2)=0;\quad x=+7.$

$K^{+1}{}_2Cr^{x}{}_2O^{-2}{}_7$ $\quad 2(+1)+2x+7(-2)=0;\quad x=+6.$

İonlarda elementlərin oksidləşmə dərəcələrinin cəmi ionun yükünə bərabərdir.

İonlarda elementin oksidləşmə dərəcəsinin tapılmasına aid misallar göstərək.

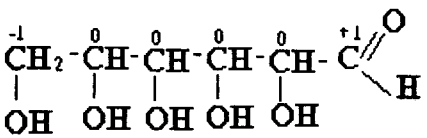
$(N^{x}O^{-2}{}_3)^{-1}$ $\quad x+3(-2)=-1;\quad x=+5.$

$(Mn^{x}O^{-2}{}_4)^{-1}$ $\quad x+4(-2)=-1;\quad x=+7.$

Eyni birləşmədə bir element müxtəlif oksidləşmə dərəcəsi göstərə bilər. Məsələn,

$N^{-3}H_4N^{+5}O_3$ $\qquad C^{-3}H_3\text{-}C^{-2}H_2\text{-}C^{-3}H_3$ (C_3H_8).

$(C_6H_{12}O_6)$



Belə halda elementin müxtəlif oksidləşmə dərəcələrinin eyni bir orta ədədi qiyməti alınır. Məsələn, yuxarıda verilmiş $C_6H_{12}O_6$ birləşməsində karbon (-1, 0, 0, 0, 0, +1) oksidləşmə dərəgəsi göstərir. Lakin $C_6H_{12}O_6$ formuluna görə hesabladıqda

$(6x+12+6(-2)=0;\ x=0)$ karbon atomlarının hamısı üçün eyni olan oksidləşmə dərəcəsinin orta ədədi qiyməti alınır. Oksidləşmə

dərəcəsi valentlikdən fərqli olaraq həm tam və həmdə kəsr ədədlər qiyməti ala bilir.

Oksidləşmə reduksiya reaksiyaları. Oksidləşmə dərəcəsinə görə reaksiyalar iki qrupa bölünür.

1. Oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən reaksiyalar;
2. Oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən reaksiyalar.

Oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən reaksiyalar əsasən qaz fazada və maye məhlulda ionların iştirakı ilə gedir.

İon reaksiyaları isə, adətən dönən xarakterli olduğundan, onların hər birinə müəyyən tarazlıq halı müvafiq gəlir.

Elementlərin oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən reaksiyalarda kimyəvi tarazlığın yerdəyişməsi zəif ionlaşan molekulun və ya kompleks ionlarının, çətin həll olan və ya uçucu birləşmələrin əmələ gəlməsi sayəsində bu və ya digər ionun qatılığının azalması istiqamətində gedir. Bunlara aid aşağıda xarakterik misal göstərilmişdir.

$$Ca^{+2}(O^{-2}H^{+1})_2 = Ca^{+2}O^{-2} + H^{+1}{}_2O^{-2}$$

$$Ba^{+2}Cl^{-1}{}_2 + Na^{+1}{}_2S^{+6}O^{-2}{}_4 = Ba^{+2}S^{+6}O^{-2}{}_4\downarrow + 2Na^{+1}Cl^{-1}$$

$$Cu(OH)_2\downarrow + NH_3 \rightleftarrows [Cu(NH_3)_4](OH)_2$$

$$Zn(OH)_2\downarrow + 2NaOH = Na_2[Zn(OH)_4]$$

Kompleks əmələ gəlmə reaksiyalarının tətbiqinə əsaslanaraq, hazırda həcmi analizin vacib bir sahəsini təşkil edən kompleksonometriya metodu yaradılmışdır.

Neytrallaşma reaksiyalarında tarazlıq yerini həlledicinin zəif dissosiasiya edən molekullarının əmələ gəlməsi istiqamətində dəyişir:

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Bu reaksiya əsasında analitik kimyada həcmi analiz üsullarından biri olan neytrallaşma metodu işlənib hazırlanmışdır.

İkinci qrup reaksiyalarda isə müəyyən atomların oksidləşmə dərəcəsi dəyişir. Məsələn:

$$2K^{+1}Br^{-1} + Cl^0{}_2 \rightarrow 2K^{+1}Cl^{-1} + Br^0{}_2$$

$$2Na^{+1}N^{+5}O^{-2}{}_3 = 2Na^{+1}N^{+3}O^{-2}{}_2 + O_2$$

1-ci reaksiyada xlor və bromun, 2-ci reaksiyada isə azot və oksigenin oksidləşmə dərəcələri dəyişir.

Reaksiyaya daxil olan maddələrin atom və yaxud ionlarının oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən reaksiyalara oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları deyilir.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını izah etmək üçün bir neçə nəzəriyyə mə'lumdur.

1. Oksigen nəzəriyyəsi baxımından oksigenin maddələrlə birləşməsi oksidləşmə, onun maddədən ayrılması isə reduksiya hesab edilir və həmin proseslər vəhdətdə deyil, ayrılıqda götürülür.

$$2Ca+O_2 \rightarrow 2CaO$$

$$2Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2PbO+4NO_2+O_2$$

2. Hidrogen nəzəriyyəsinə əsasən hidrogenin maddəyə birləşməsinə reduksiya, maddədən ayrılmasına isə oksidləşmə prosesi kimi baxılır.

$$CuO+H_2 \rightarrow Cu+H_2O$$

$$2Na+2H_2O \rightarrow 2NaOH+H_2$$

Bu nəzəriyyə oksigensiz baş verən bir sıra prosesləri, habelə metalların kükürd, hidrogen və hallogenlərlə birləşməsini, elektroliz proseslərini, metalların oksigensiz birləşmələrdən reduksiya yolu ilə alınmasını izah edə bilmədiyindən məhdud xarakter daşıyır.

3. Elektron nəzəriyyəsi oksidləşmə-reduksiya proseslərini müfəssəl izah edə bilən müasir nəzəriyyədir. Elektron nəzəriyyəsinə görə oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi reaksiyaya daxil olan maddələrin atomlarının birindən digərinə elektron keçməsi ilə baş verir və nəticədə oksidləşmə reduksiya reaksiyası gedir. Qeyd etmək lazımdır ki, elektron verən və ya qəbul edən, yalnız atomlar deyi, həm də neytral molekullar və ionlar da ola bilər.

Elektron nəzəriyyəsi, oksigen nəzəriyyəsindən fərqli olaraq, oksidləşmə və reduksiya prosesinə ayrılıqda deyil, vəhdətdə baxır.

Bu nəzəriyyəyə əsasən, *elektron alınıb-verilməsi ilə gedən reaksiyalara oksidləşmə-reduksiya reaksiyası* deyilir.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının elektron-nəzəriyyəsinin əsas müddəaları aşağıdakılardır:

1. Atom, ion və ya molekulların elektron verməsinə *oksidləşmə prosesi* deyilir. Bu proses nəticəsində oksidləşmə dərəcəsi artır:

$$Fe^0 - 2e^- = Fe^{+2} \qquad 2Br^{-1} - 2e^- = Br_2^0$$

$$2H^0 - 2e^- = 2H^{+1} \qquad Cr^{+3} - 3e^- = Cr^{+6}$$

2. Atom, ion və ya molekulların elektron almasına *reduksiya prosesi* deyilir. Həmin proses zamanı oksidləşmə dərəcəsi azalır:

$Cr^{+6} + 3e^- = Cr^{+3}$ $S^{+6} + 2e^- = S^{+4}$

$N_2^0 + 6e^- = 2N^{-3}$ $P^0 + 3e^- = P^{-3}$

$Mn^{+7} + 5e^- = Mn^{+2}$

3. Elektron verən atom, ion və ya molekul *reduksiyaedici* adlanır. Onlar elektron verdikdə özləri oksidləşir. Elektron birləşdirən atom, ion və ya molekul *oksidləşdirici* adlanır və bu halda özləri reduksiya olunur.

Oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedici atom, ion və ya molekullar müəyyən birləşmənin tərkibində olduqlarından, həmin birləşmələr də uyğun olaraq oksidləşdirici və ya reduksiyaedici maddə adlanır.

4. Oksidləşmə prosesini həmişə reduksiya prosesi və əksinə, reduksiya prosesini həmişə oksidləşmə prosesi müşaiyət edir, yə'ni bu proseslər eyni zamanda baş verir:

oksidləşdirici $+e^- \rightleftarrows$ reduksiyaedici

reduksiyaedici $-e^- \rightleftarrows$ oksidləşdirici

5. Oksidləşmə-reduksiya proseslərində reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayı, oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların sayına bərabər olur:

$$\underset{\text{reduksiya-edici}}{Cu^0} + 2H_2\underset{\text{oksidləş-dirici}}{S^{+6}O_4} \rightarrow Cu^{+2}SO_4 + S^{+4}O_2 + 2H_2O$$

Elektron alınıb-verilməsi elektron tənlikləri ilə ifadə edilir:

$Cu^0 - 2e^- = Cu^{+2}$ (oksidləşmə prosesi)

$S^{+6} + 2e^- = S^{+4}$ (reduksiya prosesi)

Əsas oksidləşdiricilər və reduksiyaedicilər. Oksidləşdiricilər və reduksiyaedicilər kimyəvi elementlər, sadə və mürəkkəb ionlar və molekullar ola bilər.

Tərkibində maksimum oksidləşmə dərəcəsinə malik atomu olan birləşmələr ancaq oksidləşdirici, minimum oksidləşmə dərəcəsinə malik atomu olan birləşmələr isə ancaq reduksiyaedici ola bilər.

Tərkibində oksidləşmə dərəcəsi aralıq vəziyyət tutan elementi olan birləşmələr, reaksiyaya daxil olan digər maddənin təbiətindən asılı olaraq həm oksidləşdirici, həm də reduksiyaedici xassə göstərə bilər.

1. Ancaq oksidləşdirici xassə göstərənlər:

F^0_2; O^0_2; $K_2Cr^{+6}_2O_7$; $KMn^{+7}O_4$; $HN^{+5}O_3$;
$H_2S^{+6}O_4$; $Na_2Fe^{+6}O_4$; $HCl^{+7}O_4$; $Pb^{+4}O_2$ və s.

2. Ancaq reduksiyaedici xassə göstərənlər:

Tipik metallar Me^0; H_2S^{-2}; HJ^{-1}; $N^{-3}H_3$;
Metal hidridləri CaH^{-1}_2; HCl^{-1} və s.

3. Həm oksidləşdirici və həm də reduksiyaedici xassə göstərənlər:

P; S; C; As; H_3PO_3; MnO_2; NaClO; Cl_2 və s.

Tərkibində aralıq oksidləşmə dərəcəsi olan elementin birləşmələri, oksidləşmə-reduksiya ikitəbiətliliyinə malikdir. Başqa sözlə, həm oksidləşdiricilərlə, həm də reduksiyaedicilərlə reaksiyaya daxil olur. Deməli, onlar özlərini bir halda oksidləşdirici, digər halda reduksiyaedici kimi apararaq ikixassəlilik göstərir. Məsələn,

$$2KMn^{+7}O_4+5H_2S^{+4}O_3 = 2Mn^{+2}SO_4+2H_2S^{+6}O_4+K_2SO_4+3H_2O$$
reduksiyaedici

$$2H_2S^{-2}+H_2S^{+4}O_3 = 3S^0 + 3H_2O$$
oksidləşdirici

Birləşmələrin oksidləşmə-reduksiya ikitəbiətliliyinin maraqlı bir halı eyni elementin bir hissəsinin oksidləşməyə, digər hissəsinin isə reduksiyaya uğraması ilə əlaqədardır.

Məsələn,

$$3Cl^0_2+6NaOH=5NaCl^{-1}+NaCl^{+5}O_3+3H_2O$$

Oksidləşmə-reduksiya tənliklərinin tərtibi. Bu məqsədlə iki üsul tətbiq edilir: elektron balansı üsulu və elektron-ion üsulu.

Hər iki üsulun mahiyyətini eyni prinsip təşkil edir: oksidləşmə-reduksiya proseslərində reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayı, oksidləşdirici tərəfindən qəbul edilən elektronların sayına bərabər olmalıdır.

Elektron balansı üsulu. Bu üsulla reaksiyanın tənliyini tərtib etmək üçün aşağıdakı ardıcıllığa əməl edilməlidir:

1. Verilmiş maddələrin oksidləşdirici və reduksiyaedici xassələrinə əsasən reaksiya məhsulları müəyyənləşdirilir və reaksiyanın sxemi yazılır:

$$KMn^{+7}O_4+NaJ^{-1}+H_2SO_4 = Mn^{+2}SO_4+J_2{}^0+Na_2SO_4+K_2SO_4+H_2O$$

2. Reaksiya tənliyində oksidləşmə dərəcəsi elementin işarəsinin yuxarı hissəsində yazılır. Reaksiyadan görünür ki, manqanın oksidləşmə dərəcəsi reaksiyadan əvvəl +7 sonra isə +2, yodun ki, isə əvvəl -1, reaksiyadan sonra isə sıfır olmuşdur.

3. Oksidləşdiricinin qəbul etdiyi və reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayının bərabər olması şərtinə əsasən elektron balansı tənliyi qurulur. Bunun üçün oksidləşdiricinin mol miqdarı reduksiyaedicinin verdiyi (2), reduksiyaedicinin mol miqdarı isə oksidləşdiricinin aldığı (5) elektronların sayına vurulur. Deyilənlər elektron balansı şəklində aşağıdakı kimi yazılır:

$$Mn^{+7} + 5e^- = Mn^{+2} \quad | 5 | 2$$
$$2J^- - 2e^- = J_2^0 \quad | 2 | 5$$

4. Elektron balansına əsasən verilən elektronların sayı (2), oksidləşdiricinin, alınan elektronların sayı (5) isə reduksiyaedicinin əmsalına bərabər olduğundan bu ədədlər reaksiya tənliyində həmin maddələrin formulları qarşısında yazılır:

$$2KMnO_4+NaJ+H_2SO_4=2MnSO_4+5J_2+Na_2SO_4+K_2SO_4+H_2O$$

5. Bundan sonra qalan maddələrin əmsalları adi qayda ilə tənliyin sağ və sol tərəflərində bərabərləşdirilərək reaksiyanın tam tənliyi tərtib olunur:

$$2KMnO_4+10NaJ+8H_2SO_4=$$
$$=2MnSO_4+5J_2+5Na_2SO_4+K_2SO_4+8H_2O$$

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının xüsusi halları

1. Reaksiyada ikidən çox elementin oksidləşmə dərəcəsi dəyişdikdə əvvəlcə alınan və verilən elektronların cəmi ayrı-ayrılıqda müəyyənləşdirilir, sonra isə tənlik yuxarıdakı kimi tərtib olunur:

$$4Fe^{+2}S^{-1}{}_2 + 11O^0{}_2 \rightarrow 2Fe^{+3}{}_2O^{-2}{}_3 + 8S^{+4}O_2$$

reduksiyaedici $\begin{cases} Fe^{+2} - 1e^- = Fe^{+3} \\ 2S^{-1} - 10e^- = 2S^{+4} \end{cases}$ | 11 | 4

oksidləşdirici $O^0{}_2 - 4e^- = 2O^{-2}$ | 4 | 11

Buradan görünür ki, oksidləşmə-reduksiya reaksiyasında 2 reduksiyaedici, bir oksidləşdirici iştirak edir.

2. Oksidləşdirici və ya reduksiyaedicinin bir hissəsi oksidləşmə dərəcəsi dəyişmədən müəyyən reaksiya məhsullarına çevrilir (duzəmələgətirmə və s.). Oksidləşdirici kimi duru nitrat turşusunun mis metalı ilə reaksiyasını buna misal göstərmək olar.

$$Cu^0 + 2HN^{+5}O_3 + 6HNO_3 = 3Cu^{+2}(NO_3)_2 + 2N^{+2}O + 4H_2O$$

reduksiyaedici — oksidləşdirici — duzəmələgətirici

$$Cu^0 - 2e^- = Cu^{+2} \quad | 2 | 3$$
$$N^{+5} + 3e^- = N^{+2} \quad | 3 | 2$$

Belə hallarda oksidləşdirici və reduksiyaedicinin əmsalı tənliyin sağ tərəfinə yazılır. Oksidləşdiricinin (və ya reduksiyaedicinin) və duzəmələgətiricinin əmsallarının cəmi solda birlikdə göstərilir ($2HNO_3+6HNO_3=8HNO_3$)

3. İki oksidləşdirici və bir reduksiyaedicinin iştirakı ilə gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları.

$$Hg^{+2}S^{-2} + O^0_2 = Hg^0 + S^{+4}O^{-2}_2$$

Oksidləşdirici $\begin{cases} Hg^{+2}+2e^-=Hg^0 \\ O_2^0+4e=2O^{-2} \end{cases}$ | 6 | 1

Reduksiyaedici $S^{-2} - 6e^- = S^{+4}$ | 6 | 1

Elektron balansı üsulu qaz və bərk fazada, yə'ni heterogen sistemdə, gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını tərtib etmək üçün daha əlverişlidir. Bu üsul məhlulda mövcud olan ionların real vəziyyətini (MnO^-_4, $Cr_2O^{-2}_7$ və s.), mühitdəki OH^- və H^+ ionlarının, eləcədə su molekullarının oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında rolunu əks etdirmir.

Elektron-ion üsulu. Bu üsulda element atomunun oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi yox, oksidləşdirici və reduksiyaedicinin məhluldakı real forması (ion, atom və ya molekul) əsas götürülür. Həmin üsul əksər hallarda ion halında baş verən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına tətbiq edilir və bə'zən yarımreaksiya üsulu da adlanır. Ümumi-oksidləşmə-reduksiya reaksiyası iki yarımreaksiyadan oksidləşdiricinin reduksiya olunması və reduksiyaedicinin oksidləşməsi yarımreaksiyalarından ibarətdir.

Elektron-ion üsulu ilə reaksiyanın tam tənliyinin tərtibi, yarımreaksiya tənliklərinin cəmlənməsinə əsaslanır.

Elektron-ion üsulu yalnız elektrolit məhlulları qarışığında gedən oksidləşmə-reduksiya proseslərinə tətbiqi ilə məhdudlaşır. Bu

halda reaksiyanın ion sxemi tərtib edilir və bu vaxt qüvvətli elektrolitlər ion şəklində, qeyri-elektrolitlər, zəif elektrolitlər, çöküntü və qaz maddələr isə molekulyar şəkildə yazılır; reaksiya nəticəsində dəyişikliyə uğramayan ionlar ion sxeminə daxil edilmir. Sulu mühitdə gedən reaksiyalarda suyun da iştirak edə bilməsi, həmçinin, nəzərdə tutulur. Məsələn,

$$Na_2SO_3+KMnO_4+HNO_3\rightarrow Na_2SO_4+Mn(NO_3)_2+KNO_3+H_2O$$

reaksiyanın ion sxemi aşağıdakı kimi olur:

$$2Na^{+}+SO_3^{-2}+K^{+}+MnO_4^{-}+H^{+}+NO_3^{-}\rightarrow$$

$$\rightarrow 2Na^{+}+SO_4^{-2}+Mn^{+2}+2NO_3^{-}+K^{+}+NO_3^{-}+H_2O.$$

Qısaldılmış ion tənliyi tərtib ediləndə reaksiyada iştirak etməyən ionlar (Na^{+}, K^{+}, NO^{-}_3) yazılmır. Ona görə də qısaldılmış, ion tənliyi aşağıdakı kimi olur:

$$SO_3^{-2}+MnO^{-}_4+H^{+}\rightarrow SO^{-2}_4+Mn^{+2}+H_2O$$

Bu reaksiyanın elektron-ion üsulu ilə tərtib olunması qaydası aşağıdakı kimi olur:

1. Birinci növbədə oksidləşdirici və reduksiyaedicinin çevrilmə məhsullarına uyğun olaraq həmin proseslərin ion sxemi yazılır:

$$SO_3^{-2}\rightarrow SO_4^{-2}$$

$$MnO^{-}_4\rightarrow Mn^{+2}$$

2. İon sxeminə yalnız dəyişikliyə uğrayan ionlar və molekullar daxil edilir. Bunlar həm oksidləşdirici və reduksiyaedicinin ionları (MnO_4^{-}, SO_3^{-2}), həm də mühiti xarakterizə edən ion (H^{+}, OH^{-}) və molekullar (H_2O) ola bilər.

3. Elektron-ion tənliyinin sol və sağ tərəflərində hər bir element atomlarının sayı bərabər olmalıdır.

Əgər reaksiya məhsulunda oksigen atomlarının sayı ilkin maddədə olan oksigen atomlarının sayından azdırsa, turş mühitdə tənliyin sağ tərəfinə, azad olan oksigen atomlarının sayı qədər su molekulu, sol tərəfinə isə müvafiq miqdar hidrogen ionları yazılır. Neytral və əsasi mühitlərdə tənliyin sağ tərəfinə, azad olan oksigen atomlarının sayı qədər hidroksil ionları, sol tərəfinə isə müvafiq miqdar su molekulu əlavə edilir. Məsələn,

$$MnO_4^{-}+8H^{+}\rightarrow Mn^{+2}+4H_2O \text{ (turş mühit)}$$

$MnO^{-}_4+2H_2O \rightarrow MnO_2+4OH^-$ (neytral mühit)

4. Əgər reaksiya məhsulunda oksigen atomlarının sayı, ilkin maddədə olan oksigen atomlarının sayından çoxdursa, neytral və turş mühitlərdə tənliyin sol tərəfinə artıq olan oksigen atomlarının sayı qədər su molekulu, sağ tərəfinə isə müvafiq miqdar hidrogen ionları; əsasi mühitdə isə tənliyin sağ tərəfinə müvafiq miqdar su, sol tərəfinə müvafiq miqdar hidroksil ionları əlavə edilir. Məsələn,

$SO_3^{-2}+H_2O \rightarrow SO_4^{-2}+2H^+$ (turş və neytral mühitlər)

$SO_3^{-2}+2OH^- \rightarrow SO_4^{-2}+H_2O$ (əsasi mühit)

5. İlkin ionların yüklərinin cəbri cəmi reaksiya məhsullarının yüklərinin cəbri cəmindən çox olduqda elektron-ion tənliyinin sol tərəfinə müvafiq miqdar elektron əlavə edilir, az olduqda isə çıxarılır. Sonra elektronların balansı düzəldilir:

$$\begin{array}{rcc} MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{+2} + 4H_2O & 5 & 2 \\ SO_3^{-2} + H_2O - 2e^- = SO_4^{-2} + 2H^+ & 2 & 5 \end{array}$$

6. Elektron balansından alınan rəqəmlər (2;5) əmsal kimi müvafiq elektron-ion tənliklərinə yazılır sonra həmin tənliklər tərəf-tərəfə toplanır və lazım gəldikdə ixtisar aparılır. Bu zaman qısa ion tənliyi alınır:

$$2MnO^-_4+16H^++10e^-=2Mn^{+2}+8H_2O$$
$$+\ 5SO_3^{-2}+5H_2O-10e^-=5SO_4^{-2}+10H^+$$

$$2MnO^-_4+5SO_3^{-2}+6H^+=2Mn^{+2}+5SO_4^{-2}+3H_2O$$

7. Alınmış tənlikdə hər bir iona qarşı müvafiq miqdar əks yüklü ionlar əlavə edilməklə tam ion tənliyi və sonuncuya əsasən də oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının molekulyar tənliyi yazılır:

$$2K^++2MnO^-_4+10Na^++5SO_3^{-2}+6H^++3SO_4^{-2}=$$
$$=2Mn^{+2}+2SO_4^{-2}+10Na^++5SO_4^{-2}+2K+SO_4^{-2}+3H_2O$$

$$2KMnO_4+5Na_2SO_3+3H_2SO_4=2MnSO_4+5Na_2SO_4+K_2SO_4+3H_2O$$

Tənliyin hər iki tərəfində atomların sayının bərabərliyi yoxlanılır.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının növləri

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının dörd növünü ayrıd edirlər:

1. Atom və ya molekullararası oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları. Bu tip oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici və reduksiyaedici müxtəlif maddə tərkibində olur. Aşağıdakılar buna misal ola bilər:

$$PbS^{-2}+H_2O_2^{-1}\rightarrow PbS^{+6}O_4+H_2O^{-2}$$

$S^{-2}-8e^-=S^{+6}$	8	4	1
$2O^{-1}+2e^-=2O^{-2}$	2	1	4

$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$

$$2Mg^0+O_2^0=2Mg^{+2}O^{-2}$$

$$Cu^0+Hg^{+2}(NO_3)_2=Cu^{+2}(NO_3)_2+Hg^0$$

2. Molekuladaxili oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları. Bir sıra hallarda oksidləşmə-reduksiya prosesi bir molekulun daxilində baş verir, yə'ni molekulun tərkib hissələrindən biri özünü oksidləşdirici, digəri isə reduksiyaedici kimi aparır. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının bu xüsusi halı molekuladaxili oksidləşmə-reduksiya adlanır. Molekuladaxili oksidləşmə-reduksiyaya uğrayan birləşmələrin davamlılığı, adətən aşağı olur. Belə molekullar nisbətən yüksək temperatur şəraitində daxili oksidləşmə-reduksiyaya asan uğrayaraq parçalanır.

$$2KCl^{+5}O_3^{-2}=2KCl^{-1}+3O_2^0$$

$Cl^{+5}+6e^-=Cl^{-1}$	6	3	2
$2O^{-2}-4e^-=O_2^0$	4	2	3

$$2(N^{-3}H_4)_2Cr^{+6}O_4\rightarrow Cr_2^{+3}O_3+N_2^0+5H_2O+2NH_3$$

$2N^{-3}-6e^-=N_2^0$	6	2	1
$Cr^{+6}+3e^-=Cr^{+3}$	3	1	2

Bu növ reaksiyalara müxtəlif oksidləşmə dərəcəsinə malik eyni element atomları saxlayan birləşmələrin parçalanma reaksiyaları da daxildir:

$$H_2S^{-2}S^{+4}O_3(H_2S_2O_3)\rightarrow S^0+S^{+4}O_2+H_2O$$

3. Disproporsiya və ya öz-özünə oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları. Bə'zi bəsit (əsasən qeyri-metallar) və mürəkkəb maddələr eyni vaxtda özünü həm oksidləşdirici və həm də reduksiyaedici kimi aparır. Belə reaksiyalar öz-özünü oksidləşdirmə-reduksiya və ya disproporsiya reaksiyaları adlanır. Disproporsiya reaksiyası hallogenlər və xalkogenlər (S, Se, Te) üçün xarakterikdir:

$$Cl_2^0+2NaOH=NaCl^{+1}O+NaCl^{-1}+H_2O$$

$Cl^0-1e^-=Cl^{+1}$	1	reduksiyaedici
$Cl^0+1e^-=Cl^{-1}$	1	oksidləşdirici

$$3Cl_2^0+6NaOH=5NaCl^{-1}+NaCl^{+5}O_3+3H_2O$$

$Cl^0+1e^-=Cl^{-1}$	1	5
$Cl^0-5e^-=Cl^{+5}$	5	1

$$3S^0+6NaOH=Na_2S^{+4}O_3+2Na_2S^{-2}+3H_2O$$

$S^0-4e^-=S^{+4}$	4	2	1
$S^0+2e^-=S^{-2}$	2	1	2

Nitrit turşusu parçalandıqda azotun bir hissəsi oksidləşir, qalan hissəsi isə reduksiya olunur:

$$3HN^{+3}O_2=HN^{+5}O_3+2N^{+2}O+H_2O$$

d-elementlərinin bəziləri də disproporsiya reaksiyalarına daxil olur:

$$3K_2Mn^{+6}O_4+2H_2O=2KMn^{+7}O_4+Mn^{+4}O_2+4KOH$$

$Mn^{+6}-1e^-=Mn^{+7}$	1	2
$Mn^{+6}+2e^-=Mn^{+2}$	2	1

4. Konmutasiya və ya əks öz-özünə oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları. Bu tip oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında eyni element atomları müxtəlif oksidləşmə-dərəcələrindən eyni oksidləşmə dərəcəsinə keçir.

$$HJ^{+5}O_3+HJ^{-1}\rightarrow J_2^0+H_2O$$

$J^{+5}+5e^-=J^0$	5	1
$J^{-1}-1e^-=J^0$	1	5

$$HJO_3+5HJ=3J_2+3H_2O$$

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına mühitin tə'siri

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının gedişinə müxtəlif amillər, məsələn, qarşılıqlı tə'sirdə olan maddələrin təbiəti, mühit reaksiyası, məhlulun qatılığı, temperatur və s. tə'sir göstərir. Mühit reaksiyasından və məhlulun qatılığından asılı olaraq, eyni bir reduksiyaedicinin oksidləşməsi və ya eyni bir oksidləşdiricinin reduksiyası müxtəlif xarakterli ola bilər. Bunu konkret şəkildə misallar üzrə nümayiş etdirmək məqsədilə aşağıdakı cədvəldə bir neçə oksidləşdiricinin müxtəlif reduksiya olunma xarakterləri göstərilmişdir.

Cədvəl 10

Bə'zi oksidləşdiricilərin reduksiya xarakterinə mühit reaksiyasının və məhlulun qatılığının tə'siri

Oksidləşdirici	Qəbul edilən elektronların sayı	Reduksiya olunmuş forma	Mühit reaksiyası	Müvafiq reaksiya tənliyi
MnO_4^-	5	Mn^{+2}	turş	$FeSO_4+2KMnO_4+8H_2SO_4=$ $=5Fe_2(SO_4)_3+2MnSO_4+$ $=K_2SO_4+8H_2O$
MnO_4^-	3	MnO_2	neytral və ya zəif əsasi	$3Na_2SO_3+2KMnO_4+H_2O=$ $=3Na_2SO_4+2MnO_2+2KOH$
MnO_4^-	1	MnO_4^{-2}	qələvi	$Na_2SO_3+2KMnO_4+2KOH=$ $=Na_2SO_4+2K_2MnO_4+H_2O$
NO_3^-	1	NO_2	qatı turşu məhlulu	$FeS+6HNO_3=$ $=Fe(NO_3)_3+S+3NO_2+3H_2O$
NO_3^-	3	NO	duru turşu məhlulu	$3Cu+8HNO_3=$ $=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$
NO_3^-	8	NH_3	qələvi mühitdə metalların tə'siri	$4Zn+HNO_3+8NaOH+5H_2O=$ $=4Na_2[Zn(OH)_4]+NH_3$

Oksidləşmə-reduksiya potensialı

Məhlulda olan və ya onunla sərhədləşən maddələrin oksidləşmə-reduksiya aktivliyinin kəmiyyət xarakteristikası üçün oksidləşmə-reduksiya potensiallarından istifadə edilir.

Oksidləşmə-reduksiya potensialı verilmiş müəyyən maddənin reduksiya olunmuş formadan oksidləşmiş formaya və ya əksinə çevrilmə prosesində 96500 kl/ekv-ə müvafiq olaraq, sərf edilən və ya ayrılan işi göstərir. Oksidləşmə-reduksiya potensialının qiyməti 25^0C üçün aşağıdakı riyazi tənliklə tapılır.

$$E=E^0+0,06/n\cdot lgC^x_{oks.}/C^y_{red.}$$

Burada $C^x_{oks.}$ - oksidləşdiricinin, C^y_{red} - reduksiyaedicinin qatılığıdır. E^0-standart, E-ümumi oksidləşmə-reduksiya potensialıdır. n- oksidləşdiricinin aldığı və ya reduksiyaedicinin verdiyi elektronların sayıdır. X və Y oksidləşdirici və reduksiyaedici hallarında əmsallardır.

Oksidləşmə-reduksiya potensiallarının qiymətləri, adətən normal potensialı sıfır qəbul edilən $2H^{+}+2e^{-} \rightleftarrows H_2$ sisteminə görə, götürülür.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyası həmişə daha zəif oksidləşdirici və reduksiyaedicinin əmələ gəlməsi istiqamətində getməlidir. Bununla əlaqədar olaraq, bə'zi hallarda oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının istiqamətini əvvəlcədən tə'yin etmək lazım gəlir ki, bu məqsədlə də reaksiyaya daxil olan və reaksiya nəticəsində əmələ gələn maddələrin oksidləşmə-reduksiya potensialının qiymətindən (cədvəl 11) istifadə edilir.

Cədvəl 11

Standart (normal) oksidləşmə-reduksiya potensialı

Oksidləşmiş forma ⇄ reduksiya olunmuş forma	E^0, B
1	2
$Sn^{+4}+2e^{-}=Sn^{+2}$	+0,15
$SO_4^{-2}+2H^{+}+2e^{-}=SO_3^{-2}+H_2O$	+0,20
$O_2^0+2H_2O+4e^{-}=4OH^{-}$	+0,40
$J_2^0+2e^{-}=2J^{-}$	+0,54
$MnO_4^{-}+2H_2O+3e^{-}=MnO_2+4OH^{-}$	+0,59
$Fe^{+3}+1e^{-}=Fe^{+2}$	+0,77
$NO_3^{-}+4H^{+}+3e^{-}=N^{+2}O+2H_2O$	+0,94
$Br_2^0+2e^{-}=2Br^{-}$	+1,06
$Cl_2O_7^{-2}+14H^{+}+6e^{-}=2Cr^{+3}+7H_2O$	+1,33
$Cl_2^0+2e^{-}=2Cl^{-}$	+1,36
$Pb^{+4}O_2+4H^{+}+2e^{-}=Pb^{+2}+2H_2O$	1,46
$ClO_3^{-}+6H^{+}+6e^{-}=Cl^{-}+3H_2O$	+1,45

1	2
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{+2} + 4H_2O$	+1,52
$F_2^0 + 2e^- = 2F^-$	+2,87
$Li^+ + e^- = Li^0$	-3,02
$Ca^{+2} + 2e^- = Ca^0$	-2,87
$H^2 + 2e^- = 2H^-$	-2,33
$Al^{+3} + 3e^- = Al^0$	-1,67
$Zn^{+2} + 2e^- = Zn^0$	-0,762
$Cr^{+3} + 3e^- = Cr^0$	-0,71
$S + 2e^- = S^{-2}$	-0,508
$Fe^{+2} + 2e^- = Fe^0$	-0,440
$Fe^{+3} + 3e^- = Fe^0$	-0,036
$2H^+ + 2e^- = H_20$	0,000

Elektrolit məhlulunda gedən istənilən oksidləşmə-reduksiya reaksiyası elektrik enerjisi mənbəyi rolunu oynaya bilər. Məsələn, Fe^{+3} duzları ($FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$) məhlullarına, yodid məhlulu (NaJ, KJ) əlavə etdikdə məhlul ayrılan yodun hesabına sarı rəngə boyanır.

$$2Fe^{+3} + 2J^- = 2Fe^{2+} + J_2$$

Dəmir Fe^{3+} ionları ilə yodid-ionları arasındakı oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını elə aparmaq olar ki, yodid ionları (J^-) öz elektronlarını Fe^{3+} ionlarına, ötürücü vasitəsi ilə versin. Bunun üçün Fe^{3+} və J^- ionları olan məhlulla doldurulmuş qaba "tə'sirsiz" elektrod (platin və ya kömür) salınır və elektrodlar naqillə birləşdirilir. Naqildə elektrik cərəyanı əmələ gəlir. Yodid ionlarının verdiyi elektronlar ötürücü ilə Fe^{3+} ionları məhluluna salınmış inert elektroda gəlir. Yodid ionları elektron verərək oksidləşir:

$$2J^- = J_2 + 2e^-$$

Məhlul sarı rəngə boyanır. Fe^{3+} ionları elektronları qəbul edərək reduksiya olunur:

$$2Fe^{3+} + 2e^- = 2Fe^{+2}$$

Yodid ionlarının oksidləşməsi və Fe^{3+} ionlarının Fe^{+2} ionlarına reduksiya olunması inert elektrodların səthində baş verir. Tərkibində maddənin oksidləşmiş və reduksiya olunmuş formaları olan məhlulla inert elektrod sərhəddində yaranan potensial, tarazlıq oksidləşmə-reduksiya potensialı adlanır.

Oksidləşmə-reduksiya potensialı maddənin təbiəti ilə müəyyən edilir və oksidləşmiş, reduksiya olunmuş formaların qatılığından, məhlulun pH-dan, temperatur və digər amillərdən asılıdır.

Aşağıda oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının bu baxımdan təhlili verilmişdir.

$$Mn^{+7}O_4^- + 5Fe^{+2} + 8H^+ = Mn^{+2} + 5Fe^{+3} + H_2O$$

$$E_1(Mn^{+7}O_4^-/Mn^{+2}) = +1{,}52 \text{ v}$$

$$E_2(Fe^{3+}/Fe^{+2}) = +0{,}771 \text{ v}.$$

Göründüyü kimi 1-ci sistemin oksidləşmə-reduksiya potensialı 2-ci sisteminkinə nisbətən yüksəkdir. Beləliklə onlar kontaktda olduğu zaman 1-ci sistem özünü oksidləşdirici, 2-ci sistem isə reduksiyaedici kimi aparır. Başqa sözlə, 1-ci sistemdə reaksiya soldan sağa

$$(Mn^{+7}O_4^-) \xrightarrow{+5e^-} Mn^{+2}$$

2-ci sistemdə əksinə, sağdan sola, ($Fe^{3+} \xrightarrow{+1e^-} Fe^{+2}$) gedir. Nəticədə reaksiya ümumiyyətlə soldan sağa getmiş olur.

Normal oksidləşmə-reduksiya potensialı ədədi qiymətcə $2H^+/H_2$ cütünün potensialından kiçik olan metallar turşulardan hidrogeni sıxışdırıb çıxarır. Əksinə, normal oksidləşmə-reduksiya potensialı $2H^+/H_2$ cütünün potensialından böyük olan metallar turşulardan hidrogeni çıxara bilmir.

Normal potensialı nisbətən kiçik olan metallar, normal potensialı nisbətən böyük olan metalları onların duzlarından sıxışdırıb çıxarır.

Bu qayda ilə qüvvətli reduksiyaedicilər qələvi və qələvi-torpaq metallar, zəif reduksiyaedicilər isə əlvan metallar və hallogenlərdir. Əksinə, qüvvətli oksidləhdirici xassə hallogenlərə və yüksək oksidləşmə potensialına malik olan metal ionlarına xasdır.

Beləliklə, ən qüvvətli reduksiyaedici litium, ən qüvvətli oksidləşdirici isə fülordur.

Oksidləşmə-reduksiya sütünün standart potensialının qiyməti nə qədər aşağı olarsa, bu cutun oksidləşmiş forması daha güclü oksidləşdirici olar.

Güclü oksidləşdiricilərə F_2, HClO, MnO_4^-, PbO_2, Cl_2, $Cr_2O_7^{-2}$, Br_2 və i. a. aiddir.

Oksidləşmə-reduksiya cütünün standart potensialının qiyməti nə qədər aşağıdırsa, bu cütün reduksiya olunmuş forması daha güclü reduksiyaedicidir.

Güclü reduksiyaedicilərə Li, K, Na, Ca, Al, Zn, SO_3^{-2}, H_2(pH>7), Cr^{2+} və s. aiddir.

E^0-ın qiymətindən asılı olaraq oksidləşmiş və reduksiyaolunmuş formaların qüvvətliliyi arasında qanunauyğunluq müşahidə olunur.

Cütün oksidləşmiş forması nə qədər güclü oksidləşdiricidirsə, onun reduksiya olunmuş forması bir o qədər zəif reduksiyaedici olur. Əgər F_2, MnO_4^- (pH<7) və PbO_2 - çox güclü oksidləşdiricidirsə, onda ona uyğun gələn F^-, Mn^{+2} və Pb^{+2} reduksiya olunmuş forma çox zəif reduksiyaedici xassə göstərir.

Oksidləşdirici ilə reduksiyaedicinin potensiallar fərqi nə qədər çox olarsa, reaksiyada bir o qədər şiddətli gedər.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında reaksiya o istiqamətdə gedər ki, oksidləşdirici ilə reduksiyaediginin standart potensiallar fərqi sıfırdan böyük olsun:

$$E_{ok}-E_{red}>0$$

Məsələn, mis ilə Fe^{3+} ionları arasında reaksiya aşağıdakı kimi gedir:

$$2Fe^{3+}+Cu^0=2Fe^{+2}+Cu^{+2}$$

beləki, $E^0(Fe^{3+}/Fe^{+2})=+0,771v$; $E^0(Cu^{+2}/Cu)=+0,338v$

$$E^0_{ok}-E^0_{red}=0,771-(+0,338)=+0,433v>0$$

əks reaksiya gedə bilməz çünki,

$$E^0_{ok}-E^0_{red}=0,338-(+0,771)=-0,433v<0$$

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tətbiqi

Analitik kimyada oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tətbiqinə əsasən oksidləşdiricilərin və reduksiyaedicilərin miqdarı tə'yini üçün bir sıra həcmi analiz üsulları işlənib hazırlanmışdır ki, onlar da ümumi ad ilə oksidimetriya adlanır. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyası üzrə reduksiyaedicinin miqdarı tə'yinində oksidləşdiricilərin titrli məhlulundan istifadə edilir. İşçi məhlul kimi tətbiq edilən maddələrdən asılı olaraq, oksidimetriyanın bir sıra xüsusi halları mə'lumdur. Kitabda bunlardan yalnız ikisi-permanqanometriya və yodometriya haqqında qısa mə'lumat verilir.

Permanqanometriya. Bu metodun əsasını müxtəlif reduksiyaedicilərin kalium-permanqanat ($KMnO_4$) ilə oksidləşmə reaksiyası təşkil edir $KMnO_4$ qüvvətli oksidləşdiricidir. O, hər üç mühitdə (turş, neytral və qələvi) reduksiya olunur. Lakin mühit reaksiyasından asılı olaraq, $KMnO_4$-ün reduksiya xarakteri fərqlənir. Permanqanometriyada reaksiya əsasən turş mühitdə aparılır və bu məqsədlə yalnız H_2SO_4-dən istifadə edilməsi məqsədəuyğun hesab edilir. Permanqanometriyada ekvivalent nöqtəsinin tə'yini üçün indikator rolunu $KMnO_4$-ın özü oynayır. Çünki, MnO_4^- ionu bənövşəyi rəngli olduğu halda, permanqanatın turş mühitdə reduksiya məhsulu olan Mn^{2+} ionu duru məhlulda, demək olar ki, rəngsizdir (Mn^{+2} duzları quru halda isə açıq çəhrayıdır). Beləliklə, analiz olunan məhluldakı reduksiyaedici tamamilə reaksiyaya girib qurtardıqdan sonra məhlula əlavə edilən $KMnO_4$ məhlulunun artıq damcısı rəngsizləşə bilməyərək, onu açıq bənövşəyi rəngə boyayır.

Bə'zi reduksiyaedicilərin permanqanat ilə oksidləşməsi adi şəraitdə yavaş getdiyindən, onların məhlulu titrləmədən əvvəl bir qədər qızdırılır. Fe^{2+} ionunun tə'yinində bu metoddan istifadə edilir. Turş mühitdə Fe^{2+} ionları $KMnO_4$ tə'siri ilə Fe^{3+} ionuna çevrilir. İşin gedişi turşulaşdırılmış $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ məhlulunun işçi (dəqiq qatılığı mə'lum) $KMnO_4$ məhlulu ilə açıq bənövşəyi rəng almasına kimi titirlənməsindən ibarətdir. Titirləməyə sərf olunan $KMnO_4$ məhlulunun mə'lum həcminə və qatılığına əsasən analiz olunan ikivalentli dəmir birləşməsinin verilən maddəsində təmiz Fe^{+2}-in faizlə miqdarı hesablanır.

Yodometriya. Bu metod yod ilə əlaqədar olan aşağıdakı iki oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının tətbiqinə əsaslanır:

$$2J^- - 2e^- = J_2^0$$

$$J_2^0 + 2e^- = 2J^-$$

Beləliklə, yodometriyanın köməyi ilə həm oksidləşdiricilər, həm də reduksiyaedicilər analiz oluna bilər ki, bu da metodun üstün cəhətlərindən biridir.

Reduksiyaedicilər sərbəst yodu yodid ionuna (J^-) çevirir. Oksidləşdiricilər isə əksinə, yodid ionlarını sərbəst yoda (J_2) kimi oksidləşdirir.

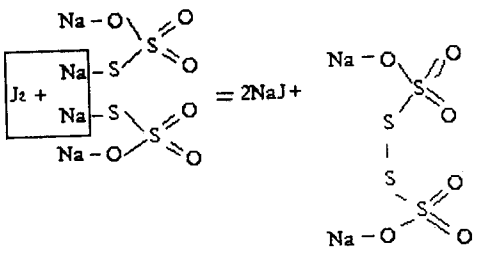
J^- - ionu qüvvətli reduksiyaedici olmadığı kimi, J_2 də qüvvətli oksidləşdirici deyil. $J_2^0/2J^-$ sisteminin normal oksidləşmə potensialı E^0=0,53v-dur. Lakin normal oksidləşmə potensialı 0,53v-dan yüksək olan müxtəlif sistemlər mə'lumdur. Məsələn, Fe^{+3}, MnO_2, $Cr_2O_7^{-2}$, Cl_2, MnO_4^- və s-nin köməyilə J^- ionlarını sərbəst yoda kimi miqdarı oksidləşdirmək mümkündür. Digər tərəfdən normal oksidləşmə potensialı 0,53-dən kiçik olan bir çox birləşmələr də mövcuddur ki, onların, məsələn, $Na_2S_2O_3$(+0,001v); H_2SO_3(+0,22v); H_2S(+0,51v) köməyi ilə sərbəst yodu (J_2) yodid ionuna kimi miqdarı reduksiya etmək olar.

Yodometriyada indikator kimi, adətən nişastanın kolloid məhlulu işlənir ki, bu da sərbəst yodun nişasta ilə tünd göy rəngli adsorbsion birləşmə əmələ gətirməsi ilə əlaqədardır. Beləliklə, hər hansı reduksiyaedici məhlulu nişasta iştirakında işçi yod məhlulu ilə titirlənirsə, ekvivalentlik nöqtəsi əldə edildikdən sonra yod məhlulunun analiz olunan məhlula əlavə edilən artıq damcısından o göy rəngə boyanır. Analiz olunan oksidləşdiricinin yodidlə müəyyən şəraitdə qarşılıqlı tə'siri nöqtəsində ekvivalent miqdarda ayrılan sərbəst yodu işçi reduksiyaedici (adətən, natrium-tiosulfat $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) məhlulu ilə titirlədikdə isə ekvivalentlik nöqtəsi prosesin sonuna yaxın qarışığa əlavə edilmiş nişasta iştirakında məhlulun aldığı göy rəngin tam itməsinə görə müəyyən edilir.

Sərbəst yodun natrium-tiosulfat ilə qarşılıqlı tə'siri belə ifadə olunur:

$$2Na_2S_2O_3+J_2=2NaJ+Na_2S_4O_6$$

və ya



$J_2^0+2e^-=2J^-$ | 2 | 1

$2S_2O_3^{-2}-2e^-=S_4O_6^{-2}$ | 2 | 1

Oksidləşmə–reduksiya reaksiyalarına aid nümunəvi məsələ həlli

1. Aşağıdakı reaksiyalardan hansı və ya hansıları oksidləşmə-reduksiya reaksiyasıdır:

I. $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$

II. $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$

III. $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Həlli:

I. $H_2O_2^{-1} \rightarrow 2H_2O^{-2} + O_2^0\uparrow$

$O^{-1} \xrightarrow{+1e^-} O^{-2}$ | 1

$O^{-1} \xrightarrow{-1e^-} O^0$ | 1

Reaksiyada həm oksidləşdirici həm də reduksiyaedici olduğundan oksidləşmə-reduksiya reaksiyasıdır.

II. $Zn^0 + 2H^{+1}Cl \rightarrow Zn^{+2}Cl_2 + H_2^0$

$H^{+1} + 1e^- = H^0$	1	2	Bu reaksiyada da oksidləşmə dərəcəsini dəyişən elementlər olduğundan,
$Zn^0 - 2e^- = Zn^{+2}$	2	1	reaksiya oksidləşmə-reduksiya reaksiyasıdır

III. $Na^{+1}O^{-2}H^{+1} + H^{+1}Cl^{-1} \rightarrow Na^{+1}Cl^{-1} + H_2^{+1}O^{-2}$

Bu reaksiyada isə oksidləşmə dərəcəsini dəyişən element atomları olmadığından oksidləşmə-reduksiya reaksiyası deyil.

Cavab: I və II reaksiyalar oksidləşmə-reduksiya reaksiyasıdır.

2. Aşağıdakı reaksiyaların hansında həm oksidləşmə, həm də reduksiya hadisəsi eyni növ atomlar arasında baş vermişdir?

I. $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

II. $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

III. $3Na_2CO_3 + Br_2 \rightarrow 5NaBr + NaBrO_3 + 3CO_2\uparrow$

Həlli:

Hər üç reaksiyada atomların oksidləşmə dərəcələri tapılır və elektron balansı qurulur:

$4Fe^{+2}S_2^{-1} + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2^{+3} + 8S^{+4}O_2^{-2}$

$Fe + 2 - 1e^- = Fe^{+3}$			Oksidləşdirici və reduksiyaedici ayrı-ayrı elementlərdir.
$2S^{-1} - 10e^- = 2S^{+4}$	11	4	
$O_2^0 + 4e^- = 2O^{-2}$	4	11	

$Zn^0 + H_2^{+1}SO_4 \rightarrow Zn^{+2}SO_4 + H_2^0\uparrow$

$Zn^0 - 2e^- = Zn^{+2}$	2	1	Oksidləşdirici və reduksiyaedici ayrı-ayrı elementlərdir
$2H^{+1} + 2e^- = H_2^0$	2	1	

$3Na_2CO_3+Br_2^0 \rightarrow 5NaBr^{-1}+NaBr^{+5}O_3+3CO_2\uparrow$

$Br^0+1e^- = Br^{-1}$	1	5	Oksidləşən və reduksiya olunan eyni element atomlarıdır
$Br^0-5e^- = Br^{+5}$	5	1	

Cavab: III reaksiyada oksidləşmə və reduksiya prosesləri eyni növ atomlar arasında gedir.

3. $FeS+3X+4H^+ \rightarrow 3NO+SO_4^{-2}+Fe^{+3}+2H_2O$ reaksiyasındakı X-in yerinə, NO, NO_3^{-1}, SO_2, NO_2^{-1} molekul və ionlarından hansı yazıla bilər?

Həlli: Bu reaksiyanın bərabər olması üçün, reaksiyanın sağ və sol tərəfindəki yüklər cəmi bir-birinə bərabər olmalıdır. Eləcə də atom sayları bərabər olmalıdır. Reaksiyanın sağ və sol tərəfində S, Fe, H atomlarının sayları bir-birinə bərabərdir. Ona görə də, X-də bu elementlərdən ola bilməz. Lakin, sağ tərəfdə 3 azot (N) atomu, 9 ədəd oksigen (O) atomu vardır. X-in sayı 3 olduğundan X-in tərkibində 1 ədəd azot, 3 ədəd oksigen olmalıdır. Yə'ni formulu NO_3^- dür. Reaksiyanın sağ və sol tərəfindəki yüklər cəmlərinin bərabər olması üçün

$$3X+(+4)=(-2)+3$$

$$3X=-3 \text{ onda; } X=-1 \text{ olur.}$$

Deməli X-in yerinə NO_3^{-1} ionu yazılmalıdır.

4. $X^m+Y^a \rightarrow X^n+Y^b$ reaksiyasının oksidləşmə-reduksiya reaksiyası ola bilməsi üçün m, a, n, b hansı qiymətləri almalıdır?

	m	a	n	b
1	+2	0	0	-2
2	+2	0	+4	-2
3	0	-2	+2	0
4	+4	0	+2	-2
5	+2	-2	+4	0

Həlli: Bu reaksiyanın oksidləşmə-reduksiya reaksiyası olması üçün atomlardan 1-i oksidləşməli, digərinin isə reduksiya olunması lazımdır. Əgər 2-ci bənddəki qiymətləri yerinə yazsaq

$X^{+2}+Y^0 \rightarrow X^{+4}+Y^{-2}$ olar. Buradan görünür ki, X-oksidləşir, Y-isə reduksiya olunur. Deməli, m=+2; a=0; n=+4; b=-2.

5. $O_2+J^- \rightarrow J_2+OH^-$ reaksiyası əsasi mühitdə baş verdiyinə görə, reaksiyanı bərabərlişdirdikdə H_2O-nun ən kiçik sayı nə qədər olar?

Həlli:

$2J^- - 2e^- = J_2$	2	1
$O^0+2e^- = O^{-2}$	2	1

Alınan və verilən elektronların sayı bərabərdir. Oksigeni bərabərləşdirmək üçün reaksiyanın hər iki tərəfində yüklərin cəmi bərabər olmalı-

dır. Ona görə də OH^- ionlarının sayı 2 olmalıdır. Əks tərəfdə də bunun yarısı qədər su yazılır.

$$H_2O+1/2O_2+2J^-\rightarrow 2OH^-+J_2$$

Reaksiyanın hər iki tərəfində həm atomlar sayı, həm də yüklər cəmi bərabərdir.

Deməli, reaksiyanı bərabərləşdirmək üçün reaksiya tənliyinə 1 mol H_2O yazılmalıdır.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Aşağıdakı reaksiyalardan hansının oksidləşmə-reduksiya reaksiyası olduğunu göstərin və həmin reaksiyalarda oksidləşdirici və reduksiyaedicini tapın, elektron balansını tərtib edin:

a) $2Na_2CrO_4+H_2SO_4=Na_2Cr_2O_7+Na_2SO_4+H_2O$

b) $2Ag+2H_2SO_4=Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$

v) $4KMnO_4+4KOH=4K_2MnO_4+O_2+2H_2O$

q) $12NaOH+Cr_2(SO_4)_3=2Na_3[Cr(OH)_6]+3Na_2SO_4$

d) $HClO_4+4SO_2+4H_2O=HCl+4H_2SO_4$

e) $Bi(NO_3)_3+2KOH=BiNO_3(OH)_2+2KNO_3$

2. Aşağıdakı reaksiyalarda oksidləşmə dərəcəsi artan və azalan elementləri göstərin:

a) $H_2S+HClO=S+HCl+H_2O$

$$6KOH+3Cl_2=KClO_3+5KCl+3H_2O$$

b) $3K_2MnO_4+2H_2O=2KMnO_4+MnO_2+4KOH$

$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$

v) $CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2$

$2Na_3[Cr(OH)_6]+4NaOH+3PbO_2=2Na_2CrO_4+2H_2O+3Na_2[Pb(OH)_4]$

q) $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$

$K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3Na_2SO_3=Cr_2(SO_4)_3+4H_2O+3Na_2SO_4+K_2SO_4$

d) $3As_2S_3+28HNO_3+4H_2O=6H_3AsO_4+9H_2SO_4+28NO$

$$TiO_2+2C+2Cl_2=TiCl_4+2CO$$

e) $NaBrO_3+3H_2SO_4+5NaBr=3Br_2+3Na_2SO_4+3H_2O$

10. $CuJ+16H_2SO_4+4KMnO_4=$

$$=10CuSO_4+5J_2+4MnSO_4+2K_2SO_4+16H_2O$$

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının tipini müəyyən edin.

3. Elektron balansı ilə aşağıdakı reaksiyaları əmsallaşdırın.

a) $Fe(NO_3)_2+O_2+H_2O=Fe(NO_3)_2OH$

$$H_5JO_6=J_2O_5+O_2+H_2O$$
$$K_2Se+NaNO_3=K_2SeO_4+NaNO_2$$

b) $Ca_3(PO_4)_2+C+SiO_2\rightarrow P_4+CO+CaSiO_3$

$$(NH_4)_2Cr_2O_7=Cr_2O_3+N_2+H_2O$$
$$RhF_6+Cl_2=RhF_3+ClF$$

v) $B(C_2H_5O)_3+O_2=B(OH)_3+CO_2+H_2O$

$$AgNO_3=Ag+NO_2+O_2$$
$$NH_3+Br_2=N_2+NH_4Br$$

q) $B+NaOH+O_2=NaBO_2+H_2O$

$$Cr(NO_3)_3=Cr_2O_3+NO_2+O_2$$

d) $Cr_2O_3+NaNO_3+NaOH=Na_2CrO_4+NaNO_2+H_2O$

$$ReCl_6+KOH=KReO_4+ReO_2+KCl+H_2O$$

4. Aşağıdakı reduksiya yarım reaksiyalarının elektron-ion tənliyini tərtib edin:

Br_2/Br^-	$MnO_4^-+H_2O/MnO_{2(b)}$
Cl_2/Cl^-	MnO_4^-/MnO_4^{-2}
$Cr_2O_7+H^+/Cl^{+3}$	$NO_2^-+H^+/NO_{(q)}$
$H_2O/H_{2(q)}$	$NO_3^-+H^+_{(duru)}/NO_{(q)}$
$H_2O_2+H^+/H_2O$	$NO_3^-+H^+_{(qatı)}/NO_{2(q)}$
H_2O_2/OH^-	$Na_2O_{2(b)}/OH^-$
$JO_3^-+H^+/J_{2(b)}$	$PbO_{2(b)}/[Pb(OH)_4]^{2-}$
$MnO_{2(b)}+H^+/Mn^{2+}$	$PbO_{2(b)}+H^+/Pb^{2+}$

5. Aşağıdakı cütlər üçün elektron-ion tənliyi ilə oksidləşmə yarımreaksiyalarını tərtib edin.

$Al_{(b)}/Al^{+3}$	$H_2S/S_{(b)}$
$Al_{(b)}+OH^-/[Al(OH)_4]^-$	$J^-/J_{2(b)}$
$As_{(b)}+H_2O/H_3AsO_4$	$J_{2(b)}+H_2O/JO_3^-$
$Cl^-/Cl_{2(q)}$	$Mn^{+2}+H_2O/MnO_4^-$
$[Cr(OH)_6]^{3-}+OH^-/CrO_4^{-2}$	$Mn^{+2}+OH^-/MnO_{2(b)}$
$CuS_{(b)}+H_2O/SO_4^{2-}+Cu^{2+}$	$NO_2^-+H_2O/NO_3^-$

6. İon-elektron üsulu ilə aşağıdakı reaksiyaları əmsallaşdırın:

a) $Br_2+SO_{2(q)}+H_2O=HBr+H_2SO_4$
$Cu_{(b)}+HNO_{3(duru)}=Cu(NO_3)_2+NO_{(q)}+H_2O$
$PbO_2+HNO_3+H_2O_2=Pb(NO_3)_2+O_{2(q)}+H_2O$

b) $KMNO_4+H_2O_2=MnO_{2(b)}+O_{2(q)}+H_2O+KOH$
$Zn_{(b)}+NaOH_{(artıq)}+H_2O=Na_2[Zn(OH)_4]+H_{2(q)}$
$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+K_2SO_3=Cr_2(SO_4)_3+H_2O+K_2SO_4$

7. Aşağıdakı reaksiyaları tamamlayın, əmsalları yerinə yazın.

$Cl_2+KOH\rightarrow KClO_3+.....$

$(NH_4)_2Cr_2O_7\rightarrow Cr_2O_3+N_2+.....$

$NH_2OH+HNO_3\rightarrow NO+.....$

$NH_4NO_3\rightarrow N_2O+.....$

8. Aşağıda verilmiş ion-elektron sxemlərində süalların yerinə alınan və verilən elektronların sayını yazın:

$SO_4^{-2}+4H^++?\rightarrow SO_2+2H_2O$

$NO_3^-+9H^++?\rightarrow NH_3+3H_2O$

$Cr_2O_7^{-2}+14H^++?\rightarrow 2Cr^{+3}+7H_2O$

$Cr^{3+}+8OH^-+?\rightarrow CrO_4^{-2}+4H_2O$

$ClO_3^-+6H^++?\rightarrow Cl^-+3H_2O$

$ClO^-+2H^++?\rightarrow Cl^-+H_2O$

9. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini tamamlayın və elektron balansı metodu ilə əmsalları tapın.

$KClO+KJ+H_2SO_4\rightarrow KCl+J_2+K_2SO_4+.....$

$KBiO_3+HCl\rightarrow BiCl_3+Cl_2+.....$

$KClO_3+KNO_2\rightarrow KCl+.....$

$KCl+KJ+H_2O\rightarrow KCl+J_2+.....$

$Cl_2+J_2+H_2O\rightarrow HCl+HJO_3$

$FeSO_4+HNO_2+H_2SO_4\rightarrow Fe_2(SO_4)_3+NO+....$

10. Reduksiyaedicilərin $Cr_2O_7^{-2}$ ionuna oksidləşməsi və CrO_2^- ionunun CrO_4^{-2} xromat ionuna oksidləşməsi üçün mühiti seçin.

11. Aşağıdakı oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını tamamlayın və əmsalları tapın.

$Zn+HNO_3\rightarrow N_2+....$

$Mg+HNO_3\rightarrow NH_4NO_3+.....$

$H_2S+H_2O_2\rightarrow H_2SO_4+.....$

$S+HNO_3\rightarrow H_2SO_4+NO+.....$

$Ca(OH)_2+Cl_2\rightarrow Ca(OCl)Cl+.....$

$Ca(OH)_2+J_2\rightarrow Ca(JO_3)_2+.....$

$H_2MnO_4\rightarrow HMnO_4+MnO_2+.....$

$HClO+H_2O_2\rightarrow HCl+.....$

$CrO_3+HCl\rightarrow.....$

$PH_3+KMnO_4+H_2SO_4\rightarrow H_3PO_4+.....$

$NaBr+NaBrO_3+H_2SO_4\rightarrow Br_2+...$

$Cu_2S+HNO_3\rightarrow NO+.....$

$Ni(OH)_3+HCl\rightarrow Cl_2+.....$

$MgJ_2+H_2O_2+H_2SO_4\rightarrow$....

$KMnO_4+MnSO_4+H_2O\rightarrow MnO_2+$.....

12. $FeS+3XO_3^{-}+4H^+\rightarrow 3NO+SO_4^{-2}+Fe^{+3}+2H_2O$ reaksiyandakı X-in oksidləşmə dərəcəsi nə qədərdir?

13. Aşağıdakı reaksiyaların hansında elektron alınması və verilməsi eyni növ atomlar arasında olmuşdur?

a) $NH_4NO_3\rightarrow N_2O+H_2O$

b) $P+OH^-+H_2O\rightarrow PH_3+H_2PO_3^-$

v) $C+HNO_3\rightarrow CO_2+NO_2+H_2O$

14. Aşağıdakı reaksiyalardan hansı qələvi mühitdə gedir?

a) $MnO_4^-+Fe^{2+}+H^+\rightarrow Mn^{+2}+Fe^{+3}+H_2O$

b) $Cl_2+OH^-\rightarrow Cl^-+ClO_3^-+H_2O$

v) $Fe_2O_3+CO\rightarrow Fe+CO_2$

15. Aşağıdakı reaksiyalardan hansı və hansıları əks öz-özünə (konmutasiya) oksidləşmə-reduksiya reaksiyasıdır?

a) $X_2+Br^-\rightarrow X^-+Br_2$

b) $H^++X^-+XO_3^{-1}\rightarrow X_2+H_2O$

v) $FeX_2+X_2\rightarrow FeX_3$

q) $X_2+H_2O\rightarrow HX+O_2$

d) $Ag^++X^-\rightarrow AgX$

16. $6FeCl_2+K_2Cr_2O_7+14HCl\rightarrow 2KCl+6FeCl_3+2CrCl_3+7H_2O$ oksidləşmə-reduksiya reaksiyasında oksidləşdirici və reduksiya edicini tapın.

17. $2X+16H^++10Cl^-\rightarrow 2Mn^{+2}+8H_2O+5Cl_2$ reaksiyasında X-i tapın.

18. Aşağıdakı reaksiyaların hansında kükürd (S) reduksiya olunmuşdur?

a) $Hg_2SO_4+2e^-\rightarrow 2Hg+SO_4^{-2}$

b) $Ag_2SO_4\rightarrow 2Ag^++SO_4^{-2}$

v) $Cu+H_2S\rightarrow CuS+2H^++2e^-$

q) $SO_3\rightarrow SO_2+1/2O_2$

d) $S+O_2\rightarrow SO_2$

19. İki oksid arasında gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyasına misal göstərin.

20. İki elə reaksiya göstərin ki, oksidləşdirici ilə reduksiyaedici eyni molekulun tərkibində olsun?

21. Eyni bəsit maddənin iştirakı ilə iki elə reaksiya göstərin ki, həmin reaksiyalardan birində o, oksidləşdirici ilə, digərində isə reduksiya edici ilə qarşılıqlı tə'sirdə olsun.

22. Eyni mürəkkəb maddənin iştirakı ilə gedən iki elə reaksiya göstərin ki, onlardan birində o, oksidləşdirici ilə, digərində isə reduksiyaedici ilə qarşılıqlı tə'sirdə olsun.

23. Ozonun keyfiyyət tə'yini üçün qaz kalium-yodidin suda məhlulundan buraxılır:

$$KJ+O_3+H_2O\rightarrow O_2+....$$

Bu reaksiyanı tamamlayın.

24. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini tamamlayın:

$$NaHS+NO_2+H_2O\rightarrow$$
$$NaHS+HNO_{3(duru)}\rightarrow$$
$$NaHS+Br_2+H_2O\rightarrow$$

Elektron tənliklərini tərtib edin.

25. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini tamamlayın. Əmsalları yerinə yazın.

$$PH_3+HNO_{3(duru)}\rightarrow$$
$$(NH_4)_2S+HNO_{3(duru)}\rightarrow$$
$$FeO+HNO_{3(duru)}\rightarrow$$
$$FeJ_2+HNO_{3(duru)}\rightarrow$$

X fəsil

ELEKTROLİTİK DİSSOSİASİYA

Elektrolitlər və qeyri-elektrolitlər

Hazırda maddələr elektrik keçiriciliyinə görə 3 qrupa bölünür:
1. elektriki pis keçirənlər və ya dielektriklər; 2. elektriki keçirənlər; 3. yarımkeçiricilər.

Keçən əsrin ortalarında ingilis alimi Faradey məhlulların elektrik keçiriciliyini öyrənərək müəyyən etmişdir ki, duzların, turşuların və qələvilərin məhlulu elektrik cərəyanını keçirir.

Əritdikdə və ya suda həll etdikdə elektrik cərəyanını keçirən maddələrə elektrolitlər deyilir.

Elektrolitlər həqiqi və potensial elektrolitlərə ayrılır.

Həqiqi elektrolitlər - əridilmədən və həll edilmədən əvvəl fərdi ion halında olur. Həqiqi (əsl) elektrolitlərə bərk halda ion kristal qəfəsinə malik bütün tipik duzlar aiddir. Məsələn, $NaNO_3$, K_2SO_4 və $CaCl_2$.

Potensial elektrolitlərdə - individual halda ion olmur, lakin maddə həll edildikdə məhlulda ionlar əmələ gəlir. Potensial elektrolitlərə güclü kovalent rabitəli maddələr aiddir. Məsələn, qaz şəkilli hidrogen xlorid suda həll edildikdə güclü H-Cl kovalent rabitəsi qırılır, H^+ kationu (daha dəqiq hidratlaşmış forma H_3O^+) və xlorid ionu Cl^- əmələ gəlir:

$$HCl=H^++Cl^-;\ H^++H_2O=H_3O^+$$

Hidrogen-xlorid məhlulu H^+ kationlarının hesabına turş reaksiya göstərir. Ona görə də bu məhlul xlorid turşusu məhlulu adlanır.

Qeyri-polyar və ya zəif polyar kovalent rabitəli maddələr suda həll edildikdə ionlara ayrılmır. Ona görə də onlar qeyri-elektrolitlər adlanır.

Həll etdikdə və ya əritdikdə elektrik cərəyanını keçirməyən maddələr qeyri-elektrolitlər adlanır.

Qeyri-elektrolitlərə üzvi birləşmələrin böyük əksəriyyəti, məsələn, dietil efiri, benzol, qlükoza və nişasta aiddir.

Metalların (1-ci növ keçiricilər), ərintilərin və ya məhlulların elektrik xassələri arasında nəzərə çarpacaq dərəcədə fərq vardır (cədvəl 12).

Cədvəl 12

Metallar, ərintilər və ya elektrolit məhlullarının elektrik xassələri

Xassə	Metallar üçün	Ərinti və ya elektrolit məhlulları üçün
Elektrik cərəyanının keçiriciləri	elektronları	ionlar
Keçiricilik	çox yaxşı	zəif
Temperaturu artırdıqda keçiriciliyin dəyişməsi	azalır	artır
Elektrik cərəyanın keçirilməsi zamanı maddənin dəyişməsi	yox	parçalanır

Yarımkeçiricilər elə qrup maddələri əhatə edir ki, onlar elektrik keçirmələrinə görə dielektriklərlə elektriki yaxşı keçirənlər arasında aralıq yer tutur.

Elektrolitlərdə elektrik cərəyanının daşıyıcısı ionlardır. Müəyyən elektrik yükü daşıyan atom (sadə ion) və ya atomlar qrupu (mürəkkəb ion) ion adlanır. Buna əsasən elektrolitlər yalnız məhlul halında elektriki keçirir. Lakin onların bir hissəsi (ion kristal şəbəkəli duzlar və bə'zi əsaslar) ərimiş halda da elektriki keçirir, çünki əridikdə, onlar birbaşa ionlara çevrilir. Bu mə'lumatlara əsasən elektrolit və qeyri-elektrolitlərə aşağıdakı tə'rifi vermək olar:

Əritdikdə və ya suda həll etdikdə ionlara parçalanan və ona görə də ərintiləri və suda məhlulları elektrik cərəyanını keçirən maddələrə elektrolitlər deyilir.

Ərinmiş və ya həll olmuş halda ionlara parçalanmayan və ona görə də elektrik cərəyanını keçirməyən maddələr qeyri-elektrolitlər adlanır.

İonlar müsbət və mənfi yüklü olur. Onların hər biri bir və ya bir neçə elektrik yükü daşıyır. Elektrolitlərdən cərəyan keçməsi üçün ona elektrod adlanan iki metal (və ya bir metal və bir qrafit) lövhə salınır və onlar metal keçirici vasitəsilə cərəyan mənbəyinin qütblərinə birləşdirilir. Müsbət qütbə birləşdirilən elektrod anod, mənfi qütbə birləşdirilən elektrod isə katod adlanır.

Məhluldan və ya ərintidən elektrik cərəyanı keçdikdə, elektrik sahəsinin tə'siri ilə ionlar müvafiq elektrodlara doğru istiqamətlənir. Müsbət yüklü ionlar katod tərəfindən cəzb olunur və katod istiqamətində hərəkət edir. Buna əsasən onlara "kation" adı verilmişdir. Mənfi yüklü ionlar isə anod tərəfindən cəzb olunduğundan "anion" adı almışdır.

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi. 1887-ci ildək Qrotqusun nəzəriyyəsi geniş yayılmışdır. Bu nəzəriyyəyə görə elektrolitlər ancaq elektrik cərəyanının tə'siri ilə ionlara ayrılır. İsveç kimyaçısı Svante Arrenius 1887-ci ildə turşuların elektrik keçiriciliyinin qatılıqdan asılılığını tədqiq edərkən müəyyən etmişdir ki, elektrik cərəyanı olmadan da turşular məhlulda ionlara ayrılır. Bu təcrübəyə əsasən də O, elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsini (ionlaşma) təklif etmişdir, hansı ki, hal-hazırda hamı tərəfindən qəbul edilmişdir.

Bu nəzəriyyəyə əsasən elektrolitlərin molekulları məhlulda ionlara ayrılır və bu proses *elektrolitik dissosiasiya* adlanır.

Elektrolitlərin məhlulda və ya ərintidə ionlara ayrılmasına elektrolitik dissosiasiya deyilir.

Məsələn,

$$KCl \xrightleftharpoons{dissosiasiya} K^+ + Cl^-$$

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinin əsas müddəaları aşağıda verilmişdir:

1) Əritdikdə və ya suda həll etdikdə elektrolitlər müsbət və mənfi yüklü ionlara dissosiasiya edir (parçalanır);

$$Na_2SO_4 \rightleftarrows 2Na^+ + SO_4^{-2} \qquad HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$$

Məhlulda ionlar müxtəlif istiqamətlərdə nizamsız hərəkət edir.

2) Elektrik cərəyanının tə'sirindən ionlar istiqamətlənmiş hərəkət edir: müsbət yüklü ionlar katoda, mənfi yüklü ionlar isə anoda doğru hərəkət edir.

3) Dissosiasiya dönər prosesdir: molekulların parçalanması ilə yanaşı ionların birləşməsi - assosiasiyası baş verir:

$$KA \xleftrightarrow{dissosiasiya} K^+ + A^-$$

əks yüklü ionların birləşərək yenidən molekul əmələ gətirməsi *molyarızasiya* (molyarlaşma) adlanır.

4. Bütün elektrolitlər eyni dərəcədə ionlara ayrılmır. İonların atomlarda fərqi elektrolitin tamamilə ionlara ayrılması elektrolitin təbiətindən, onun qatılığından, həlledicinin xarakterindən və temperaturdan asılıdır.

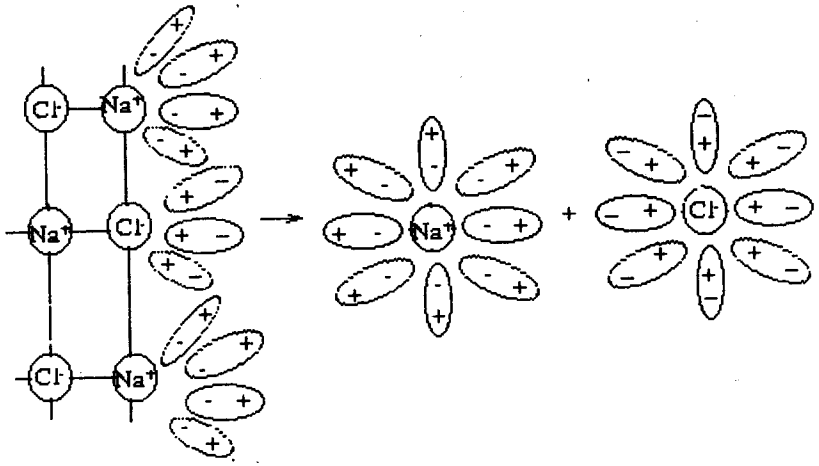
Dissosiasiyanın mexanizmi. Arrenius öz ideyalarında məhlulların fiziki nəzəriyyəsinə əsaslandığından, həlledici ilə həll olan maddə molekulları arasındakı qarşılıqlı tə'siri və həmçinin ionların hidratlaşmasını nəzərə almamışdır.

Elektrolitlər qüvvətli polyar və ya ion molekullarından ibarətdir. Həlledici isə dielektrik sabiti yüksək olan müxtəlif maddələr ola bilər.

Xüsusilə rus alimləri V.A. Kistyakovski və İ.A. Kablukovun işləri əsasında yaranan müasir təsəvvürlərə görə məhlulda elektrolitik dissosiasiya elektrolit molekulları ilə həlledici molekulları arasında gedən mürəkkəb fiziki-kimyəvi qarşılıqlı tə'sir nəticəsində baş verir.

Məhlulda gedən fiziki və kimyəvi proseslərdə xüsusilə hidratlaşmaya əsasən elektrolitik dissosiasiya hadisəsinin mexanizmi və səbəbləri müəyyən edilmişdir. Kimyəvi rabitənin təbiətindən asılı olaraq maddələrin məhlulda ionlara parçalanması iki cür mexanizmlə baş verə bilər. Bunlardan biri dissosiasiya, digəri isə ionlaşma prosesidir.

Mə'lumdur ki, ion birləşmələri hətta kristal halda ionlardan ibarətdir. Polyar həlledicilərin tə'siri ilə kristallardakı kation və anionlar bir-birindən ayrılaraq məhlula keçir. Bu proses *ion birləşmələrin dissosiasiyası* adlanır (şəkil 21).



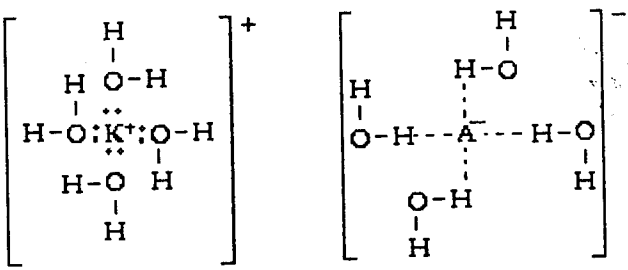
Şəkil 21. İon birləşmələrinin dissosiasiya prosesinin sxemi.

Həmin prosesin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, kristalda olan ionlar birbaşa su molekulları ilə hidratlaşaraq bir-birindən ayrılır. Beləliklə, kation və anionlar məhlulda hidratlaşmış halda mövcuddur.

Hidratlaşma nəzərə alınmaqla, elektrolitik dissosiasiya posesinin sxemi ümumi şəkildə belə yazılır:

$$K^+A^- + (n_1+n_2)H_2O \rightarrow K^+ \cdot n_1H_2O + A^- \cdot n_2H_2O$$

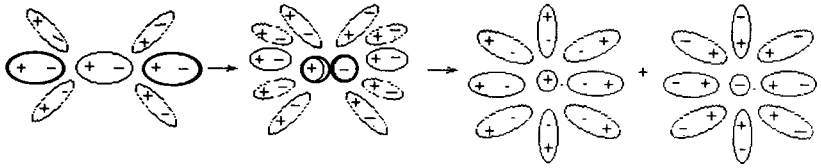
Hidratlaşmış kationla su molekulları arasında donor-akseptor əlaqəsi, anionla su molekulları arasında isə hidrogen rabitəsi yaranır:



hidratlaşmış kation

hidratlaşmış anion

Polyar kovalent rabitəli elektrolitlərdən ionların əmələ gəlmə mexanizmi ion birləşmələrdən fərqlənir. Belə ki, kovalent rabitəli elektrolitlərdə ionlar hazır halda olmadığından, əvvəlcə su molekullarının tə'siri ilə polyar rabitə tam ion rabitəyə çevrilir və sonradan hidratlaşmış ionlara parçalanır. Bu səbəbdən də ion birləşmələrin dissosiasiyasından fərqli olaraq, polyar kovalent rabitəli birləşmələrin kation və anionlara parçalanma prosesi ionlaşma adlanır və aşağıdakı göstərilmiş sxem üzrə gedir:



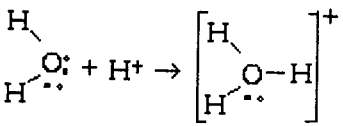
Şəkil 22. Polyar molekulların ionlaşma prosesinin sxemi

Sadəlik üçün elektrolitlərin ionlara parçalanma tənliyində ionlar hidrat halında deyil, bəsit ionlar şəklində yazılır. Lakin bilmək lazımdır ki, əslində ionlar sulu məhlullarda hidratlaşmış halda olur.

Dissosiasiyanın aparıcı qüvvəsi ionların və polyar molekulların hidratlaşmasıdır.

Hidratlaşma zamanı ayrılan enerji ion və polyar molekullarda rabitənin qırılmasına sərf olunan enerjini müəyyən qədər ödəyir və ionların assosiasiyasının qarşısını alır.

Suda məhlullarda H^+-ionu sərbəst deyil, hidroksonium H_3O^+ ionu şəklində olur. Bu ion oksigenin elektron cütü və H^+-ionunun boş 1S orbitalının donor-akseptor qarşılıqlı tə'siri nəticəsində əmələ gəlir:



Həlledici və həll olan maddə molekullarının polyarlığı nə qədər yüksək, onlar arasında donor-akseptor tə'siri və hidrogen rabitəsi nə qədər güclü olsa ionlaşma prosesi də bir o qədər asan gedəcəkdir.

Elektrolitik dissosiasiya prosesi nəinki həll olan maddənin, həm də həlledicinin təbiətindən asılıdır. Məsələn, NaCl suda tam, spirtdə qismən dissosiasiya etdiyi halda, benzolda isə ümumiyyətlə, dissosiasiya etmir.

Bə'zən həlledicinin polyarlığına nisbətən onun donor-akseptor xassəsi ionlaşma prosesinə daha güclü tə'sir göstərir. Bunu həlledici kimi etil spirtilə maye hidrogen-sianidin müqayisəsində daha aydın görmək olar. Etil spirtinin polyarlığının (26,4) hidrogensianidin polyarlığından (158,1) 6 dəfə az olmasına baxmayaraq, hidrogenxlorid spirtdə daha yaxşı ionlaşır. Yaxud suyun polyarlığının (78,3), maye amonyakın (25) polyarlığından 3 dəfə artıq olmasına baxmayaraq, sianid turşusu 1-cidə zəif ionlaşdığı halda, 2-cidə tam ionlaşır.

Elektrolitik dissosiasiya öz-özünə gedən proses olduğundan sistemdə Hibbs enerjisi azalır ($\Delta G<0$). Bu enerjinin azalması hidratlaşmış (solvatlaşmış) ionların əmələ gəlməsilə əlaqədardır. Həlledici su deyil başqa polyar maddə olduqda ionların solvatlaşması baş verir. Deməli, solvatlaşma enerjisi ion kristallarında və həmçinin polyar molekullarda rabitəni parçalamağa kifayət edir.

Elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi. Qüvvətli və zəif elektrolitlər.

Dissosiasiya dərəcəsi. Elektrolitlərin dissosiasiya qabiliyyəti müxtəlifdir. Onların bə'ziləri az, bə'ziləri isə çox dissosiasiyaya uğrayır. Bu prosesi miqdarca xarakterizə etmək üçün "dissosiasiya dərəcəsi" anlayışından istifadə edilir.

Dissosiasiya dərəcəsi α-maddənin ionlara parçalanmış miqdarının (ν_g) onun həll olmuş ümumi miqdarına ν_h olan nisbətidir.

$$\alpha=\frac{\nu_g}{\nu_h}\left(\frac{mol}{mol}\right) \text{ və ya } \alpha=n/N$$

burada n - ionlara parçalanmış "molekulların" sayı, N - həll olmuş molekulların ümumi sayıdır.

İon birləşmələri molekulyar şəkildə olmadığından, molekul anlayışından, şərti istifadə edilir.

Elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi təcrübi yolla müəyyən edilib vahidin hissələri və ya faizlə (%) ifadə olunur. Dissosiasiya dərəcəsi %-lə ifadə olunduqda aşağıdakı düsturdan istifadə edilir.

$$\alpha=\frac{v_g}{v_h}\cdot 100\% \text{ və ya } \alpha=n/N\cdot 100\%$$

Əgər $\alpha=0$ olarsa, onda dissosiasiya baş verməmişdir; $\alpha=1$ olarsa, elektrolit tamamilə ionlara dissosiasiya etmişdir. Əgər $\alpha=0,3$ (30%) olarsa, bu o deməkdir ki, verilmiş elektrolitin hər bir molundan 0,3 molu, yaxud hər 100 "molekulundan" 30-u ionlara parçalanmışdır.

Elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi 3 amildən asılıdır: 1. Elektrolitin təbiətindən (rabitənin xarakterindən); 2. Elektrolit məhlulunun qatılığından; 3. Temperaturdan.

Təbiətindən asılı olaraq, elektrolitlər qüvvətli, orta qüvvətli və zəif olmaqla üç qrupa bölünürlər. Bu bölgü şərtidir. Adətən 0,1M məhlulda dissosiasiya dərəcəsi 30%-dən çox olan elektrolitlər qüvvətli, 3%-dən az olan elektrolitlər zəif ($\alpha\leq 3\%$), dissosiasiya dərəcəsinin qiyməti 3-30% arasında olan elektrolitlər isə orta qüvvətli elektrolitlər hesab edilir.

Suda məhlullarda əsas qüvvətli elektrolitlər aşağıdakılardır:

1. Əksər duzlar; 2. bir çox mineral turşular, məsələn $HClO_4$, HCl, H_2SO_4, HNO_3, HBr, HJ; 3. qələvi və qələvi torpaq metalların hidroksidləri.

Bütün üzvi və bə'zi qeyri-üzvi turşular (H_2SO_3, H_2S, H_2CO_3, H_2SiO_3 və s.) ammonium-hidroksid, həll olmayan hidroksidlər və həmçinin su zəif elektrolitlərdir.

Dissosiasiya dərəcəsinin qatılıqdan asılılığını təxmini olaraq $\alpha\approx 1/c$ formulu ilə ifadə etmək olar, yə'ni məhlul durulaşdıqca dissosiasiya dərəcəsi artır.

Bir qayda olaraq, temperatur artdıqca zəif elektrolitlərin dissosiasiya dərəcəsi artır.

Qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya dərəcəsi isə temperatur artdıqca azalır.

Dissosiasiya sabiti. Dissosiasiya dərəcəsi vahiddən çox kiçik olan ($\alpha<0,20$) və qatılıqdan asılı olaraq dəyişən elektrolitlər zəif elektrolitlər adlanır. Zəif elektrolitlərin dissosiasiyası qismən gedir.

Turşulardan CH_3COOH, H_2S, H_2SO_3, əsaslardan NH_4OH, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Ni(OH)_2$ və s. zəif elektrolitlərə misal ola bilər.

Zəif elektrolitlər az dissosiasiya etdiklərindən, onların məhlulunda eyni zamanda molekullarla yanaşı, ionlar da mövcuddur və iki istiqamətdə proses gedir.

Düzünə istiqamətdə ionlaşma, əks istiqamətdə isə molyarlaşma baş verir və həmin proseslər arasında yaranan tarazlıq halı aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$KA \rightleftarrows K^+ + A^-$$

Tarazlıqda olan sistemə kütlələrin tə'siri qanunu tətbiq edildikdə tarazlıq sabitinin ifadəsi alınır :

$$K_T = K_d = \frac{[K^+][A^-]}{[KA]} \text{ və ya } K_d = \frac{[C_{K^+}][C_{A^-}]}{[C_{KA}]}$$

Dissosiasiya prosesinin tarazlıq sabiti (K_T) dissosiasiya sabiti adlanır (K_d).

Yuxarıdakı reaksiya tənliyindən görünür ki, alınan ionlardan birinin qatılığının azalması tarazlığı həmin ionların əmələ gəlməsinə tərəf yönəldir və nəticədə α artır.

Deməli məhlulun ionlarının qatılığını artırıb-azaltmaqla elektrolitin dissosiasiya tarazlığını bu və ya digər istiqamətə yönəltmək olar.

Dissosiasiya dərəcəsinin qiyməti qatılıqdan asılı olduğundan elektrolitlərin dissosiasiyasını xarakterizə etmək üçün α-dan istifadə etmək əlverişli deyil.

Bu məqsədlə dissosiasiya sabitindən (K_d) istifadə olunur.

Dissosiasiya sabiti məhlulun qatılığından asılı deyildir. Onun qiyməti zəif elektrolitlərin dissosiasiyasını xarakterizə edən sabit kəmiyyətdir.

Dissosiasiya sabiti elektrolitlərin təbiətindən və temperaturdan asılıdır.

K_d - dissosiasiya sabitinin ədədi qiymətinə əsasən verilmiş həlledicidə maddə molekullarının davamlılığı, elektrolitlərin zəif və ya qüvvətli olmaları haqqında fikir yürüdülür. Onun kiçik olması dissosiasiyanın az, böyük olması isə dissosiasiyanın çox getməsini göstərir.

Deməli, K_d-nin qiyməti nə qədər böyük olarsa, elektrolit bir o qədər güclü dissosiasiya etmiş olur.

Dissosiasiya dərəcəsi (α) ilə dissosiasiya sabiti (K_d) arasında asılılığı sirkə turşusunun dissosiasiyası misalında araşdıraq.

Sirkə turşusunun başlanğıc qatılığı C, dissosiasiya dərəcəsi α ilə işarə edilsə, onun dissosiasiya etmiş molekullarının sayı $\alpha \cdot C$ olacaqdır. Bu turşunun hər bir molekulu dissosiasiya etdikdə, aşağıdakı tənlik üzrə, bir anion və bir kation alınır:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

Aydındır ki, CH_3COO^- və H^+ ionlarının tarazlıq qatılıqları eyni olmaqla $\alpha \cdot C$ hasilinə bərabərdir. Dissosiasiya etməmiş molekulların qatılığı isə $C-\alpha \cdot C$ fərqilə müəyyən edilir.

Yuxarıda deyilənlər nəzərə alındıqda dissosiasiya sabitinin ifadəsi belə yazılır:

$$K_d = \frac{[CH_3COOH^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{\alpha \cdot C \cdot \alpha \cdot C}{C - \alpha \cdot C} = \frac{C^2 \alpha^2}{C(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1-\alpha}$$

$K_d = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1-\alpha}$ bu tənlik Ostvaldın durulaşdırma qanununun riyazi ifadəsidir. Çox zəif elektrolitlər üçün $\alpha << 1$ olduğundan, həmin tənlik aşağıdakı şəkildə yazılır.

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}$$

Bu düsturdan aydındır ki, qatılıq artdıqca dissosiasiya dərəcəsi azalır.

Əgər zəif elektrolitin qatılığını 100 dəfə azaltsaq dissosiasiya dərəcəsi 10 dəfə artar.

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{\frac{C}{100}}} = \sqrt{\frac{K_d \cdot 100}{C}} = 10\sqrt{\frac{K_d}{C}}$$

Qüvvətli elektrolitlərin xassələrini miqdarca xarakterizə etmək üçün ionların "aktiv qatılığı" və yaxud sadəcə olaraq ionların "aktivliyi" anlayışdan istifadə edilir.

İonların "aktiv qatılığı" (α) həqiqi (analitik) qatılıqla (C) düz mütənasibdir:

$$\alpha = fC$$

İonların aktiv qatılığı məhlulun xassələrinə tə'sir göstərən və kimyəvi reaksiyalarda iştirak edən effektiv qatılıqlardır. Burada f aktivlik əmsalı olub, elektrolit məhlullarının ideal məhlul qanunlarından (Vant-Hoff və Raul qanunları) kənara çıxmasını və ionların qarşılıqlı tə'sirini səciyyələndirir. Aktivlik əmsalı temperaturdan və maddənin təbiətindən asılıdır.

İonların aktiv qatılığı həqiqi qatılıqdan az olur. Məsələn, 0,1M HCl məhlulunun aktiv qatılığı $\alpha = fC = 0{,}8 \cdot 0{,}1 = 0{,}08M$ alınır. Bu,o deməkdir ki, məhlul özünü 0,08M məhlul kimi aparır. Məhlulu durulaşdırdıqda ionlararası qarşılıqlı tə'sir zəifləyir, aktivlik əmsalının qiyməti vahidə, aktiv qatılıq isə həqiqi qatılığa yaxınlaşır. Bu səbəbdən durulaşdırılmış məhlullarda $\alpha \approx C$ alınır.

Elektrolitlərin qatı məhlulları kimyanın bir sıra qanunlarına (kütlələrin tə'siri qanununa, Vant-Hoff və Raul qanunlarına və s.) tabe olmur. Lakin xatırladılmış qanunların riyazi tənliklərində həqiqi qatılıq aktiv qatılıqla əvəz edildikdə, bu qanunlar həmin məhlullara da tətbiq olunar. Bu məqsədlə aktivlik əmsalının qiymətini müəyyən etmək üçün məhlulun "ion qüvvəsi" anlayışından istifadə olunur. Məhlulun ion qüvvəsi (μ_u) məhlulda olan bütün ionların qatılığı (Ci) ilə yükünün (Zi) kvadratı hasili cəminin yarısına bərabərdir:

$$\mu_u = 1/2 \Sigma Ci \cdot Zi^2$$

Məhlulun ion qüvvəsinin kiçik ($\mu_u < 0{,}1$) və böyük qiymətlərinə uyğun olaraq aktivlik əmsalı aşağıdakı riyazi formullarla hesablanır:

$\mu_u < 0{,}1$ olduqda; $\lg f = -0{,}5Z^2\sqrt{\mu_u}$; $\mu_u > 0{,}1$ olduqda,

$$\lg f = \frac{-0{,}5Z^2\sqrt{\mu_u}}{1+\sqrt{\mu_u}}.$$

Qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya sabitinin düsturunda qatılıq əvəzinə aktiv qatılıq götürüldükdə dissosiasiya sabitinin qiyməti dəyişməz qalır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$KA \rightleftarrows K^+ + A^-$$

$$K_d = \frac{C_{K^+} \cdot C_{A^-}}{C_{KA}} = \frac{\alpha_{K^+} \cdot \alpha_{A^-}}{\alpha_{KA}} = \frac{fC_{K^+} \cdot fC_{A^-}}{fC_{KA}}$$

Beləliklə, bu qanun nəinki zəif, həm də qüvvətli elektrolitlərə tətbiq edilməklə onlar üçün də dissosiasiya sabiti hesablanır.

Həllolma hasili. Bərk maddələrin həllolma və ya əmələgəlmə proseslərində kristal ilə doymuş məhluldan ibarət iki fazalı heterogen sistem yaranır. Belə sistemlərdə fazalar arasında heterogen tarazlıq bir-birinə əks, yönəlmiş proseslərin (kristallaşma və həllolma) müxtəlifliyindən və vəhdətindən ibarətdir: çöküntü doymuş məhlul.

Dinamik tarazlıqda olan çöküntü doymuş məhlul sistemi həllolma hasili ilə xarakterizə olunur. Həmin anlayış çətin həll olan çöküntü $BaSO_4$ misalında izah edilir. Barium sulfat çöküntüsü və onun doymuş məhlulundan ibarət sistemdə bərk fazanı təşkil edən $BaSO_4$ kristalları ilə həll olma nəticəsində məhlula keçmiş Ba^{+2} və SO_4^{-2} ionları arasında dinamik tarazlıq yaranır:

$$\underset{\text{çöküntü}}{BaSO_4} \rightleftarrows \underset{\substack{\text{doymuş məhlul} \\ \text{(maye faza)}}}{Ba^{+2} + SO_4^{-2}}$$

Verilmiş sistemə kütlələrin tə'siri qanunu tətbiq edildikdə tarazlıq sabitinin ifadəsi alınar:

$$K_T = \frac{[Ba^{+2}][SO_4^{-2}]}{[BaSO_4]} \text{ və ya } K_T = \frac{C_{Ba^{+2}} C_{SO_4^{-2}}}{C_{BaSO_4}}$$

Burada $[Ba^{+2}]$ və $[SO_4^{-2}]$, uyğun olaraq Ba^{+2} və SO_4^{-2} ionlarının, $[BaSO_4]$ isə bərk fazanın qatılığıdır. K_T - tarazlıq sabitidir.

Çöküntünün miqdarı onun həll olmuş miqdarından çox-çox artıqdır. Ona görə $[BaSO_4]$ və ya C_{BaSO_4} sabit hesab olunur.

Bu halda $K \cdot C_{BaSO_4}$ hasili də (və ya $K \cdot [BaSO_4]$) sabit olacaqdır. Deyilənlər nəzərə alındıqda yuxarıdakı düstur aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$[Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = K_T \cdot [BaSO_4] = \text{const}$$

Düsturdan görünür ki, ionların qatılıqları hasili sabit kəmiyyətdir.

Deməli, çətin həll olan çöküntülərin doymuş məhlullarında ionların molyar qatılıqlarının hasili sabit kəmiyyət olub, **həllolma hasili** adlanır. Bu hasil hh_r ilə işarə edilir və onun riyazi ifadəsi A_mB_n birləşməsi üçün ümumi şəkildə belə yazılır:

$$A_mB_n \rightleftarrows [A^+]^m + [B^-]^n$$

$$hh_r = [A^+]^m \cdot [B^-]^n \text{ və ya } hh_r = C_{A^+}{}^m \cdot C_{B^-}{}^n$$

Xüsusi halda barium-sulfat çöküntüsü üçün:

$$hh_{BaSO_4} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] \text{ və ya } hh_{BaSO_4} = C_{Ba^{+2}} \cdot C_{SO_4^{-2}}$$

Həllolma hasili tarazlıq sabiti kimi yalnız temperaturdan və maddənin təbiətindən asılı olduğu halda, qatılıqdan asılı deyildir. Həll olması nisbətən çox olan çöküntülərin həllolma hasilini hesabladıqda yuxarıdakı düsturda analitik qatılıq (C) aktiv qatılıqla (a) əvəz edilməlidir.

Bir sıra çətin həll olan maddələrin həllolma hasili aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 13

Bə'zi maddələrin həllolma hasili (25°C-də)

Maddə	h h	Maddə	h h
$CaSO_4$	$6{,}1 \cdot 10^{-5}$	$CaCO_3$	$9{,}3 \cdot 10^{-9}$
$PbSO_4$	$2{,}2 \cdot 10^{-8}$	ZnS	$1 \cdot 10^{-23}$
$BaSO_4$	$1{,}1 \cdot 10^{-10}$	CuS	$6 \cdot 10^{-36}$
AgCl	$1{,}8 \cdot 10^{-10}$	HgS	$1 \cdot 10^{-52}$
AgBr	$4{,}4 \cdot 10^{-13}$	Bi_2S_3	$7{,}1 \cdot 10^{-61}$
AgJ	$1{,}5 \cdot 10^{-16}$	$Cu(OH)_2$	$2{,}2 \cdot 10^{-20}$
		$Zn(OH)_2$	$1 \cdot 10^{-17}$

Həllolma hasilinə əsasən çöküntünün əmələ gəlməsini və ya həll olmasını müəyyən etmək mümkündür. Belə ki, məhlulda ionlarının qatılıqları hasili həllolma hasilindən az alındıqda ($C_K + . C_A - > hh_r$) çöküntü həll olmağa başlayır. Hər iki halda proses məhlul doymuş hala çatincaya qədər, yə'ni $C_K + \cdot C_A - = hh$ olana qədər davam edir.

Çöküntü - doymuş məhlul sisteminin tarazlığı pozulduqda çöküntünün həll olması və ya əmələ gəlməsi üçün şərait yaranır:

1. Tarazlıqda olan ionlar kompleks və ya zəif elektrolit əmələ gətirdikdə tarazlıq çöküntünün həll olması istiqamətə yönəlir. Məsələn, AgCl-in doymuş məhluluna amonyakla tə'sir etdikdə Ag^+

ionu kompleksin daxili sferasına keçdiyindən tarazlıq sağa yönəlir və çöküntü həll olur:

$$AgCl=Ag^{+}+Cl^{-};\ Ag^{+}+2NH_3\rightarrow[Ag(NH_3)_2]^{+}$$

2. Daha çətin həll olan çöküntünün əmələ gəlməsi hesabına əvvəlki çöküntü həll olur. Məsələn, MnS çöküntüsünə mis duzları ilə tə'sir etdikdə, tarazlıq MnS-in həll olması istiqamətinə yönəlir.

$$\text{Çünki } hh_{CuS}<<hh_{MnS}$$

$$MnS=Mn^{+2}+S^{2-};\ S^{-2}+Cu^{+2}=CuS.$$

Çətin həll olan maddələri xarakterizə etmək üçün onların ya həll olmasını, ya da həllolma hasilini bilmək lazımdır. Həmin kəmiyyətlərdən biri mə'lum olduqda digərinin hesablanması mümkündür.

Belə hesablamalar aşağıdakı misalda verilmişdir.

Misal. AgCl çöküntüsünün $hh_{AgCl}=1{,}8\cdot10^{-10}$ olduğunu bilərək onun həllolma qabiliyyətini hesablamalı.

Həlli: AgCl-din dissosiasiyası aşağıdakı kimi gedir:

$$AgCl\rightleftarrows Ag^{+}+Cl^{-}$$

Görünür ki, bir Ag^{+} və bir Cl^{-} ionu alınır.

İonların qatılıqlarının bərabərliyinə əsasən ($C_{Ag^+}=C_{Cl^-}$) əsasən həllolma hasili aşağıdakı kimi yazılır:

$$C_{Ag^+}\cdot C_{Cl^-}=C^2=hh_{AgCl}=1{,}8\cdot10^{-10};\ \text{buradan}$$

$$C=1{,}35\cdot10^{-5}\ mol/l$$

İonların molyar qatılığı AgCl-in molyar qatılığına bərabər olduğundan,

$$C_{Ag^+}=C_{Cl^-}=C_{AgCl}=1{,}35\cdot10^{-10}\ mol/l \text{ olur.}$$

Deməli, AgCl-din həll olması $1{,}35\cdot10^{-5}$ mol/l-ə bərabərdir. Bunu qramlarla ifadə etsək, yə'ni AgCl-din miqdarını onun molekul kütləsinə vursaq $1{,}35\cdot10^{-5}\cdot143{,}34=1{,}93\cdot10^{-3}$ q/l olar.

Reaksiyaların ion tənlikləri. İon reaksiyalarının dönməzlik şərtləri

Elektrolitlərin suda məhlullarının qarşılıqlı tə'sirinə ion reaksiyaları deyilir. Bu reaksiyaların tənlikləri isə *ion tənlikləri* adlanır.

İon tənliklərini tərtib edərkən aşağıdakı qaydalara əməl edilir:

1. Reaksiya tənliyi molekulyar şəkildə yazılır;
2. Az dissosiasiya edən, az həll olan (çökən) və qaz halında olan maddələr molekulyar formada yazılır;
3. Qüvvətli elektrolitlər tamamilə dissosiasiya etmiş maddələr kimi ion şəklində yazılır;
4. Tənliyin sol tərəfindəki ionların yüklərinin cəmi sağ tərəfdəki ionların yüklərinin cəminə bərabər olmalıdır.

Məsələn, gümüş-nitratın $AgNO_3$ və kalium-xloridin KCl arasında gedən reaksiyanın tənliyi molekulyar formada belə yazılır.

$$AgNO_3+KCl=AgCl\downarrow+KNO_3$$

Yaxşı dissosiasiya edən maddələri ion formasında, reaksiya mühitindən çıxan maddələri isə molekulyar formada yazaq:

$$Ag^++NO_3^-+K^++Cl^-=AgCl\downarrow+K^++NO_3^-$$

Bu, reaksiyanın tam ion tənliyidir.

Tənliyin hər iki tərəfindən reaksiyada iştirak etməyən ionları ixtisar etsək, reaksiyanın qısa ion tənliyini alarıq:

$$Ag^++Cl^-=AgCl\downarrow$$

Əgər ion reaksiyaları zamanı ionların yükü dəyişmirsə bu reaksiyalara ion-mübadilə reaksiyaları deyilir.

İon-mübadilə reaksiyaları dörd halda axıra qədər gedir.

1. Çöküntü alınarsa,

$$Na_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4\downarrow+2KCl$$
$$2Na^++SO_4^{-2}+Ba^{+2}+2Cl^-=BaSO_4\downarrow+2K^++2Cl^-$$
$$Ba^{+2}+SO_4^{-2}=BaSO_4\downarrow$$

2. Zəif dissosiasiya edən maddə alınarsa,

$$2NaOH+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O$$
$$2Na^++2OH^-+2H^++SO_4^{-2}=2Na^++SO_4^{-2}+H_2O$$
$$2OH^-+2H^+=H_2O$$

3. Qaz halında maddə alınarsa,

$$Na_2CO_3+H_2SO_4=Na_2SO_4+CO_2\uparrow+H_2O$$
$$2Na^++CO_3^{-2}+2H^++2SO_4^{-2}=2Na^++SO_4^{-2}+CO_2\uparrow+H_2O$$
$$CO_3^{-2}+2H^+=CO_2\uparrow+H_2O$$

4. Kompleks birləşmə əmələ gələrsə

$$CuSO_4+5H_2O+4NH_3=[Cu(NH_3)_4]SO_4+5H_2O$$
$$[Cu(H_2O)_4]^{+2}+SO_4^{-2}+4NH_3+H_2O=[Cu(NH_3)_4]^{2+}+SO_4^{-2}+5H_2O$$
$$[Cu(H_2O)_4]^{2+}+4NH_3=[Cu(NH_3)_4]^{2+}+4H_2O$$

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi baxımından turşular, əsaslar və duzlar

Dissosiasiya zamanı kation kimi yalnız hidrogen kationu əmələ gətirən elektrolitlərə turşular deyilir. Məsələn, aşağıdakı üç maddədən yalnız birinci ikisi turşudur, sonuncu isə turş duzdur.

1. $HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$
2. $CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$
3. $NaHSO_4 \rightleftarrows Na^+ + H^+ + SO_4^{-2}$

Turşuların əsaslığı dissosiasiya zamanı əmələ gələn hidrogen kationlarının sayı ilə müəyyən edilir. Belə ki, HCl, HNO_3 - birəsaslı, H_2S, H_2CO_3, H_2SO_4 ikiəsaslı, H_3PO_4, H_3AsO_4 - üçəsaslı turşudur.

İki- və üçəsaslı turşular mərhələlərlə dissosiasiya edir, məsələn,

$H_2SO_4 \rightleftarrows H^+ + HSO_4^-$
$HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{-2}$
$H_3PO_4 \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^-$ $K_1=7,6\cdot10^{-3}$
$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + HPO_4^{-2}$ $K_2=5,9\cdot10^{-8}$
$HPO_4^{-2} \rightleftarrows H^+ + PO_4^{-3}$ $K_3=3,5\cdot10^{-13}$

H_3PO_4, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2} sırasında H^+ ionunun qopması soldan sağa doğru çətinləşdiyindən K_d-nin qiyməti də buna uyğun olaraq azalır.

Ümumi dissosiasiya sabiti (K_d) mərhələlərin dissosiasiya sabitlərinin hasilinə bərabərdir:

$$K_d=K_1\cdot K_2\cdot K_3$$

Dissosiasiya sabitlərinin müqayisəsindən görünür ki, çoxəsaslı turşuların dissosiasiyası əsas e'tibarilə 1-ci mərhələdə gedir.

Turşuların xassələri (turş dadı, indikatorlara tə'siri və s.) mühitdə hidratlaşmış hidrogen ionlarının H_3O^+ olmasının nəticəsidir.

Dissosiasiya zamanı anion kimi yalnız hidroksid anionları əmələ gətirən elektrolitlərə əsaslar deyilir. Məsələn, aşağıdakı üç maddədən yalnız 1-ci ikisi əsasdır, sonuncu isə əsasi duzdur.

1. $NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-$
2. $NH_4OH \rightleftarrows NH^+ + OH^-$
3. $Al(OH)Cl_2 \rightleftarrows Al^{3+} + OH^- + 2Cl^-$

Suda həll olan əsaslara *qələvilər* deyilir. Qələvi və qələvi-torpaq metalların hidroksidləri, həmçinin ammonium-hidroksid qələvidir.

Əsasların turşuluğu hidroksid qruplarının sayı ilə müəyyən edilir. Məsələn, NaOH, KOH, NH_4OH - birturşulu, $Mg(OH)_2$; $Ca(OH)_2$ - ikiturşulu, $Al(OH)_3$; $Fe(OH)_3$ - üçturşulu əsasdır. İkivə çox turşulu əsaslar mərhələlərlə dissosiasiya edir.

$Ba(OH)_2 \rightleftarrows BaOH^+ + OH^-$ $\quad$ $Ca(OH)_2 \rightleftarrows CaOH^+ + OH^-$

$BaOH^+ \rightleftarrows Ba^{+2} + OH^-$ $\quad$ $CaOH^+ \rightleftarrows Ca^{+2} + OH^-$

Dissosiasiya zamanı həm H^+, həm də OH^- ionları əmələ gətirən elektrolitlərə *amfoter hidroksidlər* deyilir. H_2O; $Zn(OH)_2$; $Al(OH)_3$; $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ və s. bunlara misal ola bilər.

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

$$2OH^- + Zn^{+2} \rightleftarrows Zn(OH)_2 \xrightarrow{+2H_2O} [Zn(OH)_4]^{-2} + 2H^+$$

Dissosiasiya zamanı metal kationları (həmçinin NH_4^+ kationu) və turşu qalığı anionları əmələ gətirən elektrolitlərə *duzlar* deyilir.

$$Na_3PO_4 \rightleftarrows 3Na^+ + PO_4^{-3}$$

$$(NH_4)_2SO_4 \rightleftarrows 2NH_4^+ + SO_4^{-2}$$

Turş və əsasi duzlar mərhələlərlə dissosiasiya edir:

$$NaH_2PO_4 \rightleftarrows Na^+ + H_2PO_4^-$$

$$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + HPO_4^{-2}$$

$$HPO_4^{-2} \rightleftarrows H^+ + PO_4^{-3}$$

$$Mg(OH)Cl \rightleftarrows MgOH^+ + Cl^-$$

$$MgOH^+ \rightleftarrows Mg^{+2} + OH^-$$

İkiqat və qarışıq duzlar normal duzlar kimi birbaşa dissosiasiya uğrayır:

$$KAl(SO_4)_2 \rightleftarrows K^+ + Al^{+3} + 2SO_4^{-2}$$

$$Ca(OCl)Cl \rightleftarrows Ca^{+2}+OCl^{-}+Cl^{-}$$

Kompleks duzlar xarici və daxili sferanın ionlarına çox asanlıqla dissosiasiya edir:

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 4K^{+}+[Fe(CN)_6]^{4-}$$
$$K_3[Fe(CN)_6] \rightleftarrows 3K^{+}+[Fe(CN)_6]^{3-}$$

Daxili sfera isə çətin dissosiasiya edir.

Suyun elektrolitik dissosiasiyası

Suyun ion hasili. Saf su çox zəif də olsa elektrik keçiriciliyinə malikdir və onun bu xassəsi temperatur artdıqca güclənir. Suyun qeyri-elektrolit olmasına baxmayaraq, dəqiq fiziki üsullarla onun elektrik keçiriciliyi müəyyən edilir.

Suyun elektrik keçiriciliyinin az olması onun zəif dissosiasiya etməsilə izah olunur:

$$H_2O \rightleftarrows H^{+}+OH^{-} \text{ və ya } 2H_2O \rightleftarrows H_3O^{+}+OH^{-}$$

Verilmiş ion tarazlığına kütlələrin tə'siri qanunu tətbiq edildikdə dissosiasiya sabitinin ifadəsi alınar:

$$K_d=\frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}=1{,}8\cdot10^{-16}$$

Su molekulları çox az dissosiasiya etdiyindən onun qatılığı $[H_2O]$ praktiki olaraq dəyişməz qalır. Bu halda $K_d\cdot[H_2O]$ hasili də sabit kəmiyyət kimi K_W ilə işarə edilir və yuxarıdakı düstur aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$[H^+][OH^-]=K_d\cdot[H_2O]=K_W$$

K_W sabit kəmiyyət olduğundan H^+ və OH^- ionlarının qatılıqlarının hasili də sabit kəmiyyətdir.

$$K_W=[H^+]\cdot[OH^-]$$

Bu düstura əsasən sabit temperaturda hidrogen və hidroksil ionlarının qatılıqları hasili sabit kəmiyyət olub, *suyun ion hasili* adlanır.

Bu hasil qatılıqdan asılı deyildir, lakin temperaturun tə'sirindən dəyişir. K_W-ni hesablamaq üçün K_d və $[H_2O]$-dan istifadə edilir.

Müəyyən edilmişdir ki, 22°C-də suyun dissosiasiya sabiti $K_d=1,8\cdot10^{-16}$-dır. $[H_2O]$-nun qiymətini tapmaq üçün 1 litr suyun kütləsi onun molekul kütləsinə bölünür:

$$[H_2O]=1000/18=55,5 \text{ mol/}l$$

Beləliklə, K_W və $[H_2O]$-ya əsasən suyun ion hasili hesablanır:

$K_W=K_d\cdot[H_2O]=1,8\cdot10^{-16}\cdot55,5\approx10^{-14}$ və ya $K_W=[H^+]\cdot[OH^-]=10^{-14}$.

Bu ifadəyə görə 22°C-də suyun ion hasili 10^{-14}-ə bərabərdir. Bu o deməkdir ki, ionlardan birinin qatılığı dəyişdikdə digəri elə dəyişir ki, hasil həmişə sabit qalmaqla 10^{-14}-ə bərabər olur.

Suyun ion hasilindən istifadə edərək OH^- ionlarının mə'lum qatılığına əsasən H^+ ionlarının qatılığını və əksinə hesablamaq mümkündür. Təmiz suda həmin ionların qatılığı eyni olub 10^{-7} mol/l-ə bərabərdir:

$$[H^+]=[OH^-]=\sqrt{10^{-14}}=10^{-7} \text{ mol/}l.$$

$$[H^+]=\frac{K_W}{[OH^-]}=\frac{10^{-14}}{[OH^-]};\quad [OH^-]=\frac{K_W}{[H^+]}=\frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

Məsələn, maddənin suda məhlulunda $[H^+]=10^{-6}$ mol/*l*-dirsə, o zaman

$$[OH^-]=10^{-14}/[H^+]=10^{-14}/10^{-6}=10^{-8} \text{ mol/}l \text{ olur.}$$

Temperatur artdıqca suyun ion hasili K_W, H^+ və OH^- ionlarının qatılığı artır. Bu onunla izah olunur ki, temperatur yüksəldikcə suyun dissosiasiyası güclənir. Nəticədə H^+ və OH^- ionlarının qatılıqlarının eyni zamanda çoxalması K_W-nin qiymətini artırar.

Hidrogen göstəricisi. Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə əsasən məhlulda H^+ ionları turşuluq, OH^- ionları isə əsaslıq xassələri yaradır. Deməli, həmin ionların qatılıqlarının müəyyən nisbətində mühit neytral, turş və yaxud əsasi olacaqdır. Bu ionların bərabər qatılığında $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$ neytral, H^+ ionlarının artığında ($[H^+]>[OH^-]$) turş, OH^- ionlarının artığında isə $[OH^-]>[H^+]$ əsasi mühit yaranır.

Hidrogen və hidroksid ionlarının qatılığını mənfi üstlü ədədlərlə göstərmək müəyyən çətinlik törədir. Odur ki, sadəlik üçün mühitin turşuluğunu və ya əsaslığını xarakterizə etmək

üçün hidrogen göstəricisi adlanan pH (pe-haş) anlayışından istifadə edilir.

pH hidrogen ionları qatılığının mənfi işarə ilə götürülmüş onluq loqarifmin qiymətinə bərabərdir və riyazi şəkildə belə yazılır:

$$pH = - \lg[H^+]$$

Neytral mühitdə $[H^+]=10^{-7}$ olduğundan $pH=-\lg10^{-7}=7$; turş mühitdə $[H^+]>10^{-7}$ və $pH<7$, əsasi mühitdə isə $[H^+]<10^{-7}$ olduğundan $pH>7$ qiymətlərini alır.

Bə'zən hidroksid ionu göstəricisi olan pOH-dan da istifadə olunur. pH və pOH arasında aşağıdakı əlaqə vardır.

$[H^+]\cdot[OH^-] = 10^{-14}$ olduğundan $pH+pOH=14$ alınır.

$[H^+]$ ilə pH-ın qiymətlərinə uyğun olaraq mühitin dəyişməsi aşağıdakı şkalada göstərilmişdir:

$[H^+]$ mol/l	10^0	10^{-3}	.....	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	.....	10^{-10}	10^{-14}
pH	0	3		5	6	7	8		10	14
Mühitin xarakteri	turş mühit pH<7					neytral mühit pH=7	əsasi mühit pH>7			

pH-ın ədədi qiyməti kiçildikcə mühitin turşuluğu artır, əsaslığı isə azalır.

İndikatorlar. Kimyəvi mühitin dəyişməsi ilə rəngini dəyişən maddələrə *indikatorlar* deyilir. İndikatorların rənginin dəyişməsi müxtəlif proseslərlə əlaqədardır. Həmin proseslərə uyğun olaraq indikatorlar müxtəlif növlərə ayrılır. Bunlardan turşuəsasi, metal-xrom və oksidləşmə-reduksiya indikatorlarını göstərmək olar. Ən çox istifadə olunan turşu-əsasi indikatorlardır. Belə indikatorların rənginin dəyişməsi mühitin pH-nın dəyişməsindən asılıdır, çünki həmin indikatorlar ya zəif turşu, ya da zəif əsasi xassə göstərən dəyişən quruluşlu üzvi birləşmələrdir.

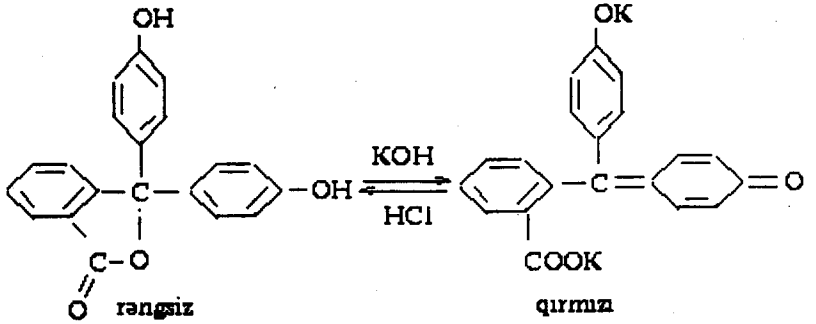
Sadəlik üçün turşu xassəli indikatorlar HInd, əsasi xassələr isə IndOH formulları şəklində yazılır.

İndikatorlar zəif elektrolitlər kimi dissosiasiya edərək, məhlulda həm molekul, həm də ionlar halında olurlar:

$$HInd \rightleftarrows H^+ + Jnd^-;\ IndOH \rightleftarrows Ind^+ + OH^-$$

pH-dan asılı olaraq indikatorun rənginin dəyişməsi onun molekul və ya ion halında qurluşunun dəyişməsilə müəyyən edilir.

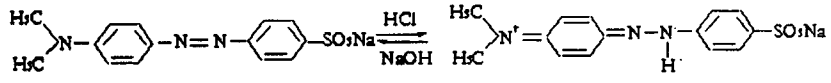
Məsələn, turş və ya əsasi mühitə uyğun olaraq, zəif turşu xassəsi göstərən fenolftaleinin qurluşu və bununla əlaqədar rəngi dəyişir:



pH>10 olduqda fenolftalein moruğu rəngli pH<8 olduqda rəngsiz olur. Lakmusun rənginin dəyişməsi pH-ın müəyyən qiymətləri arasında baş verir. Məsələn, pH<6 olduqda bənövşəyi rəngə malik olan lakmus qırmızı, pH>8 olduqda göy rəngə çevrilir. pH-ın qiyməti 6÷8 arasında olduqda lakmusun rəngi dəyişmir.

Narıncı metiloranj pH<4 olduqda çəhrayı, pH>5 olduqda sarı rəng alır. pH-ın qiyməti 4-5 arasında olduqda metiloranj öz narıncı rəngini saxlayır.

Metiloranjın turş və əsasi mühitdə molekul qurluşunun dəyişmə sxemi aşağıda verilmişdir:



Mühitin pH-dan asılı olaraq bə'zi indikatorların rənglərinin dəyişməsi aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 14

Bə'zi indikatorların rəng dəyişmə intervalı

İndikatorlar	Rəngin dəyişmə intervalı pH	Rəngi	
		turş mühit	əsasi mühit
1	2	3	4
Lakmus	6,0 - 8,0	qırmızı	göy
Fenolftalein	8,2 - 10,0	rəngsiz	qırmızı

1	2	3	4
Timolftalein	9,4 - 10,6	rəngsiz	göy
Fenolrot	6,8 - 8,4	sarı	qırmızı
Metiloranj	3,1 - 4,4	çəhrayı	sarı
Metilrot	4,2 - 6,3	qırmızı	sarı

Məhlulun pH-nı dəqiq tə'yin etmək üçün universal indikatorlardan istifadə edilir.

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə aid nümunəvi məsələ həlli

Q e y d: Əgər məhlulda ionlaşma baş vermişdirsə elektrolit məhlulunun vahid həcmində olan hissəciklərin (molekulların) sayı ionlaşma baş vermiş məhlulun həmin həcmindəki hissəciklərin (molekul və sərbəst ionlar) sayından az olacaqdır. Bu da məhlulların bir sıra xassələrinin kəmiyyətcə ifadəsinə tə'sir edir. Bu zaman,

$$\frac{\pi^1}{\pi^2}=\frac{\Delta P_1}{\Delta P}=\frac{\Delta t^1{}_{don}}{\Delta t_{don}}=\frac{\Delta t^1{}_{qay}}{\Delta t_{qay}}=i$$

burada π^1 - osmotik təzyiqin, ΔP^1 - buxar təzyiqinin azalmasını, Δt^1_{don} və Δt^1_{qay} - donma temperaturunun azalmasını və qaynama temperaturunun artmasını göstərir. π, ΔP, Δt_{don} və Δt_{qay} isə qeyri-elektrolitlərin ekvimolekulyar məhlulunun anoloji qiymətlərini göstərir.

i - *izotonik əmsal* və ya *Vant-Hoff əmsalı* adlanır.

Yuxarıdakı tənlikdən alırıq ki,

a) elektrolit məhlullarının osmotik təzyiqi

$$\pi^1=i\pi=iCRT$$

burada C - məhlulun qatılığı, mol/l-lə; R - universal qaz sabiti; T - mütləq temperatur.

b) Donma temperaturunun aşağı düşməsi üçün

$$\Delta t^1_{don}=i\Delta t_{don}=i\frac{K_{krios}\cdot m1000}{ML}$$

burada K_{krios} - krioskopik sabiti; m - həllolan maddənin kütləsini, L - həlledicinin kütləsini qramlarla göstərir.

v) Qaynama temperaturunun artması üçün

$$\Delta t^1_{qay}=i\Delta t_{qay}=iCRT$$

Verilmiş elektrolit məhlulda ionlaşarkən onun dissosiasiya dərəcəsi, izotonik əmsalı ı və ionların sayı arasında aşağıdakı nisbət vardır ki, bu

da təcrübə ilə əldə edilmiş nəticələrə əsasən elektrolitin ionlaşma dərəcəsini hesablamağa imkan verir:

$$\alpha=\frac{i-1}{K-1}$$

burada K bir molekulun əmələ gətirdiyi ionların sayını göstərir.

Məsələ 1. Əgər 0^0C-də məhlulun osmotik təzyiqi 68,1 atm-dirsə, onda 2M NaCl məhlulunun dissosiasiya dərəcəsini hesablayın.

Həlli:

Osmotik təzyiqin düsturuna əsasən izotonik əmsalı tapaq.

$\pi^1=\imath CRT$
C=2M
R=0,082
T=273+0^0=273K
π^1=68,1 atm.

$$i=\frac{\pi}{CRT}$$

$$i=\frac{68,1}{2\cdot0,082\cdot273}=1,52$$

Sonra aşağıdakı düsturdan istifadə edərək dissosiasiya dərəcəsini hesablamaq olar

$$\alpha=\frac{i-1}{K-1}=\frac{1,52-1}{2-1}=\frac{0,52}{1}=0,52$$ və ya 52%

Məsələ 2. 8 *l* məhlulda 1 mol KBr vardır. 0^0C-də məhlulun osmotik təzyiqi 5,56 atm-dir. α-nı tapın.

Həlli:

$\pi^1=5,56$
V=8 *l*
ν=1 mol
$C=\frac{\nu}{V}=\frac{1}{8}=0,125M$
T=273+0^0=273K
α=?

$\pi^1=\imath CRT$ düsturundan

$$i=\frac{\pi^1}{CRT}=\frac{5,56}{0,125\cdot0,082\cdot273}=\frac{5,56}{2,798}=1,99$$

$$\alpha=\frac{1,99-1}{2-1}=\frac{0,99}{1}=0,99$$ və ya 99%

Məsələ 3. 150 q suda 20 q qlükoza həll edilmişdir. Su buxarının təzyiqi 55^0C-də 117,9 mm.c.süt-dür. Həmin temperaturda məhlulun buxarının təzyiqi nə qədərdir?

Həlli: Əvvəlcə su və qlükozanın mollarının sayını tapaq:

$$\nu(C_6H_{12}O_6)=\frac{m(C_6H_{12}O_6)}{M(C_6H_{12}O_6)}=\frac{20}{180}=0,11 \text{ mol } C_6H_{12}O_6.$$

$$\nu(H_2O)=\frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}=\frac{150}{18}=8,3 \text{ mol } H_2O$$

Sonra isə məhlulun buxar təzyiqini aşağıdakı düsturla hesablayaq.

$$\Delta P = P\frac{\nu(C_6H_{12}O_6)}{\nu(H_2O)} = 117{,}9\frac{0{,}11}{8{,}3} = 1{,}56$$

Məhlulun buxar təzyiqi 117,9-1,56=116,34 mm.c.süt.

Məsələ 4. 370 q efirdə $[(C_2H_5)_2O]$ 3,09 q anilin olan məhlulun 30^0C-də buxarının təzyiqi 643,6 mm.c.süt-dür. Həmin temperaturda təmiz efirin buxarının təzyiqi isə 647,9 mm.c.süt-dür. Anilinin molekul kütləsini tapın.

Həlli: Əvvəlcə efirin mollarının sayını tapaq:

$$\nu((C_2H_5)_2O) = \frac{370}{74} = 5 \text{ mol.}$$

Məhlulun buxar təzyiqini tapaq.

$$647{,}9\text{-}643{,}6 = 4{,}3 \text{ mm.c.süt.}$$

Sonra anilinin molları sayını tapaq.

$$\Delta P = P\frac{n}{N};\ n = \frac{\Delta P \cdot N}{P} = \frac{4{,}3 \cdot 5}{647{,}9} = 0{,}033.$$

Anilinin molekul kütləsi isə

$$\nu = \frac{m}{M} \text{ düsturundan, } M = \frac{m}{\nu} = \frac{3{,}09}{0{,}033} = 93 \text{ olacaq.}$$

Məsələ 5. 120 q suda 25 q saxaroza həll edilmişdir. Bu məhlulun donma və qaynama temperaturunu tapın?

Həlli: Əvvəlcə 1000 q suda həll edilmiş, saxarozanın miqdarını tapaq.

120 q suda → 25 q saxaroza həll olur

1000 q suda → X q həll olar.

$$X = \frac{1000 \cdot 25}{120} = 208{,}3 \text{ q saxaroza.}$$

Saxarozanın mollarının sayını tapaq.

$$\nu(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{m(C_{12}H_{22}O_{11})}{M(C_{12}H_{22}O_{11})} = \frac{208{,}3}{342} = 0{,}6 \text{ mol.}$$

$$C(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{\nu}{V} = \frac{0{,}6}{1} = 0{,}6M.$$

Məhlulun donma temperaturu

$\Delta t_{don} = K_{don} \cdot C = 1{,}86 \cdot 0{,}6 = 1{,}12^0$C E_{qay} - məhlulun ebuloskopiya sabitidir.

Məhlulun qaynama temperaturu

$$\Delta t_{qay} = E_{qay} \cdot C = 0{,}52 \cdot 0{,}6 = 0{,}31^0\text{C}$$

Məhlul 100+0,31=100,31^{0}C-də qaynayır.

Məsələ 6. Tərkibində 50,69% C, 4,23% H, 45,08% O olan maddənin 2,13 qramı 60 q benzolda (C_6H_6) həll edildikdə alınan məhlul 4,2^{0}C-də donur. Təmiz benzolun donma temperaturu 5,5^{0}C-dir. Maddənin formulunu tapın.

Həlli: Əvvəlcə 1000 q benzolda həll olan maddənin miqdarını tapaq.

60 qr C_6H_6-də → 2,13 q həll olursa
1000 qr C_6H_6-da → X q həll olar | X=35,5 q.

Sonra isə benzolda həll olan maddənin molekul kütləsini tapaq.

$$\Delta t=K_{don}\cdot C=K_{don}\frac{m}{M}$$

$$\Delta t=(5,5-4,2)=1,3;\ M=\frac{K_{don}m}{\Delta t}=\frac{5,2\cdot 35,5}{1,3}=142$$

Maddənin sadə formulunu tapaq CxHyOz

$$12x:y:16z=50,69:4,23:45,08$$

$$x:y:z=\frac{50,69}{12}:\frac{4,23}{1}:\frac{45,08}{16}=4,23:4,23:2,82=3:3:2$$

Maddənin sadə formulu $C_3H_3O_2$-dir.

$$M(C_3H_3O_2)=142$$

Birləşmənin həqiqi formulu isə

$(C_3H_3O_2)_n$ n=2 olduqda. $C_6H_6O_4$-dür.

Məsələ 7. 250 q suda 50 q saxarozanı həll etdikdə alınan məhlul -2^{0}C-də donur. Bu məhlulun izotonik əmsalını tapın.

Həlli: 1000 q suda saxarozanın mollarının sayını tapaq.

250 q H_2O-da → 50 q saxaroza həll olur
1000 q-da → X q saxaroza həll olar.

$$X=\frac{1000\cdot 50}{250}=200\ \text{q.};\qquad \nu=\frac{m(C_{12}H_{22}O_{12})}{M(C_{12}H_{22}O_{12})}=\frac{200}{342}=0,58\ \text{mol.}$$

Məhlulun donma temperaturunun nəzəri olaraq neçə dərəcə aşağı düşdüyünü hesablayaq.

$$\Delta t_{don}=1,86\cdot 0,585=1,08^0C.$$

Məsələnin şərtinə görə Δt^1=-2^{0}C olduğunu nəzərə alıb, izotonik əmsalı tapaq.

$$i=\frac{\Delta t^1}{\Delta t}=\frac{2}{1,08}=1,85$$

Məsələ 8. 250 q suda 70 q K_2SO_4 olan məhlul -5,2°C-də donur. Duzun zahiri dissosiasiya dərəcəsini tapın.

Həlli: Əvvəlcə 1000 qr suda K_2SO_4-ün mol miqdarını tapaq.

250 q suda → 70 q K_2SO_4
1000 q suda → X q. K_2SO_4 olar. | X=280 q K_2SO_4

$$\nu(K_2SO_4)=\frac{m(K_2SO_4)}{M(K_2SO_4)}=\frac{280}{174}=1,6 \text{ mol } K_2SO_4$$

Nəzəri olaraq məhlulun donma temperaturunu hesablayaq.

$$\Delta t=1,86\cdot 1,6=2,98^0.$$

K_2SO_4-ün izotonik əmsalını tapaq.

$$i=\frac{\Delta t^1}{\Delta t}=\frac{5,2}{2,98}=1,7$$

K_2SO_4 aşağıdakı kimi dissosiasiya edir.

$$K_2SO_4 \rightleftarrows 2K^+ + SO_4^{-2}$$

Buradan görünür ki, duz dissosiasiya edərkən üç ion (K=3) əmələ gəlir.

$$\alpha=\frac{i-1}{K-1}=\frac{1,7-1}{3-1}=\frac{0,7}{2}=0,35 \text{ və ya } 35\%$$

Misal 9. 1000 q suda 85 q K_2CO_3 olan məhlulda duzun dissosiasiya dərəcəsi 30%-dirsə, bu məhlul hansı temperaturda donar?

Həlli: Əvvəlcə 1000 q suda həll olan K_2CO_3-ın molları sayını tapaq.

$$\nu(K_2CO_3)=\frac{m(K_2CO_3)}{M(K_2CO_3)}=\frac{85}{138}=0,62 \text{ mol } K_2CO_3.$$

K_2CO_3-ın zahiri dissosiasiya dərəcəsinə əsasən duzun izotonik əmsalını hesablayaq.

$$K_2CO_3 \rightleftarrows 2K^+ + CO_3^{-2}$$

$$\alpha=\frac{i-1}{K-1};\ i=1+\alpha(K-1)=1+0,3(3-1)=1,6$$

K_2CO_3-ın donma temperaturu aşağıdakı kimi olar:

$$\Delta t_{don}=1,86\cdot 0,62=1,15$$

Məhlulun donma temperaturu isə $i=\frac{\Delta t^1}{\Delta t}$ düsturundan $\Delta t^1=i\cdot\Delta t$

$$\Delta t^1_{don}=1,15\cdot1,6=-1,84^0C.$$

Məsələ 10. 0,35N $CaCl_2$ məhlulunda duzun zahiri dissosiasiya dərəcəsi 65%-dirsə, bu məhlulda Ca^{+2} və Cl^- ionlarının qatılığını tapın.

Həlli: $CaCl_2$ aşağıdakı kimi dissosiasiya edir:

$$CaCl_2 \rightleftarrows Ca^{+2}+2Cl^-$$

tənliyə əsasən məhlulda ionların qatılığını tapaq:

$$[Ca^{+2}]=0,35\cdot0,65=0,23 \text{ q-ion/}l$$

$$[Cl^-]=2\cdot0,23=0,46 \text{ q-ion/}l.$$

Misal 11. 0,1N sirkə turşusunun dissosiasiya sabiti $1,7\cdot10^{-5}$-dir. Məhlulun dissosiasiya dərəcəsini tapın.

Həlli:

$$\alpha=\sqrt{\frac{K}{C}}=\sqrt{\frac{1,7\cdot10^{-5}}{0,1}}=0,013 \text{ və ya } 1,3\%$$

Misal 12. Məhlulda hidrogen ionlarının qatılığı 0,004 mol/*l*-dir. Məhlulun pH-nı tapın.

Həlli: $pH=-lg[H^+]=-lg4\cdot10^{-3}=-3+0,6021=2,4$

Misal 13. Məhlulun pH=4,87-dir. Məhlulda hidrogen və hidroksil ionlarının qatılığını müəyyən edin.

Həlli: $-lgx=4,87$; $4,87=-5+0,13$

Antiloqarifmlər cədvəlindən 13-ün antiloqarifmini tapırıq: 0,1349.

Deməli, məhlulda hidrogen ionlarının qatılığı:

$$[H^+]=1,35\cdot10^{-5} \text{ mol/l}$$

hidroksil ionlarının qatılığını isə

$$[OH^-]=\frac{10^{-14}}{1,35\cdot10^{-5}}=7,41\cdot10^{-8} \text{ mol/}l\text{-dir.}$$

Məsələ 14. Qatılığı 2M olan HA zəif turşunun 5%-i ionlarına ayrıldığına görə məhluldakı OH^- ionlarının molyar qatılığı nə qədərdir?

Həlli: HA zəif turşusu $HA \rightleftarrows H^+ + A^-$ şəklində dissosiasiya edir. İonlara ayrılan hissəsi isə $2\cdot\frac{5}{100}=0,1M$-dır. Bu hidrogen ionlarının qatılığıdır.

$[H^+]=0,1=10^{-1}M$ onda $[H^+][OH^-]=10^{-14}$ olduğundan

$$[OH^-]=\frac{10^{-14}}{[H^+]}=\frac{10^{-14}}{10^{-1}}=10^{-13}M \text{ olur.}$$

Məsələ 15. pOH=13 olan 100 ml-lik bir məhlula 900 ml su əlavə edilərsə məhlulun turşuluğu necə dəyişər?

Həlli:

$$pOH+pH=14;\quad 13+pH=14;\quad pH=14-13=1;\quad [H^+]=10^{-1}M$$

900 ml su əlavə edildikdən sonra məhlulun son molyar qatılığı

$$\nu=C_M\cdot M=10^{-1}\cdot 0,1=10^{-2} \text{ mol.}$$

$$V_{son}=100+900=1000ml=1\ l.$$

$$C_M(H^+)=\frac{\nu}{V}=\frac{10^{-2}}{1}=10^{-2}M.$$

Buna görə pH=-lg[H⁺]; pH=-lg10^{-2}=2 olur.

pH-ın 1-dən 2-yə yüksəlməsi turşuluğun iki dəfə azaldığını göstərir.

Məsələ 16. Zəif turşunun 0,1M qatılıqda məhlulunun 200 ml-də $2\cdot10^{-5}$ mol H^+ ionu olduğuna görə bu turşunun dissosiasiya sabitini (ionlaşma sabitini) tapın.

Həlli:

Zəif turşu üçün

$$[H^+]=\sqrt{K\cdot C}$$

K - dissosiasiya sabiti, C - qatılıq

$$[H^+]=\frac{\nu}{V}=\frac{2\cdot10^{-5}}{0,2}=10^{-4} \text{ olur}$$

Zəif turşunun başlanğıc qatılığı C=10^{-1}M olduğu məsələnin şərtində verilmişdir.

[H⁺] və C-nin qiymətlərini yuxarıdakı düsturda yerinə yazaq.

$10^{-4}=\sqrt{K\cdot10^{-1}}$ Bunun hər iki tərəfini kvadrata yüksəldək:

$$(10^{-4})^2=(\sqrt{K\cdot10^{-1}})^2;\ 10^{-8}=K\cdot10^{-1};\ K=\frac{10^{-8}}{10^{-1}}=10^{-7} \text{ olur.}$$

Məsələ 17. 0,2M qatılıqda HCl 10 ml məhlulu ilə 0,2M 30 ml KOH məhlulu qarışdırılarsa, qarışığın pH-ı nə qədər olar:

Həlli: Əvvəlcə HCl və KOH-ın mol sayını tapaq.

$C_M=\frac{\nu}{V}$ formuluna görə $\nu=C_M\cdot V=0,2\cdot0,01=0,002$ mol.

$$\nu(HCl)=0,002 \text{ mol.}$$

$$\nu(KOH)=C_M\cdot V=0,2\cdot0,03=0,006 \text{ mol.}$$

$HCl+KOH=KCl+H_2O$ neytrallaşma reaksiyasına görə 1 mol HCl, 1 mol KOH ilə tam neytrallaşdığına görə 0,002 mol HCl, 0,002 mol KOH ilə neytrallaşar. Onda 0,006-0,002=0,004 mol KOH artıq qalır.

Artıq KOH-ın qatılığı=Artıq qalan mol sayı/ümumi həcm =

$$=\frac{0,004}{0,01+0,03}=\frac{0,004}{0,04}=0,1M$$

$KOH \rightleftarrows K^+ + OH^-$ dissosiasiya tənliyinə əsasən KOH-ın mol qatılığı OH^- ionlarının molyar qatılığına bərabərdir. Deməli, OH^- ionlarının qatılığı 0,1M və ya 10^{-1}M-dır.

$[OH^-]=10^{-1}$-dırsa, $[H^+]=10^{-13}$M olur.

$pH=-lg[H^+]=-lg10^{-13}=13.$

pH=13 olur.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. 138 q suda 18 q fruktoza həll edilmişdir.

Su buxarının təzyiqi 25°C-də 27,71 mm-dir. Həmin temperaturda məhlulun buxarının təzyiqi nə qədər olar?

2. 80°C-də su buxarının təzyiqi 355,4 mm-dir. Buxarın təzyiqini 6 mm aşağı salmaq üçün 252 qr suda neçə qram etil spirti həll edilməlidir?

3. Metil spirtinin (CH_3OH) 20%-li məhlulun100°C-də buxarının təzyiqi nə qədər olar?

4. 250 q suda 50 q saxaroza həll edilmişdir. Məhlulun qaynama temperaturu nə qədər olar?

5. Tərkibində 40%C, 6,67% H, 53,33% O olan maddənin 15 qramının 205 q suda həll olunmasından alınan məhlul -0,755°C-də donmuşdur. Təmiz suyun donma temperaturu 0°C-dir. Maddənin formulunu müəyyən edin.

6. 350 q suda 50 q KCl həll olmuş məhlul -4,52°C-də donur. Bu məhlulun izotonik əmsalı neçədir?

7. 50 q suda 4 q K_2SO_4 həll olmuş məhlul -5,5°C-də donur? Məhlulun zahiri dissosiasiya dərəcəsi neçə faizdir?

8. 250 q suda 18 q $CaCl_2$ həll olmuş məhlulda duzun zahiri dissosiasiya dərəcəsi 80%-dirsə, məhlul hansı temperaturda donur?

9. 192,6 q suda 20,8 q $BaCl_2$ həll olmuş məhlulun 90°C-də buxarının təzyiqi 520,2 mm-dir. Məhlulun zahiri dissosiasiya dərəcəsi neçə faizdir?

10. 380 q suda 52,7 q $Al_2(SO_4)_3$ həll olmuş məhlulda duzun zahiri dissosiasiya dərəcəsi 45%-dir. Məhlulun qaynama temperaturu neçə dərəcə artar?

11. K_2CO_3-ın zahiri dissosiasiya dərəcəsi 55%-dirsə, bu məhlulun 0,5 normalında kalium ionlarının qatılığı nə qədər olar?

C a v a b: 0,55 q-ion/*l*.

12. Na_2SO_4 məhlulunda natrium ionlarının qatılığı 0,05 q-ion/*l*, duzun zahiri dissosiasiya dərəcəsi 58%-dirsə, məhlulun qatılığı neçə molyardır?

C a v a b: 0,09M.

13. 40%-li $BaCl_2$ məhlulun (ρ=1,08 q/sm^3) dissosiasiya dərəcəsi 45%-dirsə, bu məhlulda xlor ionlarının qatılığı neçə q-ion/*l* olar?

C a v a b: 1,88.

14. Ammonium-hidroksidin dissosiasiya sabiti $1{,}77\cdot10^{-5}$-dir. 0,1H NH_4OH məhlulun dissosiasiya dərəcəsi neçə faizdir?

C a v a b: 1,33%.

15. Karbonat turşusunun dissosiasiyasının I mərhələsinin dissosiasiya sabiti $4{,}45\cdot10^{-7}$-dir. Karbonat turşusu, məhlulunun qatılığı neçə molyardır?

16. 0,05H NaOH məhlulunun pOH-nı tapın.

17. pH=4,6 olan məhlulun hidroksil ionlarının qatılığını tapın.

18. 1 *l* məhlulda 1 q NaOH vardır. Məhlulun pH-nı tapın.

19. pH=12 olan 200 ml məhlulda həll olmuş natrium-hidroksidin miqdarını tapın.

20. 0,2 mol HCl ilə 200 *ml* məhlul hazırlanır. Məhluldakı $[OH^-]$ ionlarının qatılığı neçə molyardır?

C a v a b: $1\cdot10^{-14}$

21. 0,1M 100 ml HCl məhluluna 0,1M 100 ml KCl məhlulu əlavə edilərsə qarışığın pH-ı necə olar?

C a v a b: 1<pH<2.

22. 0,01M qatılıqlı zəif əsasın suda həll olunması ilə hazırlanan məhlulun pH-ı nə qədər olar?

C a v a b: 8.

23. 0,00001M HCl məhlulunun pH-ı neçədir?

C a v a b: pH=5.

24. HB və XOH birləşmələri sulu məhlullarında 100% ionlaşır. H^+ ionlarının qatılığı bu birləşmələrdən HB ilə hazırlanan məhlulda $1\cdot10^{-3}$M, XOH ilə hazırlanan məhlulda isə $1\cdot10^{-13}$ M-dır. Məhlulların pH-nı tapın.

25. HF-din suda məhlulunun 1 *l*-də 2 q turşu vardır. Turşunun dissosiasiya dərəcəsi 8%-dir. HF-din dissosiasiya sabiti nə qədərdir?

C a v a b: $K_d(HF)=6{,}9\cdot10^{-4}$

26. Bərabər həcmdə götürülən 0,02N $CaCl_2$ və Na_2SO_4 məhlullarını qarışdırdıqda $CaSO_4$ çöküntüsü alınarmı? $CaSO_4$-ın həllolma hasili $2{,}3 \cdot 10^{-4}$-dür.

C a v a b: yox.

27. AB_3 maddəsinin həllolma hasili CD maddəsinin həllolma hasilindən 300 dəfə azdır. Təsdiq etmək olarmı ki, AB_3 maddəsinin suda həll olması CD-nin həll olmasından pisdir? Cavabınızı əsaslandırın və onun qəbulolunma sərhədini göstərin.

C a v a b: Əgər $hh(AB_3) > 4{,}1 \cdot 10^{-7}$ dirsə fikri təsdiq etmək olar.

28. 0,23%-li birəsaslı zəif turşunun məhlulunun pH-ı 2,536-ya bərabərdir. Əgər turşunun dissosiasiya sabiti $K = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$, sıxlığı isə 1 *q/ml*-dirsə turşunun formulunu tapın. Suyun dissosiasiyası nəzərə alınmır.

C a v a b: HCOOH.

Duzların hidrolizi

Təcrübə göstərir ki, normal duzların tərkibində H^+ və OH^- ionlarının olmadığına baxmayaraq, onların suda məhlulları qələvi, turş və ya neytral reaksiya göstərir. Duzların suda məhlullarının bu xüsusiyyəti hidrolizlə izah olunur (hidro-su, lizis-parçalanma) deməkdir.

Duz ionları ilə su molekullarının qarşılıqlı tə'siri nəticəsində zəif elektrolitlərin əmələ gəlməsilə gedən reaksiyalara duzların hidrolizi deyilir.

Duzların təbiətindən asılı olaraq onlar hidroliz edən və etməyən olur.

Duzu əmələ gətirən turşu və yaxud əsasdan heç olmazsa birisi zəif olarsa, onda belə duzlar hidrolizə uğrayır. Hidroliz dönən proses olduğundan sistemdə dinamik tarazlıq yaranır. Çoxəsaslı turşulardan və ya çoxturşulu əsaslardan əmələ gələn duzların hidrolizi mərhələli gedir. Hidroliz reaksiyaları həm molekul, həm də ion-molekul tənlikləri şəklində yazılır.

Hidroliz etmələrinə görə duzlar dörd qrupa bölünür:

1. Qüvvətli əsasla zəif turşudan əmələ gələn duzlar; 2. Qüvvətli turşu ilə zəif əsasdan əmələ gələn duzlar; 3. Zəif turşu ilə zəif əsasdan əmələ gələn duzlar; 4. Qüvvətli turşu və qüvvətli əsasdan əmələ gələn duzlar.

Hidroliz zamanı mühitin reaksiyası duzu əmələ gətirən müvafiq turşu və əsasın təbiəti ilə, başqa sözlə H^+ və OH^- ionlarının qatılıqları nisbəti ilə müəyyən olunur.

Yuxarıda göstərilən qrup duzların hidrolizini ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirək.

1. Zəif turşu və qüvvətli əsasdan əmələ gəlmiş duzlar (CH_3COONa, Na_2CO_3, KCN və s.) hidrolizə uğrayır və bu zaman mühit qələvi reaksiya göstərir (pH>7).

Belə duzların hidrolizini natrium-asetat misalında nəzərdən keçirək.

Hidroliz reaksiyasının ion-molekulyar tənliyini tərtib etmək üçün:

a) duzun dissosiasiya tənliyini yazmaq;

b) anion və kationun təbiətini tə'yin etmək (zəif əsasın kationunu və ya zəif turşunun anionunu tapmaq);

v) reaksiyanın ion-molekulyar tənliyini yazmaq vacibdir. Nəzərə almaq lazımdır ki, su zəif elektrolitdir və reaksiyanın hər iki tərəfində yüklərin cəmi eyni olmalıdır.

Natrium-asetatın hidroliz tənliyini yazaq:

$$CH_3COONa+H_2O \rightleftarrows CH_3COOH+NaOH$$

Reaksiya nəticəsində zəif elektrolit olan zəif sirkə turşusu əmələ gəlir.

Bu reaksiyanın ion tənliyi aşağıdakı kimi olar:

$$CH_3COO^-+Na^++H_2O \rightleftarrows CH_3COOH+Na^++OH^-$$

qısa ion tənliyi isə,

$$CH_3COO^-+H_2O \rightleftarrows CH_3COOH+OH^-$$

Nəticədə məhlulda sərbəst hidroksid ionları toplanır və mühit qələvi reaksiya göstərir.

Çoxəsaslı turşudan əmələ gələn duzun hidrolizi mərhələlərlə baş verir, məsələn

I mərhələ $Na_2S+H_2O \rightleftarrows NaHS+NaOH$

$2Na^++S^{-2}+H_2O \rightleftarrows Na^++HS^-+Na^++OH^-$

$S^{-2}+H_2O \rightleftarrows HS^-+OH^-$

II mərhələ $NaHS+H_2O \rightleftarrows NaOH+H_2S$

$Na^++HS^-+H_2O \rightleftarrows Na^++OH^-+H_2S$

$$HS^- + H_2O \rightleftarrows OH^- + H_2S$$

Yığılan OH^- ionlarının qatılığı artdıqca, tarazlıq sola yönəldiyindən hidroliz yalnız I mərhələ üzrə baş verir.

2. Qüvvətli turşu və zəif əsasdan əmələ gəlmiş duzlar ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_2$, $CuBr_2$, NH_4Cl, $FeCl_3$ və s.) hidrolizə uğrayır və bu zaman mühit turş reaksiya göstərir (pH<7).

Məsələn, $FeCl_2$-din hidrolizi.

I mərhələ $FeCl_2 + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)Cl + HCl$

$Fe^{+2} + 2Cl^- + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^+ + Cl^- + H^+ + Cl^-$

$Fe^{+2} + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)^+ + H^+$

II mərhələ $Fe(OH)Cl + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2 + HCl$

$Fe(OH)^+ + Cl^- + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2 + H^+ + Cl^-$

$Fe(OH)^+ + H_2O \rightleftarrows Fe(OH)_2 + H^+$

Deməli çoxturşulu əsasların hidrolizi mərhələlərlə baş verir.

H^+ ionlarının yığılması nəticəsində tarazlıq sola doğru yönəldiyindən II mərhələ çox zəif gedir.

3. Zəif əsas və zəif turşudan əmələ gəlmiş duzlar (Al_2S_3, Cr_2S_3, CH_3COONH_4, $(NH_4)_2CO_3$) hidrolizə daha asan uğrayır. Bu zaman mühitin reaksiyası hidroliz nəticəsində alınan turşu və əsasın dissosiasiya sabitlərinin qiymətindən asılı olur. Məsələn, ammonium-asetatın hidrolizi nəticəsində alınan asetat turşusunun və ammonium-hidroksidin dissosiasiya sabitləri təxminən eyni olduğundan mühit neytral olur (pH≈7).

$$CH_3COONH_4 \rightleftarrows CH_3COO^- + NH^+$$

$$CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + NH_4OH.$$

Lakin ammonium-karbonatın $(NH_4)_2CO_3$ hidrolizində əmələ gələn ammonium hidroksidin NH_4OH dissosiasiya sabiti ($1{,}8 \cdot 10^{-5}$) HCO_3^- ionunun dissosiasiya sabitindən ($4{,}8 \cdot 10^{-11}$) böyük olduğundan məhlul zəif əsasi xassə göstərir.

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + NH_4HCO_3$$

$$2NH_4^+ + CO_3^{-2} + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + NH_4^+ + HCO_3^-$$

$$NH_4^+ + CO_3^{-2} + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + HCO_3^-$$

4. Qüvvətli əsas və qüvvətli turşudan əmələ gəlmiş duzlar (NaCl, KCl, $CaCl_2$, K_2SO_4 və s.) hidrolizə uğramır və onların suda məhlulları neytral reaksiya göstərir (pH=7).

Məsələn, kalium-nitrat məhlulda aşağıdakı kimi dissosiasiya edir.

$$KNO_3 \rightleftarrows K^+ + NO_3^- \qquad H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

Kalium K^+ və nitrat NO_3^- ionları su ilə zəif elektrolit əmələ gətirmədiyindən, suyun dissosiasiya tarazlığı pozulmur, yə'ni H^+ və OH^- ionlarının məhluldakı qatılığı təmiz suda olduğu kimi qalır. Buna görə məhlul neytral reaksiya göstərir (pH=7).

Hidroliz dönər proses olduğundan, alınan məhsullar reaksiya mühitindən çıxarılarsa, yə'ni suda həll olmayan əsas və ya turşu əmələ gələrsə, hidroliz axıra qədər gedir. Məsələn,

$$Al_2S_3 + 6H_2O \rightleftarrows 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

Temperaturu artdıqda və məhlulu durulaşdırıldıqda duzların hidrolizi güclənir. Əksinə temperatur aşağı düşdükdə və məhlul qatılaşdıqda hidroliz zəifləyir. Temperaturun artması ilə hidrolizin güclənməsi endotermik proses olan suyun dissosiasiyasının güclənməsi ilə izah olunur.

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^- \qquad \Delta H = +57 \text{ kC/mol.}$$

Zəif çoxəsaslı turşularla qüvvətli əsaslardan (Na_3PO_4, Na_2CO_3 və s.) və çox turşulu zəif əsaslarla qüvvətli turşulardan əmələ gəlməsi ($AlCl_3$, $FeCl_3$ və s.) duzların tam hidrolizini apararkən bu şərtlərə əsaslanırlar. Lakin adi şəraitdə onların hidrolizi praktiki olaraq I mərhələ ilə bitir.

Geniş mə'nada hidroliz-müxtəlif maddələrlə su arasında parçalanmaqla gedən dəyişmə reaksiyasıdır.

Belə tə'rif həmçinin üzvi birləşmələrin mürəkkəb efirlərin, yağların, karbohidratların, zülalların, eləcə də qeyri-üzvi maddələrin-duzların, hallogenlərin, qeyri-metal hallogenidlərinin və s. hidrolizini də əhatə edir:

$$CH_3COOCH_3 + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + CH_3OH$$
$$Cl_2 + H_2O \rightleftarrows HCl + HClO$$
$$CaC_2 + 2H_2O \leftrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$
$$PJ_3 + 3H_2O \rightleftarrows H_3PO_3 + 3HJ$$

Duzların hidrolizini miqdarca səciyyələndirmək üçün "Hidroliz dərəcəsi" anlayışından istifadə edilir. Hidroliz dərəcəsi (α_h), hidro-

lizə uğramış molekulların sayının (n_h) onların başlanğıc sayına (N_δ) olan nisbətinə bərabərdir, yə'ni,

$$\alpha_h = n_h / N_\delta$$

Əksər hallarda hidroliz dərəcəsinin qiyməti vahiddən çox kiçik olur. Məsələn, 25°C temperaturda 0,1N CH_3COONa-ın hidroliz dərəcəsi təxminən $\alpha_h \approx 10^{-4}$-ə bərabərdir. Bu o deməkdir ki, həmin duzun 10000 molekulundan yalnız biri hidrolizə uğrayır.

Temperatur yüksəldikcə hidroliz dərəcəsi artır. Buna də səbəb temperaturun tə'siri ilə suyun dissosiasiyasının güclənməsidir.

Bə'zi hallarda hidrolizin zəifləşməsi müşahidə olunur. Əgər hidroliz nəticəsində turş mühit yaranarsa məhlula turşu, əsasi mühit yarandıqda isə qələvi əlavə edilərsə hidroliz dərəcəsi azalar.

Hidroliz dərəcəsi müxtəlif amillərdən asılı olduğundan, duzların hidrolizini miqdarca xarakterizə etmək üçün hidroliz sabitindən istifadə edilir. Bu kəmiyyət hidroliz dərəcəsinə nisbətən duzların hidroliz qabiliyyətini daha düzgün ifadə edir. Belə ki, hidroliz dərəcəsi (α_h) duzun qatılığından asılı olduğu halda, hidroliz sabiti (K_h) qatılıqdan asılı deyildir. Ona görə də duz məhlulunu durulaşdırdıqda α_h artır, K_h isə sabit qalır.

Hidroliz reaksiyası üçün onun qatılıqla ifadəsi aşağıda verilmişdir:

$$AB + HOH \rightleftarrows AOH + HB; \quad K_h = \frac{C_{AOH} \cdot C_{HB}}{C_{AB}}$$

Dissosiasiya sabiti ilə (K_d) hidroliz sabiti (K_h) arasında asılılıq aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$K_h = K_w / K_d$$

K_w - suyun ion hasilidir.

Hidrolizin tətbiqi. Minerallarn, alümoslikatların hidrolizi nəticəsində dağ süxurlarının parçalanması baş verir.

Duzların hidrolizindən (Na_2CO_3, Na_3PO_4), suyun təmizlənməsində və onun codluğunun azaldılmasında istifadə edirlər.

Qeyri-ərzaq məhsullarının - oduncaq, günəbaxan toxumunun qabağı, pambıq lifləri, saman və qarğıdalı özəyinin hidrolizindən bir sıra qiymətli məhsulların - etil spirti, qlükoza, quru buz (CO_2), furfurol, metil spirti, liqnin və s. alınmasında istifadə edilir.

Canlı orqanizmlərdə polisaxaridlərin, zülalların, digər üzvi birləşmələrin hidrolizi baş verir.

Duzların hidrolizinə aid müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. Na_3PO_4 çox qüvvətli qələvi reaksiyalı, NaH_2PO_4 isə zəif turş reaksiyalıdır. Bu faktı izah edin və onu müvafiq ion tənlikləri ilə əsaslandırın.
2. $CrCl_3$ və Na_2S məhlullarını qarışdıranda $Cr(OH)_3$ çöküntüsü əmələ gəlir. Onun əmələ gəlməsi səbəbini izah edin və gedən reaksiyanı ion tənliyi ilə göstərin.
3. Alüminium-sulfidin Al_2S_3 tamamilə hidroliz etdiyini nəzərə alaraq $Al_2(SO_3)_3$ ilə K_2S məhlullarını qarışdıran zaman onların arasında gedən reaksiyanın molekulyar və ion tənliklərini düzəldin.
4. $FeCl_3$ və Na_2CO_3-ün qatı məhlullarını qarışdırdıqda karbon qazı ayrılır və $Fe(OH)_3$ çöküntüsü əmələ gəlir. Onun əmələ gəlməsi səbəbini izah edin və reaksiyanı ion tənliyi ilə göstərin.
5. Mə'lumdur ki, sink, sulfat turşusunun məhlulu ilə aktiv reaksiyaya girir. Lakin bu məhlula natrium asetat əlavə etdikdə qaz qabarcıqlarının ayrılması zəifləyir. Bu hadisəni necə izah etmək olar?
6. Alüminium xlorid məhluluna natrium-sulfid məhlulu əlavə etdikdə baş verən reaksiyaların tənliklərini yazın.

Elektrokimya

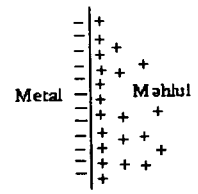
Kimyəvi enerjinin elektrik enerjisinə və əksinə, elektrik enerjisinin kimyəvi enerjiyə çevrilməsi ilə gedən proseslərə elektrokimyəvi proseslər deyilir.

Elektrokimyəvi proseslərin mahiyyəti heterogen sistemlərdə gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarından ibarətdir. Elektrokimyəvi sistemləri 1-ci növ naqil olan elektrodlar və 2-ci növ naqil kimi elektrolit məhlulu və ya əridilmiş elektrolit təşkil edir. Elektrik keçiriciliyi birincilərdə elektronlar, 2-cilərdə isə ionlar hesabına tə'min olunur.

Metalların standart elektrod potensialları və qalvanik elementlər

Mə'lumdur ki, metalların kristal şəbəkəsi 25°C-də, elektron mübadilə edən atom və ionlardan təşkil olunmuşdur. Odur ki, metal lövhəni suya daxil etdikdə polyar su molekulları, onun səthindəki metal ionlarını hidratlaşdıraraq maye fazaya keçir. Nəticədə metalda qalan artıq elektronlar hesabına metal lövhənin səthi mənfi yüklənir. Maye fazaya keçən müsbət ionlar mənfi yüklənmiş lövhə tərəfindən cəzb olunduğundan, metal-maye sərhəddində müsbət ionlar toplanır. Nəticədə ikiqat elektrik təbəqəsi əmələ gəlir (şəkil 23).

Həmin təbəqədə müsbət ionların qatılığı artdıqca metal lövhədən ionların maye fazaya keçmə sür'əti azalır və nəhayət, əksinə proses-metal ionlarının bərk fazaya (metal səthinə) keçməsi baş verir. Müəyyən vaxtdan sonra əks yönəlmiş proseslər arasında dinamik tarazlıq yaranır və aşağıdakı tənliklə ifadə edilir:



Şəkil 23. Metal-məhlul sərhəddində ikiqat elektrik təbə-

$$Me^{n+} \cdot ne^- + mH_2O \rightleftarrows Me^{n+} \cdot mH_2O + ne^-$$

Burada $Me^{n+} \cdot ne^-$ - kristaldakı metal ionu, $Me^{n+} \cdot mH_2O$ maye fazaya keçən hidratlaşmış metal ionudur.

Bu halda elektrod potensialı tarazlıq potensialı adlanır.

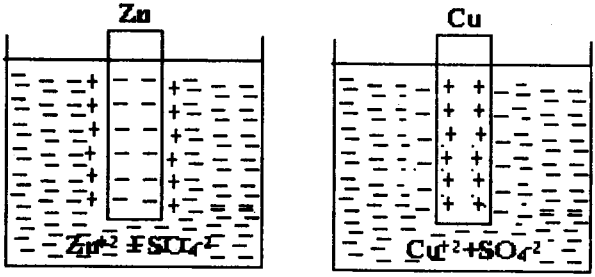
Metal nə qədər aktiv olarsa, lövhədən bir o qədər çox kation məhlula keçir və elektrod potensialı (cəbri qiymətcə) bir o qədər az olur.

Müxtəlif metal lövhələri suya yox, öz duzları məhluluna daxil etdikdə yuxarıda göstərilmiş proseslərin oxşar və fərqli cəhətləri aydın müşahidə edilir.

Bunun üçün sink lövhə sink-sulfat, mis-lövhə isə mis-2-sulfat məhluluna daxil edildikdə baş verən proseslərin araşdırılması məqsədə uyğundur.

Sink metalının elektrolitik həll olması (məhlula ion göndərmə qabiliyyəti) misinkindən yüksək olduğundan, onun ionları hidratlaşaraq məhlula keçir. Nəticədə sink lövhənin səthi elektronlar

hesabına mənfi, metal-məhlul sərhəddində, ionların adsorbsiyası nəticəsində məhlul təbəqəsi isə müsbət yüklənir (şəkil 24).



Şəkkil 24. Müxtəlif metalların öz duzları məhlulunda Elektrod potensiallarının əmələ gəlməsi sxemi.

Sink lövhə - məhlul sistemindən fərqli olaraq, mis lövhə-məhlul sistemində əks proses gedir. Belə ki, məhluldakı Cu^{+2} ionları lövhə səthinə keçərək onu müsbət yükləyir. Mənfi yüklü SO_4^{-2} ionları isə həmin lövhə tərəfindən cəzb olunuduğundan, metal məhlul sərhəddində məhlul təbəqəsi mənfi yüklənir (şəkil 24).

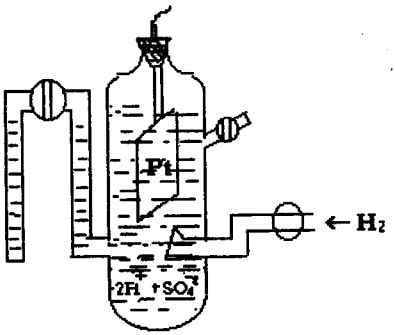
Beləliklə, metalın təbiətindən asılı olaraq onun səthi müsbət və ya mənfi yüklənməklə elektrik potensialı yaradır.

Metal-məhlul sərhəddində ikiqat elektrik təbəqəsinin tarazlıq halına uyğun gələn potensial *elektrod potensialı* adlanır. Bu potensialların mütləq qiymətini tə'yin etmək qeyri-mümkün olduğundan nisbi elektrod potensiallarından istifadə edilir. Həmin potensialı tapmaq üçün hər hansı bir metal elektrod ilə etalon elektrod arasındakı potensiallar fərqi ölçülür.

Əgər metal lövhə həmin metalın kationu olan məhlula salınsa, Le-Şatelye prinsipinə görə kationların lövhədən məhlula keçməsi, eləcədə lövhənin səthində yaranmış mənfi yükün qiyməti azalır, elektrod potensialı isə artır.

Beləliklə, öz duzunun məhluluna salınmış metalın səthindəki yükün işarəsi, həmçinin elektrod potensialının qiyməti metalın təbiətindən və məhlulun qatılığından asılıdır.

Normal hidrogen (standart) elektrodu - hidrogen ionlarının qatılığı 1 mol/*l* olan 0,5M sulfat turşusu məhlulu içərisinə salınmış və üzərindən 0,101325 MPa təzyiq altında hidrogen (H_2) buraxılan platin lövhədir (t=25°C) (şəkil 25).



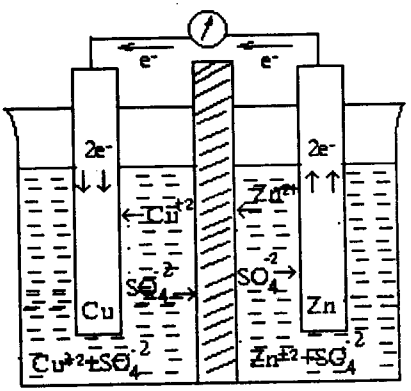
Şəkil 25. Hidrogen elektrodun sxemi.

Standart hidrogen elektroduna nəzərən müəyyən olunmuş elektrod potensialına standart elektrod potensialı (E^0) deyilir.

Standart elektrod potensialı-verilən metalın elektrodundan və normal hidrogen elektrodundan hazırlanmış qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsidir (EhQ) (M^{n+} - ionlarının qatılığı 1 mol/l, t=25°C, p=0,1MPa).

Qalvanik element. Öz duzlarının məhlullarına salınmış iki metal elektrodun metal məftil ilə qapanmasından alınan sistem qalvanik element adlanır.

Elektrolizin əksinə olaraq qalvanik elementdə kimyəvi reaksiya nəticəsində elektrik cərəyanı yaranır (şəkil 26).



Şəkil 26 . Qalvanik elementin sxemi

Qalvanik elementdə kimyəvi enerji oksidləşmə-reduksiya reaksiyası hesabına elektrik enerjisinə çevrilir. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının baş verməsi üçün oksidləşdirici ilə reduksiyaedici arasında kontakt olmalıdır. Beləki, əgər sink lövhəni misin həll olan duzu məhluluna salsaq, onda sink lövhənin səthi mis təbəqəsi ilə örtüləcəkdir:

$$Zn^0+Cu^{+2}=Zn^{+2}+Cu^0$$

Sink atomları 2 elektron verərək oksidləşəcək və məhlula keçəcəkdir, mis ionları isə həmin elektronları qəbul edərək reduksiya olunub sink lövhənin üzərinə yığılacaqdır.

Elektronların sink atomlarından mis atomlarına keçidi xaotik olacaqdır və bu proses hissəciklərin toxunma yerlərində nizamsız baş verir, bu zaman elektronların keçməsi çox az olur. İstiqamətlənmiş elektron seli almaq üçün oksidləşmə və reduksiya proseslərini ayrı-ayrı qablarda aparmaq lazımdır və elə şərait yaratmaq lazımdır ki, elektronlar reduksiyaedicidən oksidləşdiriciyə nizamsız deyil ümumi üzün bir yolla keçsin.

Belə ki, sinkin mis ionları ilə oksidləşmə prosesini sinkin mis ionları ilə toqquşması olmadan da aparmaq olar.

Bunun üçün sink lövhə (elektrod) sink duzu məhlulu olan qaba, mis lövhə isə mis duzu məhlulu olan qaba salınır və hər iki lövhə ötürücü ilə birləşdirilir. Elektron potensiallarının fərqinə görə elektronlar ötürücü ilə sink elektroddan mis elektroda tarazlıq yaranana qədər keçir.

Elektronların sinkdən misə keçməsi metallar və onların məhlulları arasında tarazlığı pozur. Sink elektrod həll olacaq və kütləsi azalacaqdır.

$$Zn^0=Zn^{2+}+2e^-$$ sink oksidləşir.

Sink elektroddan mis elektroda keçən elektronlar müsbət yüklənmiş mis ionlarını özünə çəkəcək. Mis məhluldan ayrılacaq və mis elektrodun kütləsi artacaqdır.

$$Cu^{2+}+2e^-=Cu$$ (mis reduksiya olunur)

Bu iki yarım reaksiyanı cəmlədikdə oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının ion-molekulyar tənliyi alınır, hansı ki, mis-sink qalvanik elementində elektrik cərəyanı mənbəyi olur:

$$Zn^0+Cu^{+2}=Zn^{+2}+Cu^0$$

Mis-sink qalvanik elementinin sxemi yuxarıdakı şəkildə göstərilmişdir.

Səthində oksidləşmə gedən elektrod *anod*, səthində reduksiya prosesi gedən elektrod isə *katod* adlanır.

Belə ki, mis-sink qalvanik elementində sink oksidləşir, sink elektrod anod olur. Mis elektrodun səthində mis ionlarının reduksiyası gedir və mis elektrod katod olur.

Xarici dövrəyə görə sink elektrod mənfi yüklənir (elektronlar sink elektroddan mis elektroda gedir). Ona görə xarici dövrəyə görə sink elektrod katod olur. Onu mənfi işarə ilə göstəririk. Xarici dövrəyə görə mis elektrod anod olacaq - elektronlar ona doğru hərəkət edəcək. Onu müsbət işarə ilə işarə edəcəyik.

Elektrod kimi elə metallardan istifadə edilir ki, onlar suda həll olmur.

Qalvanik elementdə elektronlar aşağı elektrod potensiallı metaldan daha yüksək elektrod potensiallı metala doğru hərəkət edir və aşağı elektrod potensialına malik olan metal həll olur.

Standart elektrod potensialları sırasında metallar bir-birindən nə qədər uzaqda yerləşərsə, onların əmələ gətirdikləri qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsi (EhQ) bir o qədər böyük olur.

Elektrik hərəkət qüvvəsi müsbət kəmiyyət olduğundan qalvanik elementin, məsələn yuxarıdakı şəkildə göstərilən Daniel-Yakobi elementinin EhQ-si aşağıdakı kimi hesablanır:

$$EhQ = \underset{\substack{\text{aşağı}\\\text{elektrod}\\\text{potensiallı}\\\text{metal}}}{E^0} - \underset{\substack{\text{yüksək}\\\text{elektrod}\\\text{potensiallı}\\\text{metal}}}{E^0} = E_{Cu}^0 - E_{Zn}^0 = 0{,}34v - (-0{,}76v) = 1{,}1v.$$

Metalların standart elektrod potensialları sırası

Metal-məhlul sərhəddində yaranan elektrod potensialı metalın təbiətindən, metal ionlarının qatılığından və temperaturdan asılıdır. Həmin asılılıq Nernst tənliyilə ifadə olunur.

$$E_{Me^-}=E_{Me}^0 + RT/nF \cdot \ln C_{Me}^{n+}$$

burada E_{Me} - verilmiş şəraitdə metalın elektrod potensialı, E_{Me}^0 standart (normal) elektrod potensialı, R - universal qaz sabiti (8,14 c/dər. mol), T - mütləq temperatur, C_{Me}^{n+} - metal ionlarının qatılığı, F - Faradey ədədi (96500 Kl), n - metal ionunun yüküdür. 298°K temperaturu üçün yuxarıdakı tənlik aşağıdakı kimi yazılır:

$$E_{Me}=E_{Me}^0+0,059/n \cdot \lg C_{Me}^{n+}$$

Məhlulda metal ionlarının qatılığı $C_{Me}^{n+}=1$ mol// olduqda yuxarıdakı düsturdan $E_{Me}=E_{Me}^0$ alınır. Deməli, standart elektrod potensialı E_{Me}^0, ionların vahid qatılığında yaranan elektrod potensialıdır (25°C-də).

Elektrod potensialının mütləq qiymətini ölçmək mümkün deyil. O başqa elektrod potensialına nisbətən müəyyən olunur. Bu məqsədlə potensialı şərti olaraq sıfır qəbul edilmiş standart (etalon) hidrogen elektrodundan istifadə edilir.

Hər hansı metalın standart elektrod potensialını ölçmək üçün metal lövhə, qatılığı 1 mol// olan öz duzu məhluluna salınır və standart hidrogen elektrodu ilə birləşdirilir. Həmin qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsi (EhQ), standart şərait üçün metalın standart elektrod potensialı olacaqdır. $E_{H^+/H^0}=0$ olduğundan və EhQ potensiallar fərqi ilə müəyyən edildiyindən, sonuncunun qiyməti metalın elektrod potensialına bərabərdir, yə'ni,

$$EhQ=E^0_{Me^{2+}/Me} - E^0_{H^+/H^0}= E^0_{Me^{2+}/Me} - 0= E^0_{Me^{2+}/Me}$$

Sink və mis metallarının standart elektrod potensiallarını ölçmək üçün düzəldilmiş qalvanik elementlərin sxemi və gedən elektro-kimyəvi proseslər aşağıdakı kimi göstərilir:

1. Sink elektrodunu hidrogen elektrodu ilə birləşdirdikdə yaranan qalvanik elementin sxemi:

$$(-)\ Zn/Zn^{+2}//H_2SO_4/H_2,\ Pt\ (+)$$

Bu sistem üçün $E^0_{Zn^{2+}/Zn}=-0,76$v.

Yekun reaksiya aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$Zn^0+2H^+=Zn^{2+}+H_2^0$$

Göründüyü kimi elektronlar xarici dövrə ilə sinkdən hidrogen elektroduna axır.

2. Mis elektrodu hidrogen elektrodu ilə birləşdirildikdə yaranan qalvanik elementin sxemi:

$$(-)Pt,\ H_2/H_2SO_4//Cu^{+2}/Cu(+)$$

Mis elektrodunun standart elektrod potensialı:

$$E^0_{Cu^{+2}/Cu}=+0,34v.$$

Yekun reaksiya belə yazılır:

$$Cu^{+2}+H_2{}^0=Cu^0+2H^+$$

Bu halda elektronlar xarici dövrə ilə hidrogen elektrodundan mis elektroduna doğru hərəkət edir.

Misallardan aydın görünür ki, hidrogen elektroduna elektron göndərən elektrodların standart elektrod potensialları mənfi (-), hidrogen elektrodundan elektron qəbul edən elektrodların standart elektrod potensialları isə müsbət (+) olur.

Beləliklə, müxtəlif metalların standart elektrod potensialı standart hidrogen elektroduna görə ölçülərək müəyyən edilir. Metalları standart elektrod potensiallarının artması sırası ilə yerləşdirikdə onların elektrokimyəvi gərginlik sırası alınır. Bu sıraya bə'zən metalların standart elektrod potensiallar sırası da deyilir.

Li, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Aşağıdakı cədvəldə çox işlənən bə'zi metalların standart elektrod potensialları verilmişdir.

Cədvəl 15

Metalların standart (normal) elektrod potensialları (25°C-də)

Elektrod	Potensial, E^0	Elektrod	Potensial, E^0
Li^+/Li	-3,02	Ni^{+2}/Ni	-0,25
Rb^+/Rb	-2,99	Sn^{+2}/Sn	-0,14
K^+/K	-2,92	Pb^{+2}/Pb	-0,13
Ba^{+2}/Ba	-2,90	H^+/H^0	0,00
Sr^{+2}/Sr	-2,89	Sb^{+2}/Sb	+0,20
Na^+/Na	-2,71	Bi^{+3}/Bi	+0,23
La^{+3}/La	-2,37	Cu^{+2}/Cu	+0,34
Mg^{+2}/Mg	-2,34	Cu^+/Cu	+0,52
Al^{3+}/Al	-1,67	$Hg_2{}^{+2}/Hg$	+0,79
Mn^{+2}/Mn	-1,05	Ag^+/Ag	+0,80
Zn^{+2}/Zn	-0,76	Pd^{+2}/Pd	+0,83
Cr^{+3}/Cr	-0,71	Hg^{+2}/Hg	+0,86
Fe^{+2}/Fe	-0,44	Pt^{+2}/Pt	+1,20
Cd^{+2}/Cd	-0,40	Au^{+3}/Au	+1,42
Co^{+2}/Co	-0,28		

Göründüyü kimi, hidrogendən əvvəl yerləşən metalların standart elektrod potensialları mənfi, hidrogendən sonra yerləşən metalların standart elektrod potensialları isə müsbət kəmiyyətdir.

Standart elektrod potensialları sırası metalların suda məhlullarda müsbət yüklü hidratlaşmış ionlara çevrilməsinin qabiliyyətinin azalması ardıcıllığını əks etdirir.

Standart elektrod potensialları sırasından çıxan nəticələr:

1. Sırada metal nə qədər solda yerləşirsə, kimyəvi cəhətdən bir o qədər aktiv olur, asanlıqla oksidləşir, yə'ni qüvvətli reduksiyaedici xassəyə malik olur, onun kationunun oksidləşdiricilik xassəsi isə zəif olur. Belə ki, məsələn, Li ən qüvvətli reduksiyaedici, Li^+ ionu isə ən zəif oksidləşdiricidir.

2. Metal nə qədər sağda yerləşirsə, kimyəvi cəhətdən bir o qədər az aktiv olur, çətin oksidləşir, onun kationu isə qüvvətli oksidləşdirici xassəyə malik olur. Belə ki, Au ən zəif reduksiyaedici metal Au^{3+} ionu isə ən qüvvətli oksidləşdiricidir.

3. Sıranın hər bir metalı özündən sonra gələn metalları onların duzlarının məhlullarından sıxışdırıb çıxarır, məsələn,

$$Fe+CuSO_4=FeSO_4+Cu \quad E^0_{Fe}=-0,44B \quad E^0_{Cu}=+0,34B.$$

Bu qaydaya su ilə qarşılıqlı tə'sirdə olan qələvi və qələvi-torpaq metalları, həmçinin səthində qoruyucu oksid təbəqəsi olan metallar (məsələn, Al) tabe olmur.

4. Sırada hidrogendən solda yerləşən metallar duru turşulardan (nitrat turşusundan başqa) hidrogeni sıxışdırıb çıxarır, sağda yerləşən metallar isə çıxara bilmir.

$$Zu+2HCl \rightarrow ZnCl_2+H_2 \quad Au+HCl \neq H_2$$

Qurğuşun duru sulfat turşusu məhlulundan hidrogeni çıxarmır, çünki səthində yaranan qurğuşun 2-sulfat $PbSO_4$ təbəqəsi onun məhlulla təmasda olmasına mane olur.

5. İstənilən iki müxtəlif metaldan düzəldilmiş qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsi götürülən metalların sıradakı vəziyyətlərindən asılıdır. Metallar bir-birindən nə qədər uzaq olarsa, onlardan düzəldilən qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsinin qiyməti də bir o qədər böyük olar.

Gərginlik sırasında metalların yerləşmə ardıcıllığı onların dövri sistemdəki yerləşmə ardıcıllığından fərqlənir. Məsələn, gərginlik

sırası qələvi metalların ən passivi olan litiumla başlayır. Bu onu göstərir ki, metalların sulu məhlullardakı reduksiyaedicilik qabiliyyəti başqa səbəblərlə izah edilir. Bu məqsədlə metalın su ilə qarşılıqlı tə'sirini araşdırmaq lazımdır. Metal elektrodla onu əhatə edən suyun qarşılıqlı tə'siri,

$$Me^0+mH_2O=Me^+\cdot mH_2O+ne^-$$

tənliyi ilə ifadə olunur və bu prosesin mümkünlüyü energetik cəhətdən 3 mərhələ ilə müəyyən edilir:

1. Kristal qəfəsdən metal atomunun ayrılması (sublimasiya etməsi):

$$Me_{(b)}\rightarrow Me_{(q)};\ \Delta H_{sub}>0$$

2. Metal atomlarının ionlaşması:

$$Me^0_{(q)}\rightarrow Me^{n+}_{(məh)}+ne^-;\ \Delta H_{ion}>0$$

3. İonların hidratlaşması:

$$Me^{n+}_{(məh)}+mH_2O\rightarrow Me^{n+}\cdot mH_2O;\ \Delta H^0_{hid.}<0.$$

Gərginlik sırasında metalların yerləşməsi bu üç amilin birgə tə'sirindən asılıdır. 1-ci iki mərhələ - metalın kristal qəfəsinin dağılması və metal atomlarının elektron itirməsi prosesləri endotermik proseslər olduqları üçün enerji sərf edilir. 3-cü mərhələ ionların hidratlaşması isə ekzotermik proses olduğuna görə enerji ayrılır və 1-ci iki mərhələdə sərf olunan enerjini kompensasiya edir. Mühüm mərhələ 3-cü mərhələ olur.

Beləliklə, hər üç mərhələnin enerji effektlərinin cəbri-cəmi dolayısı olaraq metalın gərginlik sırasında yerini müəyyən edir. Çünki standart elektrod potensialı həmin enerji effektləri ilə əlaqədardır. Ümumiyyətlə, elektroduzların səthində potensialların yaranmasına səbəb orada baş verən oksidləşmə-reduksiya prosesləridir. Başqa sözlə, elektrod potensialı sistemin oksidləşmə-reduksiya xassələrini xarakterizə edir. Buna görə də metalların standart elektrod potensialları onların standart oksidləşmə-reduksiya potensialları da adlanır.

Həll olan maddənin ($KMnO_4$ - Na_2SO_3; Fe^{3+} - Sn^{2+}; $K_2Cr_2O_7$ - $FeSO_4$ və s.) oksidləşmə-reduksiya potensiallarını ölçmək üçün

inert elektrodlardan (platin, qızıl və s. elektrodlar) istifadə edilir. Həmin elektrodlar özlərinə məxsus ionlar yaratmır və yalnız elektron daşıyıcısı rolunu oynayır.

Standart elektrod potensiallarının hesablanmasına aid nümunəvi məsələ həlli

1. Mis-sink qalvanik elementində ionların qatılığı $C_{Cu^{+2}}=1,5$ mol/l və $C_{Zn^{+2}}=0,01$ mol/l olduqda onun EhQ-ni tapın.

Həlli: İlk növbədə hər iki metalın elektrod potensialları tapılır.

$$E_{Me^+/Me}=E^0_{Me^+/Me}+\frac{0,059}{n}\cdot \lg C_{Me^{+2}}$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu}=0,34+\frac{0,059}{2}\cdot \lg 1,5=0,354v$$

$$E_{Zn^{+2}/Zn}=-0,76+\frac{0,059}{2}\cdot \lg 0,01=-0,818v$$

Potensiallar fərqindən EhQ-si tapılır.

$$EhQ= E_{Cu^{2+}}- E_{Zn^{+2}}=0,345-(-0,818)=1,163v.$$

Q e y d: Qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsi böyük olduqda, elektrodlar səthində baş verən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları da sür'ətli gedir. Belə elementlərdə potensiallar fərqi sistemdə baş verən kimyəvi reaksiyanın hesabına görülən maksimum faydalı işi xarakterizə edir. Mis-sink qalvanik elementinin EhQ-nə uyğun gələn maksimum işin hesablanması aşağıda verilmişdir (E^0_{cu}- E^0_{Zn} üçün).

$$A_{maks}=nF\cdot EhQ=2\cdot 96500\cdot 1,1=212,3 \text{ kC}.$$

2. 0,1M $Zn(NO_3)_2$ məhluluna salınmış sink elektrodu ilə 2M $Pb(NO_3)_2$ məhluluna salınmış qurğuşun elektrodundan düzəldilmiş qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsini tapın.

Həlli:

Sink elektrodun potensialı:

$$E_{Zn}=E^0_{Zn}+\frac{0,059}{n}\lg C_{Zn^{+2}}=-0,76+0,029(-1)=-0,79v$$

Qurğuşun elektrodun potensialı:

$$E_{Pb}=E^0_{Pb}+\frac{0,059}{n}\lg$$

$$C_{Pb^{+2}}=-0,13+\frac{0,059}{n}\lg 2=-0,13+0,029\cdot 0,3010=-0,12v.$$

Sonra isə qalvanik elementin EhQ-ni tapaq.

$$EhQ=E_{Pb}-E_{Zn}=-0,12-(-0,79)=0,67v.$$

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. a) Cu/0,001 2-ion// Cu^{+2} v) Zn/0,002H $ZnSO_4$
   b) Ag/0,01N $AgNO_3$ q) Al/0,005M $Al_2(SO_4)_3$

cütləri üçün elektrod potensiallarını hesablayın.

2. Əgər $CuSO_4$-ın dissosiasiya dərəcəsi α=40%-dirsə Cu/0,1M $CuSO_4$ sistemi üçün elektrod potensialını hesablayın.

3. Nikel lövhələri $MgSO_4$, NaCl, $CuSO_4$, $AuCl_3$, $ZnCl_2$, $Pb(NO_3)_2$ duzlarının məhlullarına salınmışdır. Nikel hansı duzlarla reaksiyaya girəcəkdir? Reaksiyanın tənliklərini yazın.

4. Zn/0,1M $ZnSO_4$ sisteminin elektrod potensialı 0,81013v-dür. Verilmiş məhlulda $\alpha ZnSO_4$-ü tapın.

5. pH-ı X olan Pt, H_2/məhlul elektrodunun potensialı - 295 mv-dur. X-i tapın.

6. Pt, H_2/naməlum qatılıqda HCl məhlulu, elektrodunun potensialı - 118 mv-dür. Xlorid turşusu məhlulunun normal qatılığını və onun titrini mq/ml-lə tapın.

7. Pt, H_2/[NaOH] elektrodunun potensialı - 767 mv-a bərabərdir. NaOH məhlulunun normal qatılığını və titrini mq/ml-lə tapın.

8. Aşağıda molekulyar formada verilmiş kimyəvi dövrəni ion formasında yazın.

a) $Zn/ZnSO_4//CuSO_4/Cu$
b) $Al/Al_2(SO_4)_3//AgNO_3/Ag$
v) $Fe/FeCl_3//H_3PO_4/H_2Pt$.

9. İon şəklində yazılmış dövrələri molekulyar formada göstərin.

a) $Hg/Hg^{2+}//Mn^{+2}/Mn$ v) $Pt/Pt^{4+}//Cr^{3+}/Cr$
b) $Fe/Fe^{3+}//Au^{3+}/Au$ q) $H_2/2H^{+}//Ag^{+}/Ag$

10. Aşağıdakı komponentlərin kimyəvi dövriyyəsini tərtib edin.

a) Ag, Fe, Fe^{2+}, Ag^{+}; b) $MnSO_4$, Mn, $CuSO_4$, Cu.

11. (-)$Al/Al^{3+}//Cr^{3+}/Cr$(+) qalvanik elementinin müsbət elektrodunun 40 san işi müddətində 20,8 mq xrom çökmüşdür. Bu zaman alüminium elektrodun neçə milliqram azaldığını tapın. Cərəyanın gücünü amperlə hesablayın ($1K=6,25\cdot 10^{18}e^{-}$).

12. Aşağıdakı qalvanik dövrlərin elektrik hərəkət qüvvəsini hesablayın.

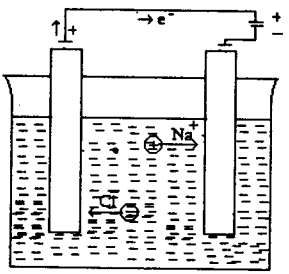
a) Pb/0,01MPb$(NO_3)_2$//0,01MMgSO_4/Mg
b) Ag/0,01MAgNO_3//0,02N H_2SO_4/H_2,Pt
v) Fe/0,01MFeSO_4//0,01MAuCl/Au
q) Cu/0,01 q-ion/l Cu^{+2}//H_2O/H_2, Pt

Elektroliz

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə əsasən elektrolitlər ərinti halında və məhlullarda ion keçiriciliyinə malikdir, yə'ni xarici elektrik hərəkət qüvvəsi mənbəyinin tə'siri ilə ionlar istiqamətlənmiş hərəkət edirlər. Bu zaman müsbət yüklü ionlar (kationlar) katoda (K^-), mənfi yüklənmiş ionlar (anionlar) isə anoda (A^+) tərəf hərəkət edirlər (şəkil 27).

Kationlar katoddan özlərinə elektron birləşdirib reduksiya olunur, anionlar isə öz elektronlarını anoda verib oksidləşir.

Elektrolit məhlulundan və ya ərintisindən elektrik cərəyanı buraxdıqda elektrodlarda gedən oksidləşmə-reduksiya prosesinə elektroliz deyilir.



Şəkil 27. NaCl ərintisinin elektrolizi sxemi.

Natrium-xlorid ərintisindən ($t_{ər}$=800°C) elektrik cərəyanı buraxıldıqda, katodda Na^+ ionları reduksiya olunur, anodda isə Cl^- ionları oksidləşir. Bu proseslərin sxemini aşa-ğıdakı kimi göstərmək olar.

$$NaCl$$
$$\downarrow\uparrow$$
(reduksiyaedici) katod $\leftarrow Na^+ + Cl^- \rightarrow$ anod (oksidləşdirici)

$$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na^0 \qquad 2Cl^- - 2e^- = Cl_2^0$$

və ya $2NaCl \xrightarrow{\text{ərinti}} 2Na + Cl_2$

Deməli, qalvanik elementlərdə ki proseslərin əksinə olaraq elektroliz zamanı oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları elektrik cərəyanı hesabına baş verir.

Elektroliz zamanı elektrodlarda baş verən elektrokimyəvi proseslərin xarakteri aşağıdakı amillərdən asılıdır:

1. Ionun təbiətindən; 2. Həlledicinin təbiətindən; 3. Elektrolitin qatılığından; 4. Elektrodun hazırlandığı materialdan; 5. Temperaturdan; 6. Cərəyan sıxlığından.

Məsələn, natrium-xloridin ərintisi əvəzinə onun suda məhlulu elektrolizə uğradıqda katodda natrium deyil, hidrogen ayrılır.

Bu səbəbdən elektrolit ərintilərinin və məhlullarının elektrolizini bir-birindən fərqləndirmək lazımdır.

Ərintilərin elektrolizi. Ərintilərin elektrolizi zamanı katodda əvvəlcə daha böyük standart elektrod potensialına malik kationlar reduksiya olunur, anodda isə nisbətən kiçik elektrod potensialına malik anionlar oksidləşir.

Məsələn, tərkibində Li^+, Na^+, Ca^{+2}, Al^{3+} kationları və Cl^-, Br^-, J^- anionları olan ərintinin elektrolizi zamanı ionların oksidləşməsi və reduksiyası aşağıdakı ardıcıllıqla baş verir:

Katodda əvvəlcə alüminium (E^0= -1,66v), sonra natrium (E^0= -2,71), daha sonra kalsium (E^0= -2,87) və axırda litium (E^0= -3,04v) kationları reduksiya olunacaq;

Anodda - əvvəlcə yod (E^0= +0,54), sonra brom (E^0= +1,06) və axırda xlor (E^0=+1,35v) ionları oksidləşəcəkdir.

Elektrolitlərin suda məhlullarının elektrolizi

Məhlulların elektrolizi zamanı elektrod proseslərində su molekulları, həmçinin nisbi qatılığı mühitlə müəyyən olunan H^+ və OH^- ionları da iştirak edə bilər. Lakin bu halda da, bu və ya digər elektrokimyəvi prosesin üstünlüyü standart elektrod potensialının qiyməti ilə müəyyən olunur.

Məsələn, natrium-xloridin suda məhlulunun elektrolizində katodda Na^+ (E^0=-2,71v) ionları əvəzinə su molekulları (E^0= 1,23v) reduksiya olunur:

$$2H_2O+2e^-=H_2\uparrow+2OH^-$$

anodda isə xlorid ionları oksidləşir:

$$2Cl^- - 2e^- = Cl_2\uparrow$$

Elektroliz zamanı hidrogen və xlor qazının ayrılması ilə yanaşı, məhlulda (katodun yaxınlığında) natrium-hidroksid NaOH toplanır. Natrium-xloridin suda məhlulunun elektrolizinin ion və molekulyar tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$K^-: 2H_2O+2e^-=H_2+2OH^-$$
$$A^+: 2Cl^- - 2e^-=Cl_2$$

$$2H_2O+2Cl^- \quad H_2+Cl_2+2OH^-$$
$$2NaCl+2H_2O \quad H_2+Cl_2+2NaOH$$

Elektrolitlərin suda məhlullarının elektrolizi zamanı katodda baş verən reduksiya prosesinin xarakterini bilmək üçün aşağıdakı qaydalardan istifadə edirlər:

1. Katodda standart elektrod potensialı hidrogenə nisbətən böyük olan ionlar (Cu^{+2}-dən Au^{+3}-dək) reduksiya olunur. Məsələn,

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{+2}+SO_4^{-2}$$
$$K^-: Cu^{+2}+2e^- \rightarrow Cu^0$$
$$A^+: 2H_2O-4e^- \rightarrow 4H^++O_2\uparrow$$
$$2CuSO_4+2H_2O \rightarrow 2Cu+2H_2SO_4+O_2\uparrow$$

2. Katodda standart elektrod potensialı çox kiçik olan metal ionları (Li^+-dan Al^{+3}-dək) reduksiya olunmur, onların əvəzinə su molekulları reduksiya olunur. Məsələn,

$$NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$$
$$K^-: 2H_2O+2e^- \rightarrow H_2+OH^-$$
$$A^+: 2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$$
$$2NaCl+2H_2O \rightarrow H_2\uparrow+2NaOH+Cl_2$$

3. Standart elektrod potensialları sırasında alüminiumla hidrogen arasında yerləşən metal ionları katodda su molekulları ilə birlikdə reduksiya olunur. Məsələn,

$$NiSO_4 \rightleftharpoons Ni^{+2}+SO_4^{-2}$$
$$K^-: a)\ Ni^{+2}+2e^- \rightarrow Ni^0$$
$$b)\ 2H_2O+2e^- \rightarrow H_2\uparrow+2OH^-$$
$$A^+: 2H_2O - 4e^- \rightarrow O_2\uparrow+4H^+$$
$$a)\ NiSO_4+2H_2O \xrightarrow{elek-liz} Ni+O_2\uparrow+H_2\uparrow+H_2SO_4$$
$$b)\ 2H_2O \xrightarrow{elek-liz} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$$

Katodda gedən a və b prosesləri eyni vaxtda və bir-birindən asılı olmadan qatılıqların nisbətindən və cərəyanın gərginliyi və şiddətindən asılıdır.

Ümumi tənliklərdən a və b paralel gedir. Əvvəlcə a reaksiyası üstünlük təşkil edir, sonra məhlulda nikel ionlarının qatılığı azalır, hidrogen ionlarının qatılığı artır və buna əsasən də b prosesinin intensivliyi artır.

Yuxarıda deyilənləri sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar.

Metalların standart elektrod potensialları sırası

Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	H_2	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
-3,04		-2,71		-1,66	-1,18			-0,44			-0,13	0,0		0,34		0,81	1,50	

Katodda kationların reduksiyası sırası		
Li^+ K^+ Na^+ Mg^{+2} Al^{+3}	$Mn^{+2}Zn^{+2}Fe^{+2}Ni^{+2}$ Pb^{+2}	Cu^{+2} Ag^{+2} Au^{+3}
çətin yüksüzləşən kationlar	bu kationların məhlullarının elektrolizində	asan yüksüzləşən kationlar
yalnız H_2 ayrılır	həm metal, həm də H_2 ayrılır	yalnız metal ayrılır

Əgər məhlul müxtəlif kationların qarışığından ibarətdirsə, onda onların katodda reduksiyası müvafiq metalların standart elektrod potensiallarının cəbri qiymətinin azalması sırası ilə baş verir. Belə ki, Ag^+, Ni^{+2}, Al^{+3} qarışığından əvvəlcə Ag^+ (E^0=0,80v), sonra Ni^{+2} (E^0= -0,25v) və ən axırda Al^{+3} (E^0= -1,66v) kationu reduksiya olunacaq.

Anodda baş verən proseslərin xarakteri anodun hazırlandığı materialdan asılıdır.

Anodlar həll olmayan və həll olan olur. Həll olmayan anodlar əsasən qrafitdən, platindən və irridiumdan hazırlanır. Həll olan anodlar isə misdən, nikeldən, alüminiumdan və s. hazırlanır.

Həll olmayan anodda anionların və su molekulunun oksidləşməsi baş verir. Bu zaman:

4. Əgər elektrolizə oksigensiz turşular (HCl, HBr, HJ, H_2S) və ya onların duzları uğrayırsa, onda anionlar S^{-2}, J^{-2} (E^0=0,54), Br^- (E^0=1,06v), Cl^- (E^0=1,35) ardıcıllığı ilə oksidləşərək müvafiq bəsit maddələrə (S, J_2, Br_2, Cl_2) çevrilir. Suda məhlullarda F^- anionu oksidləşmir; oksidləşməyə su molekulları məruz qalır. F^- anionu yalnız ərintidə oksidləşir.

$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$ $\quad$ $KJ \rightleftarrows K^+ + J^-$

$K^-: 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ $\quad$ $K^-: 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2\uparrow + OH^-$

$A^+: 2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$ $\quad$ $A^+: 2J^- - 2e^- \rightarrow J_2$

$2HCl \xrightarrow{elek-liz} H_2 + Cl_2$ $\quad$ $KJ + 2H_2O \xrightarrow{elek-liz} H_2 + KOH + J_2$

5. Əgər elektrolizə oksigenli turşular (HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4, H_2CO_3) və ya onların duzları uğrayırsa, onda anodda anionlar (NO_3^-, SO_4^{-2}, PO_4^{-3}, CO_3^{-2}) deyil, su molekulları oksidləşir və oksigen ayrılır. Məsələn,

a) $H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^+ + SO_4^{-2}$

$K^-: 2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$	2	1	2
$A^+: 2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2\uparrow$	4	2	1

$4H^+ + 2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + 4H^+ + O_2\uparrow$

$2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$

$Cu(NO_3)_2 \rightleftarrows Cu^{+2} + 2NO_3^-$	
$K^-: Cu^{+2} + 2e^- = Cu^0$	2
$A^+: 2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2\uparrow$	1

$2Cu(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{elek-liz} 2Cu + 4HNO_3 + O_2\uparrow$

Həll olan anodda aşağıdakı proseslər gedə bilər: 1. Anodun oksidləşməsi; 2. Məhlulun anionlarının oksidləşməsi; 3. Oksigen ayrılmaqla suyun oksidləşməsi. Bu üç prosesdən E^0-ın qiyməti kiçik olan proses əvvəlcə gedir.

Məsələn, mis 2-sulfat $CuSO_4$ məhlulunun mis anodla elektrolizi zamanı anodun özü oksidləşir, çünki bu prosesə sərf olunan enerji digər iki prosesə nisbətən kiçikdir.

1) $\underset{\text{anod}}{Cu} - 2e^- \rightarrow Cu^{2+}$ $\quad$ 2) $2SO_4^{-2} - 2e^- \rightarrow S_2O_8^{-2}$ (E^0=2,01v)

(E^0=0,34v) $\quad$ 3) $2H_2O - 4e^- \rightarrow 4H^+ + O_2\uparrow$ (E^0=1,23v).

Həll olan anodla aparılan elektrolizdən metal örtüklərin alınmasında, həmçinin metalların qarışıqlardan təmizlənməsində istifadə olunur. Axırıncı proses metalın elektrolitik saflaşdırılması adlanır.

Həll olan anodla aparılan elektroliz prosesinə $CuSO_4$-tın məhlulda elektrolizini misal göstərə bilərik. Həll olan anod kimi mis anoddan istifadə edilir. Bu zaman mis anod oksidləşərək ion for-

masında məhlula keçir və tədricən həll olur. Mis ionlarının standart elektrod potensialı suyun potensialından böyük olduğundan onlar katodda daha asan reduksiya olunaraq metal halında elektrodun səthində toplanır. Nəticədə nə qədər mis oksidləşərək məhlula keçirsə, o qədər də mis ionları reduksiya olunaraq məhluldan ayrılır.

Anodda: $Cu^0-2e^- \rightarrow Cu^{+2}$; katodda: $Cu^{+2}+2e^- \rightarrow Cu^0$.

Beləliklə, mis anoddan katoda keçir və anod həll olub qurtarana qədər elektroliz davam edir.

Qeyd edilməlidir ki, yuxarıda göstərilmiş elektroliz prosesləri turş mühitdə aparılarsa, katodda su əvəzində hidrogen ionlarının reduksiyası ($2H^++2e^-=H_2$); əsasi mühitdə getdikdə isə anodda suyun yox, hidroksid ionlarının oksidləşməsi baş verir ($4OH^- =4e^- =2H_2O+O_2$).

Elektroliz zamanı hər bir elektrolitin elektrodlar səthində ayrılması üçün, müəyyən minimum elektrik gərginliyi tələb olunur. Həmin gərginlik elektrolitin parçalanma gərginliyi adlanır.

Elektrolizin baş verməsi üçün elektrodlar arasında yaranan minimum gərginliyə elektrolitin parçalanma gərginliyi deyilir.

$$\Delta E=E_{anod}-E_{katod}$$

Elektroliz ya kənardan verilən elektrik gərginliyi parçalanma gərginliyinin qiymətinə çatdıqda, elektroliz prosesi praktiki müşahidə olunur. Lakin əksər hallarda elektrolizin getməsi üçün daha çox gərginlik tələb olunur. Parçalanma gərginliyinin artmasına səbəb elektrodların polyarizasiyası hesabına qalvanik elementin EhQ-nin xarici gərginliyin əksinə yönəlməsi və həmçinin daxili elektrik müqavimətinin olmasıdır.

Parçalanma gərginliyiilə qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsi arasındakı fərqə əlavə gərginlik və ya ifrat gərginlik deyilir və $\Delta E_u=E_p-EhQ$ formulu ilə ifadə olunur.

Tətbiqi. Elektrolizdən qələvilərin, xlorun, hidrogenin manqan 4-oksidin alınmasında və s. geniş istifadə olunur. Al, Mg, Na, Cd yalnız elektrolizlə alınır. Misin, nikelin və qurğuşunun təmizlənməsi də elektrokimyəvi üsulla həyata keçirilir. Elektroliz qalvanostekimya və qalvanoplastikanın əsasını təşkil edir.

Qalvanostekimya yolu ilə metal əşyaları korroziyadan qorumaq, eləcədə gözəl xarici görünüş vermək üçün onların səthinə digər metalın-xromun, qızılın, gümüşün, misin, nikelin nazik təbəqəsini çəkirlər.

Qalvanoplastika relyefli əşyaların sür'ətinin çıxarılmasında geniş istifadə olunur.

Həll olmayan anodla elektrolitlərin suda məhlullarının elektrolizinə aid misallar

1. KJ-din elektrolizi.

KJ-id suda dissosiasiya edir.

$$KJ \rightleftarrows K^+ + J^-$$

Elektroliz qaydalarının 2-ci bəndinə əsasən katodda su molekulları reduksiya olunur və hidrogen ayrılır.

4-cü bəndə əsasən isə anodda J^- ionları oksidləşir.

$$K^-: 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$
$$A^+: 2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$$

ümumi tənlik $2KJ + 2H_2O \rightarrow H_2 + 2KOH + J_2$

2. K_2SO_4-ün sulu məhlulunun elektrolizi.

$$K_2SO_4 \rightleftarrows 2K^+ + SO_4^{-2}$$

Elektroliz qaydalarının 2-ci bəndinə əsasən katodda H_2 ayrılır. 5-ci bəndə əsasən isə anodda su molekulları oksidləşir və O_2 ayrılır. Anodun ətrafında isə H^+ ionları yığılır.

$K^-: 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2\uparrow + OH^-$	2	1	2
$A^+: 2H_2O - 4e^- \rightarrow O_2 + 4H^+$	4	2	1

Verilən və alınan elektronların sayını bərabərləşdirib hər iki tənliyi toplayaq.

$$6H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2 + (4H^+ + 4OH^-)4H_2O \text{ buradan}$$

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

Deməli, faktiki olaraq suyun elektrolizi baş verir. Katod ətrafında kalium-hidroksid KOH, anod ətrafında isə sulfat turşusu H_2SO_4 yığılır.

Əgər katod və anod arasında arakəsmə yoxdursa və məhlul qarışdırılırsa, prosesin yekun tənliyi $2H_2O \rightarrow H_2 + O_2$ tənliyi kimi olur, yə'ni K^+ və SO_4^{-2} ionları katodda və anodda gedən proseslərdə iştirak etməyib yalnız məhlulun keçiriciliyini artırır.

Katod və anod arakəsmə ilə ayrıldıqda, elektrodlarda alınan hidrogen və oksigenlə yanaşı, elektroliz məhsulu olan KOH və H_2SO_4 turşusunu da ayırmaq olar.

$$2K_2SO_4+6H_2O\rightarrow 2H_2+4KOH+O_2+2H_2SO_4$$

3. Natrium-hidroksidin elektrolizi

$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-$

$K^-: 2H_2O+2e^-\rightarrow H_2\uparrow+2OH^-$	2	1	2
$A^+: 4OH^- - 4e^- \rightarrow 2H_2O+O_2$	4	2	1

$$4H_2O+4OH^- \rightarrow 2H_2+2H_2O+4OH^-+O_2$$

$$2H_2O\rightarrow 2H_2+O_2$$

4. Gümüş nitratın elektrolizi.

Əvvəlcə dissosiasiya edir.

$$AgNO_3 \rightleftarrows Ag^+ + NO_3^-$$

Elektrolizin 1-ci bəndinə əsasən katodda Ag^+ ionları reduksiya olunacaq. Anodda isə su molekulları oksidləşəcək.

$K^-: Ag^+ + e^- \rightarrow Ag^0$	1	4
$A^+: 2H_2O-4e^- \rightarrow O_2+4H^+$	4	2

$$4AgNO_3+2H_2O\rightarrow 4Ag+O_2+4HNO_3$$

Nəticədə məhlulda nitrat turşusu yığılır.

Faradey qanunları

Elektroliz zamanı sərf olunan elektrik yükünün miqdarı ilə elektrodlarda ayrılan maddənin kütləsi arasındakı asılılıq Faradeyin iki qanunu ilə ifadə olunur:

1) Elektroliz zamanı elektrodda ayrılan maddənin kütləsi elektrolitdən keçən elektrik yükünün miqdarı ilə düz mütənasibdir.

$$m=K_E \cdot Q \ (m=Mq,\ q;\ Q \text{ - kulon } (Kl)).$$

K_E - mütənasiblik əmsalı olub, elektrokimyəvi ekvivalent adlanır və Mq/Kl ilə ifadə olunur.

$Q=J \cdot t$ olduğundan $m=K_E \cdot J \cdot t$ burada J-cərəyan şiddəti (A-amper), t-zaman (san.).

Əgər J=1A, t=1 san. olarsa, $Q=1A \cdot 1san.=1\ Kl$ olar, onda $m=K_E$ olur. Yə'ni,

elektrokimyəvi ekvivalent - 1 saniyə ərzində 1A cərəyan şiddətinin və ya 1*Kl* elektrik yükünün tə'siri ilə elektrodlarda ayrılan maddənin kütləsidir.

2) Müxtəlif maddələrin elektrolizi zamanı eyni miqdarda elektrik yükünün elektrodlarda ayırdığı maddələrin kütlələrinin (m) onların ekvivalent kütlələrinə (Me_K) olan nisbəti bir-birinə bərabərdir.

$$\frac{m_1}{Me_{K_1}} = \frac{m_2}{Me_{K_2}}$$

Başqa sözlə, elektroliz zamanı eyni miqdarda elektrik yükü müxtəlif birləşmələrdən ekvivalent miqdarda maddə ayırır.

İstənilən maddənin bir mol-ekvivalent kütləsini ayırmaq üçün eyni miqdarda elektrik yükü sərf olunur. Bu ədədə Faradey ədədi deyilir.

Faradey ədədi Avaqadro ədədi ilə elektronun yükünün hasilinə bərabərdir:

$$F=N_A \cdot e^- = 6{,}022 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}6022 \cdot 10^{-19} Kl = 96500\ Kl.$$

Elektrolit məhlulundan 96500 *Kl* elektrik yükü keçdikdə elektrodlar üzərində maddənin onun ekvivalent kütləsinə ($M_{ek.}$) bərabər miqdarı oksidləşir və ya reduksiya olunur.

$$M_{ek}=K_E \cdot F \quad \text{və ya} \quad K_E=\frac{M_{ek}}{F}$$

Məsələn, gümüşün elektrokimyəvi ekvivalenti

$$K_{Ag}=\frac{108}{96500}=0{,}011281 \text{ q/}Kl$$

Sink üçün isə

$$K_{Zn}=\frac{65{,}38}{2 \cdot 96500}=0{,}0003281 \text{ q/}Kl.$$

$K_E=M_{ek}/F$ ifadəsini $m=K_E \cdot J \cdot t$ tənliyində yerinə yazsaq, aşağıdakı riyazi ifadəni alarıq:

$$m=\frac{M_{ek} \cdot J \cdot t}{F}=\frac{M_{ek} \cdot J \cdot t}{96500}$$

Bu tənliklə elektroliz qanunlarına əsaslanan bütün hesablamaları aparmaq olar.

Elektrolizə aid nümunəvi məsələ həlli

1. 50A cərəyan şiddətində və 5 saat müddətində misin reduksiya olunması zamanı 281 qr təmiz mis ayrılmışdır. Cərəyana görə çıxımı tapın.

Həlli:

$$m_{nəzəri}(Cu)=K_E \cdot J \cdot t=1{,}036 \cdot 10^{-5} M(1/2Cu) J \cdot t=1{,}036 \cdot 10^{-5} \cdot 31{,}8 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 60=296{,}5 \text{ q.}$$

$$\eta_{cər.}=m_{təcrübi}/m_{nəzəri} \cdot 100\%=281 \cdot 100/296{,}5=95\%.$$

2. Mis-2sulfat məhlulundan 20 dəqiqə müddətində 5 amper cərəyan keçirilsə, katodda neçə qram mis toplanır?

Həlli: Q=J·t düsturu ilə məhluldan keçən elektrikin miqdarını tapaq.

J=5A; t=20 dəqiqə=1200 san. Buradan

$$Q=5 \cdot 1200=6000 Kl.$$

Misin atom kütləsi Ar(Cu)=63,54 olduğundan onun ekvivalenti E_{Cu}=63,54:2=31,77-dir. Deməli, 96500 *Kl* yük 31,77 q mis ayıracaqdır. Misin axtarılan miqdarı.

$$m(Cu)=\frac{E \cdot Q}{F}=\frac{31{,}77 \cdot 6000}{96500}=1{,}975 \text{ q.}$$

3. Tərkibində 31,9 q $CuSO_4$ olan məhluldan 32 dəqiqə 10 san. müddətində 10A cərəyan buraxılır. Məhluldan ayrılan misin kütlə payını tapın.

Həlli: Əvvəlcə məhluldan keçən yükün miqdarını tapaq.

$$t=32 \text{dəq.} \cdot 10 \text{san.}=32.60+10=1930 \text{ san.}$$

$$Q=J \cdot t=10 \cdot 1930=19300 Kl.$$

Sonra isə ayrılan misin kütləsini tapaq. E_{Cu}=31,8 olduğundan.

96500 *Kl* → 31,8 q Cu ayırarsa
19300 *Kl* → X q Cu ayırar. | X=6,36 q Cu

Götürülmüş duzun tərkibindəki misin kütləsi isə aşağıdakı kimi tapılır.

159,56 q $CuSO_4$-də→63,6 q Cu vardır
31,9 q $CuSO_4$-də isə →X q Cu olar | X=12,72 q Cu

Elektrolizdən sonra məhlulda qalan Cu-in kütləsi isə 12,72-6,36=6,36 q olar.

Ayrılan misin kütlə payını tapaq.

$$W(Cu)=\frac{6{,}36}{12{,}72} \cdot 100\% = 50\%.$$

4. 0^0C temperaturda və 760 mm.c.süt. təzyiq 5,6 *l* hidrogen almaq üçün, turşu məhlulundan nə qədər vaxtda 10A cərəyan keçməlidir?

Həlli: Əvvəlcə 5,6 *l* hidrogen almaq üçün məhluldan keçirilməsi lazım gələn elektrikin miqdarını tapırıq. Hidrogenin 1 molyar ekvivalentinin həcmi normal şəraitdə 11,2 *l* olduğundan, axtarılan elektrik yükünün miqdarı

$$96500\ Kl \rightarrow 11{,}2\ l\ H_2 \text{ ayırırsa}$$
$$Q\ Kl \rightarrow 5{,}6\ l\ H_2 \text{ ayırar}$$
$$Q=\frac{96500\cdot 5{,}6}{11{,}2}=48250\ Kl \text{ olar.}$$

Sonra cərəyanın keçdiyi müddəti tapırıq.

$$t=Q/J=48250/10=4825 \text{ san}=1 \text{ saat } 20 \text{ dəq. } 25 \text{ san.}$$

5. Qatılığı 2 mol/*l* olan 1 *l* HCl məhlulundan 10A cərəyan keçirilsə, xlorun tamamilə ayrılmasına sərf olunan vaxtı tapın.

Həlli: Əgər C(HCl)=2 mol/*l*-dirsə, deməli 1 *l* HCl məhlulunda ν(HCl)=2 mol HCl vardır və onun parçalanmasına 2·96500 *Kl* elektrik sərf olunur.

Q=Jt olduğundan t=Q/J olur. Ona görə də

$$t=2\cdot 96500/10=19300 \text{ san}=5 \text{ saat } 2 \text{ dəq.}$$

6. Tərkibində Cu^{+2} ionları olan məhluldan 5 dəqiqə ərsində sabit cərəyan buraxılır. Bu zaman müddətində katodun kütləsi 1,24 q artmışdır. Elektroliz üçün sərf olunan cərəyanın şiddətini tapın.

Həlli: $K_E(Cu)=3{,}29\cdot 10\text{-}4$ q/*Kl*; $t=5\cdot 60=300$ san; ayrılan misin kütləsi m=1,24 q.

m=K_E·Jt, buradan

$$J=m/K_E\cdot t=1{,}24/3{,}29\cdot 10^{-4}\cdot 3\cdot 10^2=12{,}6A.$$

7. Qüvvəsi 2,5 amper olan cərəyanla 30 dəqiqədə $SnCl_2$ məhlulundan 2,77 q qalay ayrıldığı mə'lum isə qalayın ekvivalentini tapın.

Həlli:

$$Q=J\cdot t=2{,}5\cdot 30\cdot 60=4500\ Kl.$$
$$4500\ Kl \rightarrow 2{,}77 \text{ q Sn ayırırsa}$$
$$96500\ Kl \rightarrow E_{Sn} \text{ q Sn ayırar.}$$
$$E_{Sn}=96500\cdot 2{,}77/450=59{,}4$$

8. Tərkibində Al^{+3} ionları olan ərintidən elektroliz yolu ilə 1000 kq alüminium almaq üçün 4,5V gərginlik sərf olunur. Minimal elektrik miqdarını (kVt·saat) tapın.

Həlli: $E_{Al}=9$

$$96500\ Kl \rightarrow 9 \text{ q } Al \text{ ayırarsa}$$

X *Kl* → 10^6 q *Al* ayırar.

X=1,07.10^{10} *Kl*

1 Vt = 1coul/1san., ona görə Vt·san - bu couldur.

Kilovat-saat (kVt·saat) - elektrik enerjisinin vahididir.

1000 Vt·3600 = 3,6·10^6Vt san=3,6·10^6 coul.

1coul = 1 *Kl* ·V, ona görə,

1 kVt·saat→3,6·106 coul→3,6·10^6 *Kl* ·V

X kVt·saat→1,07·10^{10} *Kl* · 4,5V

X=1,33·10^4 kVt·saat.

9. Kobalt-sulfatın sulu məhlulunun elektrolizi zamanı parçalanma potensialının qiyməti nə qədərdir?

K(-)Co/Co^{+2}//2H_2O/O_2+4H^+(+A)

φ^0V: -0,277 1,229

$E_{parç}$=1,229-(-0,277)=1,506V.

Müstəqil həll etmək üçün məsələlər

1. KBr, K_2CO_3, $AlCl_3$ duzlarının sulu məhlulunun elektrolizi tənliklərini yazın (həll olan anodla).

2. Eyni molyar qatılıqda götürülmüş Fe^{2+}, Cr^{+3}, Pb^{+2}, Hg^{+2}, Mn^{+2} ionlarının məhlulda elektrolizi zamanı reduksiya olunma ardıcıllığını göstərin.

3. $BaCl_2$, NaBr, $ZnSO_4$, $Zn(NO_3)_2$ duzlarının suda məhlulunun elektrolizi zamanı katod və anodda baş verən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının elektron-ion tənliklərini və elektrolizin ümumi tənliyini yazın.

4. 1 ion Na^+, 1 ion Ca^{+2}, 1 ion Al^{+3}, 1 mol Na^+ ionu və 1 mol Al^{+3} ionunun neytral metala qədər reduksiya olunmasına nə qədər elektron lazımdır.

5. 6·10^{23} mis kationu Cu^{+2} metallik misə qədər reduksiya olunur. Bunun üçün nə qədər elektron tələb olunur və elektronların ümumi yükünün cəmi nə qədərdir?

6. Sink-yodidin suda məhlulunun elektrolizi zamanı anodda 25,4 q yod, katodda 5 q sink ayrılmışdır. Yodun çıxımını 100% qəbul edərək, sinkin çıxımını hesablayın.

C a v a b: η(Zn)=77%.

7. 250 qr NaCl-id məhlulunun elektrolizindən 33,6 l (n.ş.) qaz ayrılmışdır. İlkin məhlulda NaCl-din kütlə payını tapın.

C a v a b: 35,1%.

8. Sulfat turşusu məhlulundan 20 dəqiqədə, normal şəraitdə ölçülmək şərti ilə, 280 ml guruldayıcı qaz ayıran cərəyanın qüvvəsini müəyyən edin.

C a v a b: 0,34A.

9. $AgNO_3$ və $Bi(NO_3)_3$ məhlullarından eyni miqdarda elektrik keçirdikdə $AgNO_3$ məhlulundan katodda 0,9 q Ag ayrılmışdır. İkinci məhluldan ayrılan bismutun miqdarını hesablayıb tapın.

C a v a b: 0,58 q.

10. Qüvvəsi 5A olan cərəyanla 1 mol suyu parçalamaq üçün nə qədər vaxt lazımdır?

11. 0,5 *l* $CuCl_2$ məhlulunun ($\rho \approx 1$ q/sm^3) elektrolizindən katodda 6,35 q mis ayrılmışdır.

Duzun tam elektrolizə uğramasını nəzərə alaraq, anodda ayrılan qazın həcmini (n.ş.) və ilkin məhlulun faizlə qatılığını tapın.

C a v a b: 2,24 l Cl_2; 2,69% Cl_2.

12. Anodu sink olan element 2 saat müddətində 0,8A qüvvəsində cərəyan vermişdir. Bu zaman nə qədər sink sərf olunmuşdur?

C a v a b: 1,94 q.

13. $FeSO_4$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ məhlullarından 96500 *Kl* elektrik keçdikdə katodda ayrılan dəmirin kütləsini tapın.

C a v a b: 27,9; 18,6 və 18,6.

14. Cu SO_4 məhlulundan 1A cərəyan buraxılmışdır. Bu zaman katodda nə qədər mis ayrılar?

C a v a b: 2,4 q.

15. Qalayın birləşmələrindən birinin 3 dəqiqə müddətində 10A cərəyan şiddəti ilə elektrolizi zamanı elektrodlarda 0,544 qr metal və 209 ml (n.ş.) xlor ayrılmışdır. Bu birləşmənin formulunu tapın.

C a v a b: $SnCl_4$.

16. Birvalentli metal-xlorid ərintisinin elektrolizindən katodda 12,48 q metal, anodda isə 3,584 *l* xlor ayrılmışdır (n.ş.). Hansı metalın xloridi elektrolizə uğramışdır.

C a v a b: KCl.

17. 4A gücündə cərəyan 16 dəq 5 san müddətində elektrolizyordan buraxılır. Bu müddət ərzində katodda qurğuşunun birləşmələrindən birinin ərintisindən 4,14 q qurğuşun ayrılır. Bu birləşmənin qurğuşunun iki və ya dörd valentli birləşməsi olduğunu tapın.

18. Əgər cərəyana görə çıxım 80%-dirsə 2A cərəyan şiddətində 11,2 *l* (n.ş.) xlor ayırmaq üçün NaCl-din elektrolizinə nə qədər vaxt sərf olunar?

C a v a b: 16 saat 45 dəq.

19. 0,3A cərəyan şiddətində 2%-li $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ məhlulundan (ρ=1,01 q/ml) Ni-i tamamilə ayırmaq üçün nə qədər vaxt lazımdır. $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ kristalhidratının 100 ml-i götürülmüşdür və cərəyana görə çıxım 90%-dir.

C a v a b: 1 saat 25 dəq. 39 san.

20. Alüminium-oksidin ərintisinin elektrolizi zamanı 6 *l* (n.ş.) oksigen qazı alınmışdır. Elektroliz zamanı ayrılan oksigenin həcmcə 10,7%-i qrafit elektrodlarla qarşılıqlı tə'sirdə olub itkiyə uğradığını nəzərə alaraq, katodda ayrılan alüminiumun kütləsini tapın.

C a v a b: M(Al)=10,8 q.

21. Üçvalentli metal duzunun məhlulundan 30 dəqiqə müddətində 1,5 amperlik cərəyan keçdikdə katodda 1,07 q metal alınır. Metalın atom çəkisini tə'yin edin.

C a v a b: 114,72.

22. İki ardıcıl birləşdirilmiş elektrolizyorlarda olan HCl və $NiSO_4$ məhlullarının elektrolizi zamanı 3 q Ni ayrılır. 1-ci elektrolizyorda hansı həcmdə (n.ş.) xlor ayrılar?

C a v a b: 1,142 *l*.

23. Əgər Al_2O_3 ərintisinin elektrolizinə 6V gərginlikdə 5.10^4 kVt·saat elektrik enerjisi sərf edilərsə neçə kq Al ayrılar. Cərəyana görə çıxım 90%-dir.

C a v a b: 2520 kq

24. Sink-mis qalvanik elementi 6A cərəyan verir. Qalvanik elementin işləməsi zamanı hər dəqiqə ərzində nə qədər sink həll olur.

C a v a b: 0,121 q.

25. 268A cərəyan şiddətində 1 saat ərzində nikel-sulfat $NiSO_4$ məhlulu elektrolizə uğrayır. Bu zaman müddətində Ni ilə bərabər 11,2 *l* (n.ş.) hidrogen ayrılır. Cərəyana görə nikelin və hidrogenin çıxımını tapın.

C a v a b: 90 və 10%.

26. Bir-birilə birləşmiş elektroliz qablarında $MgCl_2$ və $X_2(SO_4)_3$ duzları eyni zamanda elektroliz ediləndə qablardan 1-də 12 q Mg, digərində isə 9 q X metalı toplanır. Buna görə X elementi dövrü cədvəlin hansı qrup elementidir? (Ar(X)=27).

ƏDƏBİYYAT

1. *Н.С. Ахметов.* Общая и неорганическая химия. Москва "Высшая школа",1988 г.,640 с.
2. *Дей К., Селбин Д.* Теоретическая неорганическая химия. Издательство "Химия", Москва, 1971 г., 416 с.
3. *М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин.* Общая и неорганическая химия. Издательство "Химия", 1981 г., 632 с.
4. Химия. Перевод с немецкого канд.хим.наук. *В.А. Молочко, С.В. Крыпкиной.* Москва "химия", 1989 г., 647 с.
5. *В.В. Фролов.* Химия. Учебное пособие для вузов. Москва "Высшая школа", 1986г., 543 с.
6. Общая химия в формулах, определениях, схемах. Под редакцией В.Ф. Тикавого. Издательство "Университетское", 1987 г., 501 с.
7. Справочник по элементарной химии. Под общей редакцией академика АН УССР А.Т.Пилипенко. Киев "Наукова Думка", 1978 г., 542 с.
8. *М. Фримантл.* Химия в действии в двух частях. I и II том. Москва "Мир", 1991 г.
9. *Z. Qarayev.* Qeyri-üzvi kimya "Maarif" nəşriyyatı, Bakı-1983, 439 s.
10. *Ş.Ə. Musayev, S.İ. Sadıqzadə, S.Ə. Novruzov.* Ümumi kimya. "Maarif" nəşriyyatı. Bakı-1989, 352 s.
11. ÖYS Kimya. Özlü konu anlatımı. İzahlı çözümlü və çözümsüz testler. 1987-1988-1989-1990-1991. Öss-öys soruları və çözümleri. Köksal Dinç, Ali Osman Şahin, Kardeş Matbaası. 1991, 423 s.
12. *Н.Е. Кузменко, В.В. Еремин, В.А. Попков.* Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. I том, Москва, 1998, 446 с.
13. *Н. Кузменко, В.Еремин, В.Попков.* Химия для школьников старших классов и поступающих в вузы. Москва, издательский дом "Дрофа", 1997, 526 с.
14. *V.M. Abbasov, M.M. Abbasov, A.M. Tağıyeva.* Kimya suallar və cavablarda. (köməkçi dərs vəsaiti), "İsmayıl" NPM, Bakı, 1998, 396 s.

15. *V.M. Abbasov, M.M. Abbasov, A.M. Tağıyeva, C.C. Musayev.* Kimyadan olimpiada məsələləri (həlli ilə). Bakı, 1999, 211 s.
16. *Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева.* Задача по неорганической химии. Москва "Высшая школа", 1990, 319 с.
17. *Н.Б. Любимова.* Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. Москва "Высшая школа", 1990, 351 с.
18. *İ.U. Lətifov, X.S. Zeynalova, B.A. Nəbiyev.* Kimya. Abituriyentlər üçün vəsait. "Azərbaycan" nəşriyyatı, Bakı-1993, 395 s.

MÜNDƏRİCAT

Giriş 3

I fəsil

KİMYANIN ƏSAS ANLAYIŞLARI

Maddə 6
Fiziki və kimyəvi hadisələr. Kimyəvi reaksiyalar 8
Saf maddələr və mexaniki qarışıqlar 10
Bəsit və mürəkkəb maddələr. Maddələrin sintezi və analizi 14
Atomlar və kimyəvi elementlər. Elementlərin təbiətdə yayılması... 16
Kimyəvi birləşmələrin molekulları 18
Kimyada atom-molekul tə'limi 20

II fəsil

KİMYƏVİ FORMULLAR VƏ KİMYƏVİ TƏNLİKLƏR ÜZRƏ STEXİOMETRİK HESABLAMALAR

Maddə miqdarı. Elementlərin və individual maddələrin kimyəvi işarələri 24
Birləşmələrin molekul kütləsinə görə elementin atom kütləsinin tapılması qaydası 26
Elementin atom istilik tutumuna əsasən atom kütləsinin tə'yini 27
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 27
Maddə miqdarı. Molyar kütlə və molyar həcm 28
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 32

III fəsil

STEXİOMETRİK QANUNLAR

Maddə kütləsinin saxlanması qanunu 33
Maddə tərkibinin sabitliyi qanunu 35
Həndəsi nisbətlər qanunu 37
Avoqadro qanunu. İdeal qazın molyar həcmi. Avoqadro ədədini tə'yinetmə metodları... 38
Nümunəvi məsələlər 40
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 43

IV fəsil

KİMYƏVİ FORMULLAR. KİMYƏVİ FORMULLAR VƏ KİMYƏVİ TƏNLİKLƏR ÜZRƏ HESABLAMALAR

Kimyəvi formullar. Kimyəvi formullar üzrə hesablamalar 45
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 53
Kimyəvi tənliklər üzrə hesablamalar 55
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 62
Ekvivalentlər qanunu. Ekvivalentlər qanununa əsasən hesablamalar 65
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 72

V fəsil

MADDƏNİN QAZ HALININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ İLƏ BAĞLI OLAN HESABLAMALAR

Qazların ümumi xassələri 74
Qazın təzyiqi və qazın təzyiqinin ölçülməsi 75
Qaz qanunları 77
Qazın ümumi hal tənliyi 80
Qazın həcminin normal və ya başqa şəraitə gətirilməsi 85
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 90
Sadə həcm nisbətləri qanununa əsasən hesablamalar 93
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 95
Qaz qarışıqları ilə əlaqədar olan hesablamalar 96
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 105
Parsial təzyiq və həcm 106
Qazların diffuziya qanunu 108
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 110
Qazların kinetikası 111

VI fəsil

MƏHLULLAR. MADDƏLƏRİN MƏHLULLARI İLƏ ƏLAQƏDAR OLAN HESABLAMALAR

Məhlullar 113
Məhlulların qatılığının dəyişməsi və bir qatılıq formasından digərlərinə keçilməsi ilə bağlı olan hesablamalar 128
Məhlulların qarışdırılması ilə aparılan hesablamalar 131
Turşu və əsasların məhlulda neytrallaşma problemləri ilə əlaqədar hesablamalar 134
Məhlulda ionların qatılıqlarının hesablanması 136
Məhlullar ilə saf maddələr arasındakı fərqlər 140
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 145
Kristalhidratlar, həll olma istiliyi 152
Nümunəvi məsələ həlli 153

VII fəsil

ATOM NÜVƏSİ VƏ NÜVƏ ÇEVRİLMƏLƏRİ

Atom nüvəsi 155
İzotoplar, izobarlar, izotonlar. İzomerlər və güzgü nüvələr 158
Atom nüvəsinin modeli və nüvələrin dövrü sistemi 160
Davamsız nüvələrin parçalanması. Radioaktivlik. 161
Radioaktiv parçalanmanın növləri 162
Qamma (γ) - şüalar[illegible]yrılması 164
Nüvə reaksiyaları 165
Yeni elementlərin sintezi 169
Kimyəvi elementlərin təbiətdə yayılması. Ulduzların enerji mənbələri və kainatda elementlərin təkamülü 170
Nüvə reaksiyalarına aid nümunəvi məsələ həlli 171
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 173
Atomun elektron quruluşu 174
Atomun Planetar (Rezerford) modeli 175
Hidrogen atomunun quruluşu haqqında Bor nəzəriyyəsi 177
Elektronun korpuskulyar-dalğa təbiəti 181
Şredinger tənliyi. Dalğa funksiyası ψ 183
Atom orbitalları və Kvant ədədləri 186
Atomda orbitalların dolma ardıcıllığı 189
Elementlərin elektron formulu 193
Dövri qanun və dövri sistem 194
Elementlərin dövri sisteminin əsas inkişaf mərhələləri 196
Atomun elektron quruluşu və elementlərin dövri sistemi 199
Elementlərin xassələrinin dövri dəyişməsi 207
Təbiətin inkişaf qanunları ilə dövri qanunun əlaqəsi 209
Atomun quruluşu və Dövri sistemə aid nümunəvi məsələ həlli 210
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 214

VIII fəsil

KİMYƏVİ RABİTƏ

İon rabitəsi 217
Kovalent rabitə 220
Kovalent rabitənin növləri 224
σ (siqma)-, π (pi)-, δ (delta)-rabitələr 226
Kovalent rabitənin xassələri 228
Lokallaşmış və delokallaşmış rabitələr 238
Hidrogen rabitəsi 239
Metal rabitəsi 240
Polyar və qeyri-polyar molekullar 241
Molekullar arası qarşılıqlı tə'sir. Van-Der-Vaals qüvvələri 244
Kovalent rabitənin əmələ gəlməsinin molekulyar orbitallar metodu ilə izahı 246
Molekulların elektron quruluşu 253

Kimyəvi rabitəyə aid nümunəvi məsələ həlli 256
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 258

IX fəsil

KİMYƏVİ REAKSİYALAR. KİMYƏVİ REAKSİYALARIN TİPLƏRİ

Birləşmə, parçalanma, əvəzetmə, dəyişmə və polimorf çevrilmə reaksiyaları 262
Kimyəvi reaksiyanın istilik effekti. Ekzometrik və endometrik reaksiyalar 263
Reaksiyanın istilik effektinin qrafik şəkildə göstərilməsi 267
Reaksiya istiliyinin ölçülməsi 268
Reaksiyanın istilik effektinə aid nümunəvi məsələ həlli 269
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 272
Kimyəvi reaksiyanın sür'əti 274
Homogen reaksiyaların sür'əti 276
Aktivləşmə enerjisi ilə reaksiya sürəti arasında əlaqə 277
Heterogen reaksiyaların sür'əti 279
Reaksiya sür'ətinə tə'sir edən amillər 281
Qatılığın reaksiya sür'ətinə tə'siri 281
Temperaturun reaksiya sür'ətinə tə'siri 284
Katalizatorun reaksiya sür'ətinə tə'siri 286
Kimyəvi reaksiyaların sür'ətinə aid nümunəvi məsələ həlli 293
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 295
Dönən və dönməyən reaksiyalar 297
Homogen reaksiyalarda tarazlıq 300
Heterogen reaksiyalarda tarazlıq 301
Kimyəvi tarazlığa tə'sir edən amillər 302
Temperaturun tarazlığa tə'siri 302
Kimyəvi tarazlığa aid nümunəvi məsələ həlli 304
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 308
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları. Oksidləşmə dərəcəsi 312
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının xüsusi halları 319
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının növləri 323
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına mühitin tə'siri 325
Oksidləşmə-reduksiya potensialı 325
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tətbiqi 329
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına aid nümunəvi məsələ həlli 332
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 334

X fəsil

ELEKTROLİTİK DİSSOSİASİYA

Elektrolitlər və qeyri-elektrolitlər 339
Elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi. Qüvvətli və zəif elektrolitlər 345
Reaksiyaların ion tənlikləri. İon reaksiyalarının dönməzlik şərtləri 353

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi baxımından turşular, əsaslar və duzlar 354
Suyun elektrolitik dissosiasiyası 356
Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə aid nümunəvi məsələ həlli 360
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 367
Duzların hidrolizi 369
Duzların hidrolizinə aid müstəqil həll etmək üçün məsələlər 374
Elektrokimya 374
Metalların standart elektrod potensialları və qalvanik elementlər 375
Metalların standart elektrod potensialları sırası 379
Standart elektrod potensiallarının hesablamasına aid nümunəvi məsələ həlli 384
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 385
Elektroliz 386
Elektrolitlərin suda məhlullarının elektrolizi 387
Həll olmayan anodla elektrolitlərin suda məhlullarının elektrolizinə aid misallar 392
Faradey qanunları 393
Elektrolizə aid nümunəvi məsələ həlli 395
Müstəqil həll etmək üçün məsələlər 397
Ədəbiyyat 400

Rəssamı
Stanislav Şatikov
Texniki redaktoru
Səlim Əhmədov
Korrektoru
Nasim Əjdər oğlu Abışov
Kompüter tərtibatçısı
Məhəbbət Orucov

Çapa imzalanmışdır 04.02.2000.
Kağız formatı 60x84 1/16
Şərti çap vərəqi 23,7.
Hesab-nəşr vərəqi 23.
Tirajı 5000.
Sifariş 51

Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyi

"Azərbaycan Ensiklopediyası" Nəşriyyat-Poliqrafiya Birliyi
Bakı-370004. Böyük Qala küç., 41.

"Qızıl Şərq" mətbəəsi
Bakı-370601. Həzi Aslanov küç., 80.