

A.Ə.VERDİZADƏ, N.A.VERDİZADƏ

# ANALİTİK KİMYA

(VƏSFI YARIMMİKROKİMYƏVİ ANALİZ)

Yenidən işlənmiş ikinci nəşri

*Azərbaycan Respublikası Təhsil  
Nazirliyi tərəfindən universitetlərin  
kimya fakültəsi tələbələri üçün  
dərslük kimi təsdiq edilmişdir.*

BAKI - 2002

Rəy verənlər: k.e.d., prof. N.X.Rüstəmov  
k.e.d., prof. Ö.İ.Əliyev  
k.e.n. T.İ.Əmrahov

İxtisas redaktorları: k.e.d., prof. D.H.Qəmbərov  
k.e.n. K.Ə.Quliyev

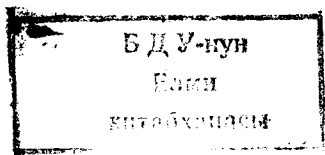
543  
+B36

A.Ə.Verdizadə, N.A.Verdizadə. Analitik kimya (vəsfi yarım-mikrokimyəvi analiz), Bakı, 2002, 624 səh.

Analitik kimyanın vəsfi yarım-mikrokimyəvi analizini əhatə edən kitab Universitetlərin kimya fakültəsi tələbələri üçün dərslikdir.

Kitabda analitik kimyanın ümumi nəzəri əsasları, qeyri üzvi maddələrin vəsfi analizinin nəzəriyyəsi, üsulları və texnikası şərh edilir.

Kitabda kimyəvi eksperimentin texnikasına, reaksiyalarn aparılması şəraitinin araşdırılmasına, kationların və anionların təyini üsullarına xüsusi diqqət yetirilmişdir.



## MÜQƏDDİMƏ

Yarımmikrokimyəvi analiz üsulu makroanalizə nisbətən bir sıra üstünlüklərə malik olduğu üçün daha çox tətbiq edilir.

Oxuculara təqdim edilən "Analitik kimya" (Vəsfı yarım-mikrokimyəvi analiz, kitabının nəzəri hissəsində analitik kimyanın ümumi məsələləri, ümumi və fiziki kimyanın bəzi məsələlərinin analizə tətbiqi və bir sıra hesablama əməliyyatları verilmişdir.

Kitabın təcrübə hissəsində kation və anionların xüsusi reaksiyaları və analizin ardıcıl gedişi təsvir edilmişdir.

Kitabın ikinci nəşri çapa hazırlanan zaman xeyli işlənmiş və tamamlanmışdır. Bu dəyişikliklər əsasən aşağıdakılardan ibarətdir.

Kationların təsnifatları ilə elementlərin dövrü sisteminin əlaqəsi; analitik kimyanın qısa inkişaf tarixi; turşular və əsasların təbiəti haqqında anlayış və müasir təsəvvürlər; turşuların qüvvəsinə differensial təsirinə görə susuz həlledicilərin təsnifatı; hidroliz sabiti, hidrolizə uğrayan duzların məhlullarının  $[H]$  və pH-ın hesablanması; üzvi reaktivlərin vəsfı analizdə tətbiqi və s.

Ali məktəblərin praktikasında kationların təyini turşu-qələvi üsulu ilə aparıldığını nəzərə alaraq kitabın əvvəlki nəşrindən fərqli olaraq kationların təyini turşu-qələvi üsulu ilə vermişik.

Mikrokristalloskopik və damcı reaksiyaları ilə tələbələri tanış etmək üçün kitabda bəzi ionların mikrokristalloskopik və damcı üsulu ilə təyini göstərilmişdir.

Müəlliflər nəzəri məsələlərin izahını mümkün qədər elmi biliyin müasir səviyyəsinə yaxınlaşdırmağa çalışmışlar. Bütün nəzəri məsələlər 5 qrup kationlar arasında bölüşdürülmüşdür.

Tələbələrin analitik kimyadan nəzəri və praktiki vərdişlərinin inkişaf etməsi üçün hər bəhsin axırında sual və çalışmalar verilmişdir. Ayrı-ayrı kollokviumlara aid sual və çalışmalar minimumu verilmişdir.

Kitabın əlyazmasını oxuyub dəyərli məsləhətlər vermələrinə görə professor D.H.Qəmbərova, professor N.X.Rüstəмова, və istedadlı tələbəm k.e.n. K.Ə.Quliyevə minnətdarlığımı bildirirəm.

# I FƏSİL

## GİRİŞ

### 1.1. ANALİTİK KİMYANIN MAHİYYƏTİ VƏ VƏSFI KİMYƏVİ ANALİZİN ÜSULLARI

Analitik kimya tədqiq edilən obyektlərin (maddələrin) tərkibinin vəsfi və miqdarı təyini üsullarından bəhs edən elmdir. Analitik kimya həmçinin mürəkkəb obyektlərin, məsələn molekulun quruluşunun müəyyənləşdirilməsi üçün yeni üsullar işləyir və məlum üsulları təkmilləşdirir. Onun məqsədi maddənin analiz nəzəriyyəsini hərtərəfli inkişaf etdirmək, həmçinin məlum olan üsulları təkmilləşdirmək və yeni analiz üsulları işləməkdən ibarətdir.

Lakin analitik kimyanı kimyəvi analizlə eyniləşdirmək olmaz: çünki kimyəvi analiz, praktikada tətbiq edilən tədqiq olunan maddənin kimyəvi tərkibini müəyyən etmək üçün artıq məlum üsullardan istifadə edir.

Maddənin keyfiyyət tərkibini, yəni maddənin hansı elementar obyektlərdən (atom, molekul, ion, funksional qrup, kimyəvi birləşmə) təşkil olunduğunu öyrənməklə (identifikasiyası ilə) məşğul olan elmə vəsfi kimyəvi analiz deyilir.

Maddəni əmələ gətirən elementar obyektlərin nisbi miqdarlarını öyrənən elmə miqdarı analiz deyilir.

Söz yox ki, mürəkkəb maddəni analiz edərkən hər şeydən əvvəl onun hansı elementar obyektlərdən təşkil olunduğunu öyrənmək lazımdır. Bu mənada vəsfi kimyəvi analiz miqdarı analizdən əvvəl öyrənilməlidir. Analitik kimya maddələr arasında gedən reaksiyaları nəzəri və praktiki cəhətdən öyrənir və tətbiqiliyi baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Cəsarətlə demək olar ki, hal-hazırda təbiət elmlərində və xalq təsərrüfatında elə bir sahə yoxdur ki, orada analitik kimya üsullarından istifadə edilməsin.

Hər şeydən əvvəl kimya elminin inkişafında analitik kimyanın misilsiz rolunu qeyd etmək lazımdır. Belə ki, elementlərin atom kütlələrinin və kimyəvi ekvivalentlərinin təyini, müxtəlif birləşmələrin kimyəvi düsturlarının müəyyənləşdirilməsi və s. yalnız an-

alitik kimya üsulları ilə tədqiq edilmişdir. Analitik kimya insanların təbiəti dərk etmək hüdudunun genişlənməsinə imkan yaradır.

Təbiət elmlərinin başqa sahələrində də analitik kimyanın rolu misilsiz dərəcədə böyükdür. Məsələn, mineralların, dağ suxurlarının, filizlərin tərkibini, torpağın, suyun və s. maddələrin analizi analitik kimya üsulları ilə aparılır. Təbabətdə orqan və ya toxumaların, qanın, mədə şirəsinin tərkibində olan maddələrin keyfiyyət və miqdarı tərkibi analitik kimya üsulları ilə öyrənilir.

Sistematik, ardıcıl analitik nəzarət olmadan istehsal prosesinin normal olmasını və buraxılan məhsulun yüksək keyfiyyətini təmin etmək mümkün deyildir. İstehsalatda kimyəvi analizin köməyi ilə aşağıdakı vəzifələr həyata keçirilir: 1) xammalın keyfiyyəti və onun verilmiş məhsulun buraxılması üçün yararlılığı müəyyən edilir; 2) xammal qarışığının tərkibi seçilir; 3) yarım-məhsulların tərkibi tənzimlənir və tərkibinə nəzarət olunur; 4) hazır məhsulun keyfiyyəti müəyyən olunur; 5) istehsalat tullantılarının kimyəvi analizi aparılır; 6) ətraf mühitin (hava, su, torpaq və s.) qorunması təmin olunur.

Kimyəvi analizin kriminalistikada, arxeologiyada, dünya okeanının və atmosferin öyrənilməsində də böyük əhəmiyyəti vardır. Kosmik aparatların köməyi ilə günəş sistemi planetlərinin qrunt və atmosfer tərkibi haqqında da məlumatlar əldə edilmişdir.

Vəsfı kimyəvi analiz, mürəkkəb maddələri analiz edib öyrənməklə yanaşı, eyni zamanda kimya elmlərinin proqram materialları içərisində ümumi bir təhsil fənni kimi də, tələbələrin tərbiyəsi sahəsində böyük əhəmiyyətə malikdir. O, tələbələrə səbrli, işdə təmiz və səliqəli olmağı, müstəqil işləməyi və nəhayət, dəqiq, fəal müşahidə aparıb ondan məntiqi nəticə çıxarmağı öyrədir və adət etdirir.

Bələliklə, analitik kimya yüksək ixtisaslı kimya və biologiya müəllimlərinin hazırlanmasında müstəsna dərəcədə böyük əhəmiyyətə malikdir. Analitik kimya kursunun vəzifələri aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Kimyəvi analizin sadə üsullarını tələbələrə öyrətmək.

2. Tələbələrdə kimyəvi eksperimenti müstəqil aparmaq vərdişlərini aşılamaq.

3. Maddələrin tərkibini təyin etmək üsullarını öyrətməklə tələbələrin qeyri-üzvi kimya kursundan aldıkları bilikləri möhkəmləndirmək və həmin kursun nəzəri əsaslarını sistemləşdirmək.

Vəsfı analizin kimyəvi üsulunda, tədqiq ediləcək maddəni əmələ gətirən hər hansı bir elementar obyektı təyin etmək üçün onu xassələri və tərkibi yaxşı məlum olan başqa bir birləşməyə çevirirlər. Bu növ kimyəvi çevrilmələrə analitik reaksiya deyilir.

Təyin ediləcək maddənin üzərinə əlavə edilərək onunla yeni birləşmə əmələ gətirən maddəyə reaktiv və ya reagent deyilir.

Analitik reaksiyaları apararkən, götürülən maddənin miqdarından, məhlulun həcmindən və ayrı-ayrı əməliyyatların icra edilməsi texnikasından asılı olaraq vəsfı analizin kimyəvi üsulları makro-, mikro-, yarımmikro-, ultramikroanaliz və s. bölünürlər.

Analiz dedikdə, maddənin hansı bəsit tərkib hissələrindən təşkil olunduğunu müəyyən edən tədqiqat üsulunu başa düşmək lazımdır. Analizin əksinə olaraq, daha bəsit maddələrdən mürəkkəb maddənin alınmasına sintez deyilir. Kimyəvi hadisələri, bəsit və mürəkkəb maddələrin xassələrini, tərkibini öyrənərkən analiz və sintez üsullarından geniş miqyasda istifadə edilir. Beləliklə, təbiətdə baş verən hadisələrin mahiyyətini dərk etmək üçün analiz və sintez metodları çox mühüm bir vasitədir.

Analizin hər hansı bir üsulu verilmiş şəraitdə konkret elementar obyektlərin verdikləri müəyyən siqnalda istifadə edir. Məsələn, tərkibində gümüş ionları olan məhlulu xlorid ionları olan məhlulun üzərinə əlavə etsək, çöküntü ayrılacaq. Bu halda çöküntünün əmələ gəlməsi analitik siqnaldir. Tərkibində barium ionu olan maddəni qızdırdıqda alovun rəngi yaşıl rəngə boyanır. Burada analitik siqnal - yüksək temperaturda əmələ gələn barium atomları tərəfindən ayrılan yaşıl işıqdır.

Analitik siqnal həm vəsfı, həm də miqdarı xarakterli məlumat verir. Vəsfı məlumat dedikdə, verilmiş siqnalı hansı elementar obyektlərin verdiyinin aydınlaşdırılması nəzərdə tutulur. Miqdarı xarakterli məlumatları isə həmin elementar obyektlərin miqdarı haqqında olan məlumatlar təşkil edir.

Məsələn, yaşıl rəngə uyğun olan dalğa uzunluğunda siqnalın (ışığın ayrılması) əmələ gəlməsi kimi vəsfı məlumatı barium atomları tərəfindən işığın ayrılması ilə almaq olar və yaxud əgər analiz üçün çökdürmə reaksiyasından istifadə edilirsə onda

çökdürücü ionun müəyyən çox dar qatılıq intervalında çöküntünün əmələ gəlməsi və ya olmaması ilə vəsfi məlumat əldə edilir.

Miqdarı məlumatı isə siqnalın intensivliyi, yəni onun qiyməti verir. Siqnalın intensivliyi nə qədər çox olarsa, analiz edilən maddədə bu siqnalı əmələ gətirən elementar obyektlərin miqdarı da bir o qədər çox olar. Məsələn, çökdürmə reaksiyalarında miqdari informasiyanı çöküntünün kütləsi, fotometrik reaksiyalarda isə rəngli maddənin udduğu işığın intensivliyi verir.

Analitik siqnalın mənşəyinə görə analitik üsulları təsnif etmək olar. Adətən onları kimyəvi və fiziki-kimyəvi üsullara ayırırlar.

1955-ci ildə təmiz və tətbiqi kimya üzrə Beynəlxalq birliyinin analitik kimya seksiyası "analiz üsullarının təsnifatını" qəbul etmiş və onların yeni adlandırılması üsulunu təklif etmişdir (cədvəl 1).

Cədvəl 1. Analizin üsullarının təsnifatı

Köhnə adı	Yeni adı	Tədqiq edilən maddənin miqdarı	
		q	ml
Makroanaliz	Qram - üsul	1-10	10-100
Yarımmikroanaliz	Santigram - üsul	0,05-0,5	1-10
Mikroanaliz	Milligram - üsul	$0,001-10^{-6}$	$0,1-10^{-4}$
Ultramikroanaliz	Mikroqram - üsul	$10^{-6}-10^{-9}$	$10^{-4}-10^{-6}$
Submikroanaliz	Nanoqram - üsul	$10^{-9}-10^{-12}$	$10^{-7}-10^{-10}$
Subultramikroanaliz	Pikoqram - üsul	$10^{-12}$	$10^{-10}$

Klassik makrokimyəvi analizdə nisbətən böyük miqdar maddələr tədqiq edilir. Reaksiyalar adi sınaq şüşələrində, kimyəvi stəkanlarda aparılır, əmələ gələn çöküntüləri məhluldan süzməklə ayırırlar.

Mikroanaliz reaksiyaları çox zaman ya mikrokristaloskopik, ya da damcı üsulu ilə icra edilir. Mikrokristaloskopik analizdə reaksiyalar bir qayda olaraq əşya şüşəsi üzərində aparılır. Əşya şüşəsi üzərində təyin ediləcək maddəyə müəyyən reaktivlə təsir edilir. Bu zaman əmələ gələn kristallara 60-250 dəfə böyükdən

adi bioloji mikroskop altında baxılır, həmin kristalların formasına, optik xassəsinə, yaxud rənginə əsasən təyin ediləcək maddənin varlığı haqqında nəticə çıxarılır.

Bu və ya başqa maddənin kristallarının əmələ gəlməsi üçün əlverişli şərait olmalıdır. Həllədici şərtlərdən biri kristalların tədricən böyüməsidir. Çökdürməni durulaşdırılmış məhlullardan apardıqda kristallar əvvəlcə nisbətən kiçik olur, sonra isə böyüyür və yaxşı formalaşır.

Kristallaşma sürəti çox olduqda ayrı-ayrı ionlar düzgün orientasiya etməyə vaxt və imkan tapa bilmir, nəticədə onlar kiçik və formaca az səciyyəvi kristallar əmələ gətirirlər. Belə kristallar çox zaman qollu-budaqlı şaxələr əmələ gətirirlər ki, bunlara dendritlər deyilir. İri kristallar almaq üçün çökdürməni durulaşdırılmış məhlullarla aparmaq lazımdır.

Kristalların tədricən böyüməsini təmin etmək üçün reaksiyaya daxil olan maddələrdən birini bərk halda götürmək bəzən yaxşı nəticə verir. Belə olduqda bərk maddə tədricən həll olur və əşya şüşəsi üzərinə qoyulmuş damlanın kənar hissələrinə yavaş-yavaş diffuziya edir. Bunun da nəticəsində əmələ gələn kristallar, xüsusən damlanın kənarlarında daha yaxşı formalaşır. Reaksiyaya daxil olan maddələrin hər ikisi məhlul halında olduqda onlardan pipet ilə bir damcı götürülür, əşya şüşəsi üzərində bir-birinə yaxın məsafədə qoyulur. Sonra da şüşə çubuq vasitəsilə damcılar bir-birilə birləşdirilir. Bunun nəticəsində ionlar yavaş-yavaş diffuziya edir və iri kristallar alınır.

Çöküntünün həllolması çox olduqda kristallaşma prosesinin tədricən getməsi üçün bəzən analiz edilən damcını yavaş-yavaş buxarlandırırlar.

Mikrokristaloskopik üsuldan istifadə edərkən yadda saxlamaq lazımdır ki, reaksiyada başqa maddələrin iştirak etməsi kristalların formasını tamamilə dəyişdirə bilər. Bu hal mikrokristaloskopik analizin əsas nöqsanlı cəhətidir.

Damcı analizində reaksiya süzgəc kağızın üzərində, saat şüşəsində və ya çini lövhəcikdə aparılır. Bunun üçün bir parça süzgəc kağızın üzərinə analiz ediləcək maddədən bir damcı, yaxud bir az quru halda qoyulur; sonra da bir damcı reaktiv əlavə edilir. Bu zaman süzgəc kağızında rəngli ləkə, ya da rəngli çöküntü alınır. Buna əsasən təyin ediləcək maddənin varlığı haqqında



mühakimə yürüdüdür. Damcı analizi 1920-1922-ci illərdə məşhur rus alimi N.A.Tananayev tərəfindən işlənib hazırlanmışdır.

Söz yox ki, analizin yuxarıda göstərilən üsulları ilə tədqiqat apararkən, analiz edilən maddədən lazım gəldikdə bir qədər çox və ya az miqdarda götürmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, yarım-mikrokimyəvi analizdə makro-analizin təqdirə layiq olan bütün əsas əməliyyatları - analizin gedişi sxemi, çökdürmə, süzmə, yuma və s. olduğu kimi saxlanılır. Bununla belə yarım-mikrokimyəvi analizdə əməliyyatlar sürətlə, xüsusilə üsulların və apparaturanın köməyi ilə aparılır; reaktivə qənaət edilir; laboratoriya havasının müxtəlif qazlarla çirklənməsinin qarşısı alınır; bundan əlavə yarım-mikrokimyəvi analiz ilə işləyərkən səliqəlilik və dəqiqlik, iş yerini daha yaxşı təşkil etmək hissi və arzusu daha da çoxalır.

Kimyəvi üsulların çoxu, yaxşı öyrənilmiş klassik üsul hesab edilir. Buna baxmayaraq onlar çox zaman müasir tələbləri (xüsusən maddənin təmizliyini yoxlamaq lazım gəldikdə) ödəyə bilmir. Məsələn, bəzi maddələrin milyonda bir qramı və daha az miqdarı mənfi təsir göstərir. Tərkibində çox az miqdar hafnium qarışığı olan sirkoniumu atom reaktorunda işlətmək olmaz. Germanium radiotexnika sənayesində yarımkeçirici qurğuların hazırlanması üçün əsas materiallardan biri hesab olunur. Lakin onun 10 milyon atomuna bir atom fosfor, arsen və ya stibium qarışmış olarsa, onu yarımkeçirici kimi tətbiq etmək olmaz. Titan, vanadium, bismut və bir sıra başqa metalların çox az miqdarı poladın mexaniki və elektriki xassələrini xeyli dəyişdirir. Demək olar ki, dövrü sistemin bütün elementləri bitki və heyvan toxumalarının tərkibinə daxil olmaqla müəyyən fizioloji rol oynayır.

Maddənin mikroqramının təyininə elm və texnikanın tələbatı gündən-günə artır. İndi elə üsullar tələb olunur ki,  $10^{-10}$  faiz qarışıqları analiz etməyə, başqa sözlə, bir elementin 10 milyardlarla atomunun iştirakı ilə başqa elementin bir atomunu təyin etməyə imkan versin. Beləliklə, kimyəvi üsulların çoxu, tətbiq edilən materiallarda olan qarışıqları təyin etmək üçün həssas deyildir. Bundan əlavə sənayedə texnoloji prosesləri, habelə bioloji prosesi yoxlamaq üçün çox tez icra oluna bilən analiz üsulları lazımdır. Belə tələblərin öhdəsindən nisbətən analizin fiziki və fiziki-kimyəvi üsulları gələ bilər.

**Analizin fiziki üsulu** maddənin fiziki xassələri ilə kimyəvi tərkibi arasında müəyyən asılılığın öyrənilməsinə əsaslanır. Fiziki analiz üsullarının xarakterik xüsusiyyəti odur ki, təyin edilən elementin miqdarı ilə bağlı olan hər hansı fiziki parametrlər birbaşa, yəni kimyəvi reaksiya aparmadan ölçülür. Lakin bu o demək deyildir ki, elementlərin fiziki üsullarla təyinində kimyəvi reaksiyalardan heç istifadə olunmur. Nümunənin parçalanması, maddənin analizə hazırlanması çox vaxt kimyəvi üsullarla aparılır. Fiziki üsullardan optik üsullar (spektral, lüminisent) mühüm əhəmiyyətə malikdir.

**Spektral üsul.** Müxtəlif elementlərin alovun rəngini dəyişdirməsinə əsasən təyin edilməsinin mümkün olmasını göstərmişdik. Təyin ediləcək maddənin müəyyən şəraitdə buraxdığı şüanı spektroskop adlanan cihazla tədqiq edirlər. Spektral analiz üsulu şüanın buraxılması, udulması və yayılmasına əsaslanır. Vəfsi spektral analizin əsasını hər bir kimyəvi elementin xətti spektri təşkil edir. Bu da onların xətti xarakterli şüalanma spektrləri ilə xarakterizə olunur. Vəfsi spektral analizin əsas vəzifəsi analiz edilən nümunədə təyin ediləcək elementin spektr xətlərini müəyyən etməklə həmin elementi təyin etməkdən ibarətdir. **Elementin vəfsi təyini spektr xətlərinin dalğa uzunluğu ilə müəyyən olunur.** Bununla da alınan nəticələr düzgün və inandırıcı olur. Hər element spektrin müxtəlif sahələrində olan müəyyən xətlər ilə xarakterizə olunur. Hər belə xətt müəyyən dalğa uzunluğuna uyğun gəlir.

Qələvi və qələvi-torpaq metalların spektr xətləri bir-birindən çox az fərqlənir. Kalsium və stronsium elementləri bir yerdə olduqda onları bir-birindən fərqləndirmək (alov üzərində göz ilə bilavasitə müşahidə edərkən) çox çətin olur. Lakin spektroskop ilə analiz apardıqda kalsium və stronsiumu bir-birindən fərqləndirmək və bununla da onları təyin etmək çox asandır.

Barium birləşmələrini alovun rənginə görə təyin etmək asandır. Çünki barium alovun rəngini səciyyəvi yaşıl rəngə boyayır. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, hər kimyəvi element özünə xas olan müəyyən spektrə malikdir ki, bununla da həmin elementləri təyin etmək mümkündür. Spektrin xarakterinə görə tədqiq edilən maddənin kimyəvi təbiəti haqqında mühakimə yürütməyə imkan verən üsula spektral analiz deyilir. Spektral

analiz vasitəsilə elementin çox cüzi miqdarını, ayrı-ayrı elementlərin  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  q təyin etmək mümkündür.

Spektral analiz adi kimyəvi analizə nisbətən sürətlə icra edilir. Bundan əlavə, spektral analiz ilə tədqiqat aparmaq üçün analiz ediləcək maddədən bir neçə milliqram götürmək kifayətdir; analizi isə az vaxt sərf etməklə aparmaq mümkündür. Lakin spektral analiz hər yerdə tətbiq edilə bilmir.

Lüminisent üsul, tədqiq edilən obyektə ultrabənövşəyi şüaların təsirinə əsaslanır. Ultrabənövşəyi şüa mənbəyi görünən şüanı saxlayan işıq süzgəci ilə təchiz olunmuş civə kvars lampasıdır. Lüminisent üsul spektral analizdən daha həssasdır. ( $10^{-10}$  q qədər maddə təyin edə bilir). Lakin maddələrin yalnız bəziləri lüminisent (ışıq buraxmaq) qabiliyyətinə malikdirlər; bu da üsulun tətbiq olunma imkanını çox məhdudlaşdırır.

Elmi tədqiqat, aqrobiologiyada və xalq təsərrüfatının bir sıra başqa sahələrində geniş tətbiq sahəsinə malik olan fiziki-kimyəvi üsullardan biri də xromatoqrafik üsuldur ki, onun üzərində bir qədər ətraflı dayanacaq. Xromatoqrafik üsul getdikcə daha geniş miqyasda tətbiq olunur. Xromatoqrafik analiz üsulu ilk dəfə 1903-cü ildə rus alimi M.S.Svet tərəfindən təklif edilmişdir. Xromatoqrafik analiz üsulu, müəyyən adsorbentlər vasitəsilə, analiz edilən qarışıqda ayrı-ayrı komponentlərin seçici şəkildə adsorbsiyasına əsaslanır. Səthində adsorbsiya gedən bərk maddəyə adsorbent deyilir.

Xromatoqrafik analiz üsulunun mahiyyəti müxtəsər olaraq aşağıdakılardan ibarətdir:

Təyin ediləcək maddə məhlulu qarışıqla birlikdə adsorbent doldurulmuş şüşə borudan buraxılır. Analiz edilən məhluldakı maddələrin hərəkət sürəti və adsorbsiya qabiliyyətinin müxtəlifliyi nəticəsində kolonkada yerləşdirilmiş adsorbent layında (şaquli istiqamətdə) qarışıqdakı komponentlər zolaqlar şəklində tutulub saxlanılır.

Adsorbsiya qabiliyyəti yüksək olan maddələr, adsorbent doldurulmuş borunun yuxarı hissəsində sorulur; adsorbsiya qabiliyyəti aşağı olan maddələr isə borunun aşağı hissəsində sorulur. Həmin adsorbentlə adsorbsiya oluna bilməyən maddələr süzüntüyə keçir.

Adsorbent rəngsiz, udulan maddə isə rəngli olarsa, adsorbent borusunda xromatoqramma adlanan rəngli zolaqlar əmələ

gəlir. Məsələn, adsorbent olmaq etibarı ilə alüminium-oksüd doldurulmuş borudan mis və kobalt duzları məhlulu buraxılırsa, o zaman adsorbent borusunda iki rəngli zolaq müşahidə etmək olar. Göy rəngə boyanmış yuxarı layda mis kationu, açıq-çəhrayı rəngə boyanmış aşağı layda kobalt kationu toplanacaqdır. Beləliklə, alınan rəngli zolaqlara əsasən analiz edilən məhlulda mis və kobalt kationlarının olması haqqında müəhkimə yürüdüür.

Udulan maddə rəngsiz olduqda, onun adsorbent layında əmələ gətirdikləri zolaqlar da rəngsiz olacaqdır. Bu halda onların aydın görünməsi üçün adsorbent borusundan lazımı reaktiv buraxılır. Həmin reaktiv adsorbent tərəfindən tutulmuş ionlarla rəngli birləşmələr əmələ gətirir. O zaman rəngsiz zolaq müvafiq rəngə boyanır. Məsələn, alüminium-oksüd adsorbentindən üçvalentli dəmir duzu məhlulu buraxıldıqdan sonra üzərinə sarıqan duzu məhlulu tökülərsə, o zaman abı rəngə boyanmış zolaq aydın görünər. Kimyəvi xassələri bir-birinə çox yaxın və miqdarları çox az olan maddələri bir-birindən ayırmaq üçün xromatoqrafik üsuldan istifadə etmək yaxşı nəticə verir. Xromatoqrafik üsulla işləmək çox sadə olduğundan müxtəlif üzvi və qeyri-üzvi maddələr qarışığını ayırmaq üçün ondan geniş miqyasda istifadə edilir. Fiziki və fiziki-kimyəvi üsullar arasında kəskin sərhəd qoymaq olmaz. Bəzən onları "instrumental" üsullar adı altında birləşdirirlər.

Hazırkı dərsləkdə instrumental analiz üsulları ətraflı verilmir.

Üzvi birləşmələrin kimyəvi analizi və tərkibinə daxil olan komponentlərin miqdarı təyində qeyri-üzvi maddələrin analizi ilə müqayisədə müəyyən spəsifiklik vardır. Üzvi maddələrin vəsfi təyində elə reaktivlərdən istifadə olunur ki, onlar müəyyən funksional qrupların təyininə, yaxud da tədqiq edilən maddənin xassələri yaxşı məlum olan törəməsini almağa imkan versin. Rəngli reaksiyalar maddələri tez təyin etməyə imkan verir. Üzvi maddələrin tərkibinin və təmizlik dərəcəsinin təyini üçün fiziki sabitlərin - ərimə temperaturunun, maye halda olduqda sıxlığının, qaynama temperaturunun, donma temperaturunun, sındırma əmsalinin və s. ölçülməsi böyük əhəmiyyətə malikdir.

Üzvi maddələrin analizi iki qrupa bölünür:

- 1) Element analizi;
- 2) Funksional analiz.

Hər ikisi bir-birini tamamlayır və fiziki üsullarla birləşdirildikdə tədqiq olunan üzvi maddə haqqında tam təsəvvür yaradılır.

Hazırkı kitabda yalnız qeyri-üzvi maddələrin analiz üsullarından bəhs ediləcəkdir.

## 1.2. ANALİTİK REAKSİYALAR VƏ ONLARIN APARILMASI ÜSULLARI

Hər hansı bir maddənin kimyəvi analizi üçün iki əsas üsul vardır: bunların biri "quru", digəri "yaş" üsuludur.

**Analizin quru üsulu.** Bu üsulla maddəni tədqiq etmək üçün onu və müvafiq reaktivini quru halda qarışdırıb yüksək temperaturda ( $500^{\circ}$ - $1200^{\circ}$ ) əridirlər və nəticədə əmələ gələn dəyişikliyi müşahidə edirlər. Həmin kimyəvi dəyişiklik nəticəsində alına biləcək müxtəlif rəngli alova və ya səciyyəvi rəngli şüşə muncuqlara əsasən təyin ediləcək maddənin olub-olmaması haqqında mühakimə yürüdürlər. Analizin bu üsuluna pirokimyəvi analiz deyilir.

Pirokimyəvi analizə aşağıdakı üsullar daxildir:

**1. Əritmə.** Tədqiq edilən bərk maddə platin və ya çini butədə, əridici adlanan maddə ilə qarışdırıldıqdan sonra əridilir. Çox zaman əridici olaraq kalium-karbonat və ya natrium-karbonat; yaxud natrium-karbonatla kalium-karbonatın bərabər miqdarda qarışığını götürürlər. Bir qayda olaraq əridici, tədqiq ediləcək maddədən 4-6 dəfə və bəzən də daha artıq miqdarda götürülür.

**2. Rəngli muncuqların alınması.** Bəzi metalların birləşmələri, natrium-ammonium-hidrofosfat  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  yaxud natrium-tetraborat  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  duzları ilə birlikdə əridilir və nəticə etibarilə ayrı-ayrı elementə xas olan rəngli şüşə muncuqlar əmələ gəlir.



Şəkil 1.  
Şüşə  
muncuğun  
alınması  
üçün tel.

Göstərilən üsulla maddəni analiz etmək üçün, ucu əyilmiş dəyirmi qulaqcığı olan platin teli (şəkil 1) üzərinə bir qədər natrium-ammonium-hidrofosfat və ya natrium-tetraborat qoyulur və tədricən qızdırılır. Qızdırılmış qulaqcıqda duzun bir hissəsi əriyərək platin telinə yapışır. Natrium-ammonium-hidrofosfat götürülmüşdürsə, onun parçalanması nəticəsində əmələ gələn su və ammoniyak buxarlarının tədricən ayrılmasına nail olmaq lazımdır. Göstərilən qayda ilə muncuq hazırlanır ki, o da isti halda tədqiq ediləcək maddə ilə birlikdə qaz lampasının oksidləşdirici alovunda qızdırılır.

Alınan muncuğun rəngi isti və soyuq halda qeyd edilir. Beləliklə, alınan şüşə muncuğun rəngi ilə analiz olunan maddənin tərkibi müəyyən edilir. Məsələn, tədqiq olunan maddənin tərkibində üçvalentli xrom birləşmələri varsa, natrium-ammonium-hidrofosfatdan hazırlanmış şüşə muncuq zümrüdü-yaşıl, natrium-tetraboratdan hazırlanmış şüşə muncuq isə yaşıl rəngə boyanır. Tədqiq olunacaq maddə tərkibində kobalt birləşmələri olduqda isə şüşə muncuq göy rəngə boyanır və s.

Bəzi elementləri təsvir edilən üsulla təyin edərkən muncuğu reduksiyaedici alovda qızdırmaq lazım gəlir.

**3. Alovun rənglənməsi.** Qələvi, qələvi-torpaq metalları və habelə mis və s. elementlərin birləşmələri alovu müəyyən rəngə boyayır. Bununla əlaqədar olaraq həmin elementləri təyin etmək olur. Bu növ yoxlamaları platin və ya nixrom teli vasitəsilə aparırlar. Platin və ya nixrom teli olmadıqda, əvvəlcədən qızardılmış qara karandaşın içindəki qrafit mil ilə də həmin yoxlamaları aparmaq olar.

Alovun rənglənməsi üsulu ilə elementləri təyin etmək üçün əvvəlcədən qızardılmaqla təmizlənən teli və ya mili tədqiq edilən məhlulə və ya narınlaşdırılmış bərk maddəyə bulaşdırırlar və tədricən alovun rəngsiz hissəsinə (oksidləşdirici alov) yaxınlaşdırırlar. O zaman tədqiq edilən element üçün səciyyəvi rəngə boyanmış alov alınır. Məsələn, natrium duzları rəngsiz alovu intensiv sarı, kalium bənövşəyi, stronsium al-qırmızı, kalsium kərpici-qırmızı, qurğuşun açıq-abı rəngə boyayır.

Qeyd etmək lazımdır ki, göstərdiyimiz pirometrik üsuldan vəsfi kimyəvi analizdə nisbətən az istifadə olunur. Bu usuldan

mineralları təyin etmək üçün geoloqlar, nisbətən geniş miqyasda istifadə edirlər. Vəsfı kimyəvi analizdə isə demək olar ki, başlıca olaraq yaş üsuldan istifadə edilir.

**Analizin yaş üsulu.** Vəsfı kimyəvi analizdə gedən reaksiyaların əksəriyyəti yaş üsulla aparılır. Bu zaman tədqiq edilən maddə əvvəlcə həll edilir, sonra da alınan məhlul analiz olunur. Həllədiçi olaraq birinci növbədə distillə edilmiş sudan istifadə edilir. Tədqiq ediləcək maddənin suda həll edilməsi mümkün olmadıqda, həllədiçi olaraq xlorid, nitrat və sulfat turşularından, qələvi məhlullarından və s. maddələrdən istifadə edilir.

Müxtəlif maddələrin həllolması müxtəlifdir. Bəzi maddələr adi temperaturda yaxşı həll olur. Bəzi maddələrin həll olması üçün qızdırmaq lazım gəlir. Həll edilməsi lazım gələn maddə üçün həllədiçi aşağıdakı kimi müəyyənləşdirilir:

Sınaq şüşəsinə bir az narın əzilmiş tədqiq ediləcək maddə və 5-10 ml distillə edilmiş su töküüb qarışdırılır və lazım gəldikdə qızdırılır. Həll edilməsi yoxlanılan maddə distillə edilmiş suda həll olarsa, onu turşular və ya qələvilərlə yoxlamağa ehtiyac yoxdur. Tədqiq edilən maddə distillə edilmiş suda həll olmadıqda, ya da qismən həll olduqda onu turşularda həll etməyə çalışırlar. Maddə xlorid, sulfat və ya nitrat turşusunda həll olmadıqda, onu zərhdə (3 hissə qatı HCl ilə 1 hissə qatı HNO<sub>3</sub> qarışığı) həll edirlər. Bəzən turşularda və ya zərhdə də həll olmayan maddə olur. Məsələn, BaSO<sub>4</sub>. Belə hallarda natrium-kalium-karbonat ilə əritmə üsulundan istifadə

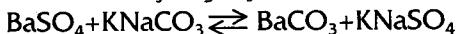


Şəkil 2.

Qaz lampası alovu.

A-nisbətən az temperaturu olan nahiyə, B-alovun reduksiyaedici nahiyəsi, C-alovun oksidləşdirici nahiyəsi, D-nisbətən yüksək temperaturu olan nahiyə.

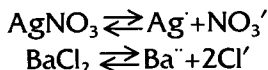
edirlər. Bu əritmənin nəticəsində turşularda çətin həll olunan maddə asan həll olan birləşməyə çevrilir. Məsələn:



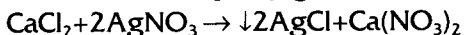
Vəsfi kimyəvi analizdə tətbiq edilən reaksiyalarda, aydın görünən xarici bir əlamət müşahidə olunmalıdır. Bir qayda olaraq belə xarici əlamətlər dedikdə, əsasən məhlulun rənginin dəyişilməsi, maddənin çökməsi, həll olması və ya qazın ayrılması nəzərdə tutulur.

Məsələn, hər hansı bir xlorid (məsələn, NaCl) məhluluna gümüş-nitrat məhlulu əlavə edildikdə, ağ rəngli gümüş-xlorid çöküntüsü alınır. Hər hansı karbonata (məsələn, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) xlorid turşusu ilə təsir etdikdə karbon qazı ayrılır. Mis 2-sulfat məhluluna artıq miqdarda ammonium-hidroksid məhlulu əlavə etdikdə intensiv abı rəng alınır və s.

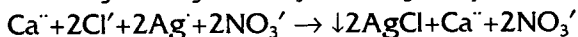
Qeyri-üzvi maddələri analiz edərkən çox zaman duz, turşu və qələvilərin suda məhlulları ilə işləmək lazım gəlir. Məlumdur ki, həmin məhlullara elektrolitlər deyilir. Elektrolitləri suda həll etdikdə, onlar ionlara dissosiasiya edirlər. Elektrolitlər ionlara dissosiasiya edərkən onların molekulları mənfi və müsbət yüklə yüklənmiş hissəciklərə ayrılır. Elektrolitlərin dissosiasiyası zamanı ayrılan ionların müsbət yüklərinin sayı anionların mənfi yüklərinin sayına bərabər olmalıdır. Çünki, hər hansı bir molekul elektrik cəhətcə neytral olur. Məsələn:



Deyilənlərdən aydın olur ki, yaş üsulla aparılan reaksiyalar, bir qayda olaraq ionlar arasında gedir. Analitiklər isə ionlar arasında gedən reaksiyalardan istifadə edərək yalnız ionları təyin edirlər. Məsələn, kalsium-xloriddə xlorid ionunu təyin etmək üçün həmin duzdan bir az götürüb suda həll edirlər; üzərinə gümüş-nitrat məhlulu tökürlər. O zaman ağ, süd çürüntüsünə oxşar AgCl çöküntüsünün alınmasına əsasən xlorid ionunun olmasını müəyyən edirlər. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

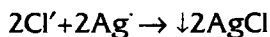


Həmin reaksiya tənliyini ion şəklində yazaq:

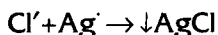




Göstərilən reaksiya tənliyində  $\text{Ca}^{2+}$  və  $\text{NO}_3^-$  ionları heç bir dəyişikliyə uğramadıqlarına görə onların hər ikisini tənliyin hər iki tərəfindən ixtisar etmək olar. O zaman



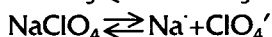
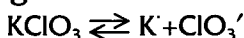
və ya



alınar.

Göstərilən reaksiya tənliyi reaksiyanın ion tənliyi adlanır.

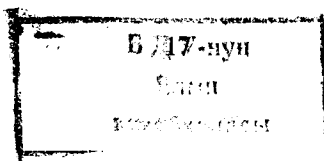
Nəzərdən keçirdiyimiz reaksiyanın ion tənliyindən aydın olur ki, həmin reaksiya nəticəsində məhlulda olan  $\text{Cl}^-$  və  $\text{Ag}^+$  ionlarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində  $\text{AgCl}$  çöküntüsü alınır. Əgər tərkibində xlor elementi olan  $\text{KClO}_3$  və ya  $\text{NaClO}_4$  birləşmələrini götürüb suda həll etdikdən sonra ona gümüş ionları ilə təsir etsək, o zaman  $\text{AgCl}$  çöküntüsü alınmaz. Çünki həmin maddələr suda həll edildikdə, aşağıdakı kimi dissosiasiya edirlər:



Buradan aydın olur ki, kalium-xlorat və natrium-perxlorat duzları suda həll edildikdə, xlorid ionu alınmır. Ona görə də gümüş ionu ilə  $\text{AgCl}$  çöküntüsü əmələ gəlmir.

Deyilənlərdən bir daha aydın olur ki, vəsfi kimyəvi analizdə elementləri yox, ionları təyin edirlər. Ona görə də, vəsfi analizin başlıca vəzifəsi, birinci növbədə ionların xassələrini və onların təyin edilməsi üsullarını öyrənməkdir. Bu cəhətdən elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinin analitik kimyada böyük əhəmiyyəti vardır. Çünki, analitik kimya praktikasında ən çox rast gəlinən kationlar və anionların xassələrini öyrənməklə, müxtəlif maddələrin xassələrini öyrənmək mümkün olar.

Kimyəvi reaksiyalar həm ionların ayrılması, həm də təyini üçün istifadə olunduğundan vəsfi analizdə onları adətən ayrılma reaksiyalarına və təyin olunma reaksiyalarına bölürlər. Ayrılma reaksiyalarına əsas tələbat ondan ibarətdir ki, maneçilik törədən komponent o qədər tam şəkildə ayrılmalıdır ki, onun qalan miqdarı hiss olunacaq dərəcədə analitik siqnal verməsin və digər komponentin təyininə maneçilik etməsin. Təyin reaksiyalarında isə verilmiş şəraitdə alınan siqnal yalnız bir müəyyən komponentin olması barədə fikir söyləməyə imkan verməlidir.



Verilmiş şəraitdə tətbiq edilən reagentlə qarşılıqlı təsirdə olub və analitik siqnal verən komponentlərin sayına görə reaksiya və reagentlər qrup, seçici, spesifik və ya məxsusi olmaqla üç cür olur. Verilmiş şəraitdə komponentlərin (ionların) bir qrupu ilə qarşılıqlı təsirdə olan reagentlərə qrup reagentləri deyilir. Bu zaman baş verən reaksiyalara qrup reaksiyaları deyilir. Məsələn, 2N xlorid turşusu gümüş (I), qurğuşun və civə (II) ionlarını çökdürür. Deməli 2N xlorid turşusu qrup reagentidir, verilmiş şəraitdə xloridlərin çökdürülməsi isə qrup reaksiyasıdır.

Məhdud miqdarda komponentlərlə qarşılıqlı təsirdə olub siqnal verən reagentlərə seçici reagentlər, baş verən reaksiyalara seçici reaksiyalar deyilir. Məsələn, maqnezium qarışığı (maqnezium və ammonium xloridlərinin ammoniyak məhlulu) yalnız fosfat- və arsenat ionları ilə xırda kristallik ağ çöküntü əmələ gətirir. Seçici reaksiyalar vasitəsilə həm ionların ayrılması, həm də təyin olunması üçün istifadə edilir. Sonuncu halda maneçilik tö-rədən ionların əvvəlcədən ayrılması zəruridir.

Verilmiş şəraitdə yalnız bir komponentlə qarşılıqlı təsirdə olub siqnal verən reagentə spesifik və ya məxsusi reagent, baş verən reaksiyaya isə spesifik və ya məxsusi reaksiya deyilir. Məsələn, dimetilqlioksimlə ammoniyak mühitində yalnız nikel (II) ionları qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir. Ona görə də dime-tilqlioksim bu şəraitdə nikel (II) ionları üçün spesifik reagentdir. İonların təyini üçün spesifik reaksiyalardan istifadə etmək çox rahat olur, çünki digər ionların ayrılması və pərdələnməsi qayğısına ehtiyac qalmır. Lakin spesifik reaksiyalar çox azdır.

Analitik reaksiyaların aparılması şəraitinin böyük əhəmiyyəti var. Bu şərait dəyişildikdə (məhlulun pH-ı, pərdələyici maddənin daxil edilməsi və s.) qrup reaksiyaları seçici, seçici reaksiyaları isə spesifik və ya əksinə ola bilər.

### 1.3. REAKSIYANIN HƏSSASLIĞI VƏ APARILMA ŞƏRAİTİ

Analitik kimyada tətbiq edilən reaksiyalar mümkün qədər çox həssas olmalıdır. Reaksiya nə qədər həssas olarsa, analiz edilən maddənin bir o qədər az miqdarını asanlıqla təyin etmək olar.

Reaksiyanın həssaslığı bir-birilə əlaqədar olan iki kəmiyyətlə ifadə olunur; minimum tapıntı və minimum qatılıq.

Müəyyən şəraitdə, müəyyən reaktivlə təyin edilməsi mümkün ola bilən maddənin ən az miqdarına minimum tapıntı deyilir. Göstərilən maddə miqdarı o qədər az olur ki, onu qram və milliqramlarla ifadə etmək çətinlik törədir. Ona görə də minimum tapıntı vahidi olaraq mikroqram qəbul edilmişdir. Qramın milyonda birinə və ya milliqramın mində birinə mikroqram deyilir. Mikroqram (mkq) yunan hərfi olan  $\gamma$  (qamma) ilə göstərilir.

$$1\gamma=0,000001 \text{ q}=0,001 \text{ mq}$$

Çox hallarda minimum tapıntı qammanın onda biri, yüzdə biri və hətta mində biri qədər olur. Məsələn, müəyyən şəraitdə  $\text{AgNO}_3$  məhlulu vasitəsilə xlor ionunun  $0,05\gamma$  miqdarını çətin həll olan  $\text{AgCl}$  çöküntüsü şəklində təyin etmək olar. Natrium buxarının qaz lampası alovunu sarı rəngə boyaması ilə onun  $0,0001\gamma$  miqdarını təyin etmək mümkündür.

Beləliklə, xlorid ionunun  $\text{AgNO}_3$  məhlulu ilə təyin ediləcək minimum miqdarı  $0,05\gamma$ , alovun rəngini boyamaqla natriumun təyin ediləcək minimum miqdarı  $0,0001\gamma$ -dan azdırsa, onları yuxarıda göstərilən reaksiyalarla təyin etmək mümkün deyildir.

Maddənin minimum tapıntısı reaksiyanın həssaslığını tamamilə göstərə bilməz. Çünki  $\text{AgNO}_3$  məhlulu ilə xlorid ionunun  $0,05\gamma$  miqdarını hansı həcmdə təyin etməyin mümkün olması məlum olmur. Söz yox ki, xlor ionlarının  $0,05\gamma$  miqdarını 500 ml və ya 1 ml həlledicidə təyin etmək eyni deyildir. Ona görə də reaksiyanın həssaslığını təyin edərkən bir də analiz edilən məhlulun qatılığını müəyyən etmək lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq reaksiyanın həssaslığı həm də durulaşdırma həddi ilə əlaqədardır.

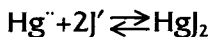
Durulaşdırma həddi - maddənin məhlulda təyin edilən çəki miqdarının həlledicinin çəkisinə və ya həcminə (V) olan nisbətinə (1:V) deyilir. Məsələn, təcrübədə müəyyən edilmişdir ki, NaCl məhluluna  $\text{AgNO}_3$  məhlulu ilə təsir etdikdə, ən azı 1 q xlorid ionu 1000 l suda həll ediləcəyi halda xlorid ionunu təyin etmək mümkündür. Belə olacağı halda  $\text{Cl}'$  ionunun durulaşdırma həddi 1:1000000 (daha doğrusu 0,0001 faizə) bərabər olar. Tədqiq edicəlik məhlulun qatılığı göstəriləndən aşağı olarsa, o zaman  $\text{Cl}'$  ionunu  $\text{AgNO}_3$  məhlulu ilə təyin etmək mümkün olmaz.

Əgər təyin ediləcək ionun qatılığı durulaşdırma həddindən az olarsa, reaksiya nəticəsində heç bir effekt alınmaz. Belə hallarda tədqiq edilən məhlulun qatılığını artırmaq üçün onu buxarlandırmaq lazım gəlir.

Qeyd etdiyimiz kimi analiz ediləcək maddənin çox az miqdarını həssas reaksiyalar vasitəsilə təyin etmək mümkündür. Bununla belə, təyin ediləcək maddə qarışıq halda olduqda reaksiyanın nəticəsi aydın görünməyə bilər. Belə hallarda, paralel olaraq başqa bir təcrübə də aparılır. Həmin təcrübə zamanı təyin ediləcək maddənin qarışıqsız məhlulundan götürüb bütün reaktivləri birinci təcrübədə olduğu kimi əlavə edirlər və alınan effekti əsas təcrübədən alınan effektlə müqayisə edirlər.

Reaksiyanın həssaslığı, maddəni təyin etmək üçün tətbiq edilən reaktivin miqdarından və onun qatılığından, reaksiyanın aparılma müddətindən, mühitdən, reaksiyanın getməsinə müşahidə edən şəxsdən və s. kimi faktorlardan da asılıdır.

Reaktivin çox artıq miqdarda olması, bəzən arzu edilən nəticəni yox, başqa bir nəticəni verir. Məsələn,  $\text{Hg}^{2+}$  ionu məhluluna  $\text{J}'$  ionu məhlulu ilə təsir etdikdə, səciyyəvi qırmızı rəngli kristal çöküntü alınır:



Alınan çöküntünün üzərinə  $\text{J}'$  ionundan bir qədər artıq tökülərsə,  $\text{HgJ}_2$  çöküntüsü həll olar və nəticədə  $[\text{HgJ}_4]^{2-}$  kompleks ionu alınır.

Reaksiyanın həssaslığına təsir edən əsas amillərdən biri də reaksiyanın mühitidir; daha doğrusu məhlulda olan hidrogen ionlarının qatılığıdır.

Turşularda həll olan çöküntü turş mühitdə çökə bilməz. Bunun kimi də qələvilərdə həll olan çöküntü qələvi mühitdə çökə bilməz. Əgər çöküntü həm turşularda, həm də qələvilərdə həll olarsa, onu yalnız neytral mühitdə çökdürmək olar.

Göstərilənlərə əsasən demək olar ki, reaksiyanın aparılması üçün ən mühüm şərtlərdən biri də lazımi mühitin yaradılmasıdır.

#### 1.4. FƏRDİ VƏ ARDICIL ANALİZ ÜSULLARI

Fərdi analizdə məqsəd, təyin ediləcək elementi tədqiq ediləcək məhlulda bilavasitə təyin etməkdir. N.A.Tananayev bir sıra orijinal fərdi analiz metodları təklif etmişdir ki, onların vasitəsilə qarışıqda olan başqa elementləri çökdürüb ayırmadan da tədqiq edilən məhlulda bu və ya digər ionu təyin etmək mümkündür. Fərdi analizin xüsusiyyətlərindən biri də odur ki, ayrı-ayrı elementləri təyin edərkən müəyyən ardıcılıqdan istifadə etmək lazım gəlmir və işin gedişi xeyli sürətlənir.

Söz yox ki, kifayət qədər spesifik reaktivlər olmadıqda tədqiqatı fərdi analiz üsulu ilə aparmaq mümkün deyildir. Belə hallarda ayrı-ayrı ionları təyin etmək üçün analizin ardıcıl gedişindən istifadə edilməlidir.

Analizin ardıcıl gedişi reaksiyanın arzu edilən şəkildə aparılmasına imkan verir və qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün bütün maneələr əvvəlcədən aradan qaldırılır.

Fərdi analiz üsulundan fərqli olaraq ardıcıl analiz üsulunda, tədqiq edilən maddə həll edildikdən sonra alınan məhluldan lazımi qədər götürülür və əsasən bütün elementlər həmin nümunədə təyin edilir.

Misal üçün tərkibində  $K^+$  və  $NH_4^+$  ionları olan məhlulun ardıcıl analiz üsuluna nəzər salaq. Məlumdur ki, natrium-hidrotartrat kalium və ammonium ionları ilə bir-birinə çox oxşayan  $KHC_4H_4O_6$  və  $NH_4HC_4H_4O_6$  çöküntüləri əmələ gətirir. Ona görə də natrium-hidrotartrat reaktivi ilə ammonium ionu iştirak etdikdə, kalium ionunu təyin etmək mümkün deyildir. Beləliklə, ammonium ionu çox zaman kalium ionunun təyin edilməsinə maneçilik törədir. Lakin, ammonium ionunu kalium ionu iştirak etdiyi halda təyin etmək mümkündür. Bunun üçün ammoniumun hər hansı bir duzu üzərinə qələvi məhlulu töküb qızdırmaq la-

zımdır. O zaman ayrılan ammoniyak qazının kəskin iyinə və su ilə isladılmış qırmızı lakmus kağızını göyərtməsinə görə onu müəyyən etmək mümkündür. Ammonyakın ayrılması isə tədqiq ediləcək maddədə ammonium ionunun olmasını göstərir. Buradan aydın olur ki, tədqiq ediləcək maddədə həm kalium, həm də ammonium ionu olarsa, birinci növbədə ammonium ionunu təyin etmək lazımdır. Ammonium ionu olduqda, onu kənar etmək və sonra da kaliumu natrium-hidrotartrat reaktivini ilə təyin etmək lazımdır.

Deyilənlərdən aydın olur ki, tədqiq edilən məhlulda bir-birinə mane olan bir neçə ion olduqda, həmin ionları müəyyən ardıcılıqla təyin etmək lazımdır.

Analizin ardıcıl gedişi ilə ionları təyin etmək üçün onları əvvəlcədən qruplaşdırırlar. Elementlərin qruplara ayrılmasında müxtəlif üsullardan istifadə edilir, məsələn:

- 1) ionların az həllolan birləşmələr şəklində çökdürülməsi;
- 2) çöküntülərin seçici olaraq həll edilməsi;
- 3) gərginlik sırasına uyğun olaraq metalların sıxışdırılıb çıxarılması;
- 4) birləşmələrin üzvi həlledicilərlə ekstraksiyası;
- 5) uçucu birləşmələrin distilləsi.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, analizin ardıcıl gedişi əsas etibarilə metal ionlarını təyin edərkən lazım olur. Qeyri-metal ionlarını təyin edərkən ən çox analizin fərdi üsulundan istifadə edilir.

## 1.5. MƏHLULLAR

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, vəsfi kimyəvi analiz reaksiyaları, əsas etibarilə, yaş üsulla aparılır. Bunun üçün tədqiq ediləcək maddə həll edilir və nəticədə məhlul alınır. Çox zaman analitik kimyada həqiqi və ya molekulyar məhlullardan istifadə edilir. Həll olan maddənin molekulları (ionları) başqa bir maddə molekulları (ionları) arasında çox kiçik hissəciklər (1 nm-dən kiçik) şəklində bərabər olaraq yayılırsa, alınan bir cinsli sistemlərə molekulyar və ya həqiqi məhlullar deyilir.

Həlledici olaraq çox zaman distillə edilmiş su götürülür. Müəyyən temperaturda həlledicidə hər hansı bir maddənin yal-

nız müəyyən miqdarı həll ola bilər. Məsələn, əgər 20°-də 100 q suya 36 q-dan artıq xörək duzu tökülüb qarışdırılarsa, o zaman həmin duzun hamısı həll olmayıb, bir hissəsi bərk halda suyun dibində qalar. Göstərilən üsulla hazırlanan məhlul doymuş məhlul deyildir. Müəyyən temperaturda həlledicinin müəyyən miqdarında həll olan maddənin yeni miqdarı daha həll olmazsa, belə məhlullara doymuş məhlullar deyilir. Başqa sözlə, həll olan maddənin artıq miqdarı ilə dinamik tarazlıqda olan məhlul doymuş məhlul deyildir. Hər hansı bir maddənin müəyyən temperaturda müəyyən həllolma qabiliyyəti vardır. Müəyyən temperaturda, 100q həlledicidə maddənin həll olan maksimum miqdarına onun həllolma qabiliyyəti deyilir. Doymuş məhlullar sabit temperaturda öz qatılıqlarını dəyişməzlər. Doymuş məhlulların qatılığı, onların müəyyən həcmində və ya çəkiddə həll olan maddə miqdarı ilə ölçülür. Müəyyən temperaturda həlledicinin müəyyən miqdarında həll olan maddənin yeni miqdarı yenə də həll ola bilsə, belə məhlullara doymamış məhlullar deyilir. Müəyyən temperaturda məhlulda həll olan maddənin miqdarı onun həllolma dərəcəsiindən artıq olarsa, belə məhlullara ifrat doymuş məhlullar deyilir. Qeyd etmək lazımdır ki, bütün maddələr ifrat doymuş məhlul əmələ gətirməzlər. Ən yaxşı ifrat doymuş məhlul əmələ gətirən maddələrdən natriumasetatı, natrium-tiosulfatı, natrium-sulfatı misal göstərmək olar.

Suda və ya başqa həlledicidə həllolma qabiliyyətinə görə bütün maddələr 3 qrupa bölünür:

- 1) Yaxşı həll olanlar (100 q həlledicidə 1 q-dan çox həll olur);
- 2) Az həll olanlar (100 q həlledicidə 0,01-1 q həll olur);
- 3) Praktiki olaraq həll olmayanlar (100 q həlledicidə 0,01q-dan az həll olur).

Suda yaxşı həll olan maddələrə bütün nitratlar, asetatlar, xloridlər, bromidlər, yodidlər (Ag, Hg(I) və qurğuşunun müvafiq duzlarından başqa), sulfatlar (Ba, Ca, Sr, Pb sulfatlarından başqa), ammonium, natrium və kaliumun əkcər duzları, etanol, aseton, sulfat turşusu, fosfat turşusu, hidrogen-xlorid, ammoniyak və s. aiddir.

Çox zaman temperatur artdıqca, bərk maddələrin əksəriyyətinin həllolma qabiliyyəti artır. Temperaturun artması ilə həllolma

qabiliyyəti artan maddələrdən kalium-nitratı, qurğuşun 2-nitratı və s. göstərmək olar. Lakin bununla belə, bəzi maddələr də vardır ki, temperatur artdıqca onların həllolma qabiliyyəti azalır. Məsələn, natrium-sulfat, kalsium-sulfat, kalsium-hidroksid və s.

Bərk maddə həlledicidə həll edildikdə, onun molekulları ilə həlledici molekulları arasında qarşılıqlı təsir baş verir ki, belə prosesə solvatlaşma, əmələ gələn maddələrə solvatlar deyilir. Həlledici su olduqda, həmin prosesə hidratlaşma, alınan maddələrə isə hidratlar deyilir.

Məhlulda miqdarca çoxluq təşkil edən komponent həlledici, azlıq təşkil edən komponent isə həll olan maddə adlanır.

Məhlulun miqdarca tərkibi qatılıqla müəyyən edilir. Qatılıq həll olan maddə ilə həlledicinin miqdar nisbətini əks etdirir. Məhlulun vahid həcmində və ya kütləsində həll olmuş maddə miqdarına qatılıq deyilir.

Məhlulun qatılığının müxtəlif ifadə üsulları vardır.

**Faizlə qatılıq.** Məhlulun faizlə qatılığı həllediciyə nisbətən həll olan maddənin miqdarını faizlə göstərir. Bu qatılıq kütlə, həcm və mol faizi kimi müxtəlif üsullarla ifadə edilir.

a) **Kütlə faizi ilə qatılıq.** Həllolan maddənin kütləsinin məhlulun ümumi kütləsinə olan nisbətində həllolan maddənin kütlə payı deyilir. Məhlulun faizlə qatılığı onun 100 qramında həll olan maddənin qramlarla miqdarı ilə ifadə olunur. Məsələn, 10%-li NaCl məhlulu dedikdə, məhlulun hər 100 qramında 10 q NaCl və 90 q həlledici olduğu başa düşülür. Kütlə faizi ilə qatılıq aşağıdakı formulla hesablanır.

$$C_{\%} = \frac{m(\text{həllolan})}{m(\text{məhlul})} \cdot 100$$

Bəzən məhlulun qatılığı onun sıxlığı ilə də ifadə olunur.

$$m = V \cdot \rho$$

formulundan istifadə olunur.

Onda

$$C_{\%} = \frac{m(\text{həllolan})}{V \cdot \rho} \cdot 100$$

Məhlulların sıxlığı müvafiq cədvəllərdə verilir.

Kütlə faizi və qatılıqla əlaqədar bir neçə misala baxaq.



**Misal 1.** 200 q 5%-li NaOH məhlulu hazırlamaq üçün hansı həcmdə su və 20%-li NaOH məhlulu götürmək lazımdır?

**Həlli.** Əvvəlcə 200 q 5%-li NaOH məhlulu hazırlamaq üçün tələb olunan NaOH-ın kütləsini tapırıq.

100 q məhlulda – 5 q NaOH

200 q məhlulda – x q NaOH olar.

$$x = \frac{200 \cdot 5}{100} \quad q=10 \text{ q NaOH}$$

Sonra 10 q NaOH nə qədər 20%-li məhlulda olduğunu hesablayırıq.

20 q NaOH – 100 q məhlul

10 q NaOH – x q məhlul

$$x = \frac{10 \cdot 100}{20} \quad q=50 \text{ q məhlul}$$

Məhlulun həcmi tapmaq üçün cədvəldən 20%-li NaOH məhlulunun sıxlığını tapırıq,  $\rho = 1,225 \text{ q/ml}$ .

Məhlulun həcmi tapırıq:

$$V = \frac{m(\text{məhlul})}{\rho} = \frac{50}{1,225} = 40,8 \text{ ml}$$

Götürüləcək suyun kütləsini tapırıq

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (200 - 50) \text{ q} = 150 \text{ q}$$

Suyun sıxlığı 1 q/ml olduğundan

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 150 \text{ ml}$$

**Misal 2.** 200 q 10%-li və 400 q 20%-li NaCl məhlulu qarışdırılmışdır. Alınan məhlulun faizlə qatılığını hesablayın.

**Həlli:** 10%-li məhlulda NaCl kütləsini tapırıq.

100 q məhlul – 10 q NaCl

200 q məhlul – x q NaCl

$$x = \frac{200 \cdot 10}{100} \quad q=20 \text{ q NaCl}$$

20%-li məhlulda NaCl kütləsini tapırıq

100 q məhlul – 20 q NaCl

400 q məhlul – x q NaCl

$$x = \frac{20 \cdot 400}{100} \quad q=80 \text{ q NaCl}$$

Həllolan NaCl-in ümumi kütləsini tapırıq:  $(20+80) \text{ q} = 100 \text{ q}$  NaCl. Alınan məhlulun ümumi kütləsini tapırıq.

$$(200+400) \text{ q} = 600 \text{ q}$$

Məhlulun faizlə qatılığını tapırıq.

$$C_{\%} = \frac{100}{600} \cdot 100 = 16,66\%$$

Bu tip məsələləri

$$C_K = \frac{C_1 \cdot m_1 + C_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$$

formulundan istifadə etməklə həll etmək olar.

$C_1$  - birinci,  $C_2$  - ikinci məhlulun faizlə qatılığı,  $m_1$  və  $m_2$  isə uyğun olaraq onların kütləsidir.

**Misal 3.** 600 q 20%-li məhlul hazırlamaq üçün 10%-li və 40%-li KCl məhlullarından nə qədər götürmək lazımdır?

**Həlli:** 10%-li məhlulun kütləsi  $m_1$ , 40%-li məhlulun kütləsi  $m_2$  olarsa, birinci və ikinci məhlulda həll olan maddənin kütləsini tapırıq.

100 q məhlulda – 10 q KCl

$m_1$  q məhlulda – x q KCl

$$x = \frac{10m_1}{100} = 0,1m_1 \text{ q KCl}$$

100 q məhlulda – 40 q KCl

$m_2$  q məhlulda – x q KCl

$$x = \frac{40m_2}{100} = 0,4m_2 \text{ q KCl}$$

Kalium-xloridin ümumi kütləsi  $(0,1m_1 + 0,4m_2)$  q olar.

Eyni mühakimə ilə

100 q məhlulda – 20 q KCl

600 q məhlulda –  $(0,1m_1 + 0,2m_2)$  q KCl

$$(0,1m_1 + 0,2m_2) = \frac{600 \cdot 20}{100}$$

$$0,1m_1 + 0,2m_2 = 120$$

Digər tərəfdən

$$m_1 + m_2 = 600$$

buradan  $m_1 = 600 - m_2$  olar. Onda

$$0,1 \cdot (600 - m_2) + 0,2m_2 = 120$$

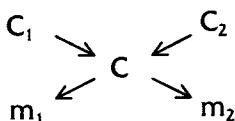
$$60 - 0,1m_2 + 0,2m_2 = 120$$

$$0,3m_2 = 60$$

$$m_2 = 200$$

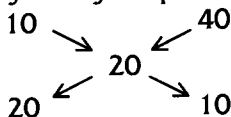
Onda  $m_1 = (600 - 200) \text{ q} = 400 \text{ q}$ .

Məsələni qarışdırma qaydası ilə də həll etmək olar. Onun üçün kvadratın yuxarı künclərində başlanğıc məhlulların kütlə payı, kvadratın mərkəzində hazırlanacaq məhlulun kütlə payı yazılır. Böyük kəmiyyətlərdən kiçik kəmiyyətləri çıxmaqla alınan fərqlərin mütləq qiyməti diaqonal üzrə qarşı tərəfdə (aşağı künclərdə) yazılır.



Burada  $C_1$  və  $C_2$  ilkin məhlulların kütlə payı (su götürdükdə  $C_2$ -nin əvəzinə O quru duz götürdükdə 100, kristalhidrat götürdükdə isə duzun kristalhidratda kütlə payı yazılır), C - hazırlanacaq məhlulun faizlə qatılığı,  $m_1$  və  $m_2$  isə  $C_1$  və  $C_2$  qatılıqlı məhlulların kütləsidir. Hesablama zamanı  $m_1 = C_2 - C$  (və ya əksinə)  $m_2 = C_1 - C$  (və ya əksinə) qəbul edilir.

Verilənləri sxemdə yerinə yazaq



20 və 10 (20:10 və ya 2:1) göstərir ki, 20%-li KCl məhlulundan 30 q (20+10) hazırlamaq üçün 20 q 10%-li və 10 q 40%-li məhlulu qarışdırmaq lazımdır.

Onda 600 q 20%-li məhlul hazırlamaq üçün lazım olan 10%-li və 40%-li məhlulun kütləsi

30 q məhlul – 20 q 10%-li məhlul

600 q – x q 10%-li məhlul

$$x = \frac{600 \cdot 20}{30} \text{ q} = 400 \text{ q}$$

30 q – 10 q 40%-li məhlul

600 q – x q 40%-li məhlul

$$x = \frac{600 \cdot 10}{30} \text{ q} = 200 \text{ q}$$

b) Mol faizi ilə qatılıq məhlulun 100 mol miqdarında həll olmuş maddə mollarının sayı ilə ifadə olunur və aşağıdakı formula hesablanır.

$$N = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \cdot 100$$

v) Həllolan maddənin həcm payı. Həll olan maddə maye halda olduqda çox vaxt onun məhlulda qatılığını həcm payı ilə də ifadə edirlər.

Həllolan maddənin həcm payı həllolan maddənin həcmindən məhlulun həcminə nisbəti ilə ifadə olunur. Faizlə ifadə etdikdə

$$\varphi(x) = \frac{V(x)}{V(\text{məh})} \cdot 100$$

**Molyar qatılıq.** Məhlulun molyar qatılığı onun bir litrində həll olmuş maddənin qram-mollarının sayı ilə ifadə olunur.

Maddənin qramlarla ifadə olunmuş molekulların kütləsinə həmin maddənin qram-molekulu deyilir. Məsələn, NaCl-in molekulların kütləsi 58,5-dir. Ona görə də NaCl-in bir qram-molekulu 58,5 q-dır.

Həll olan maddə miqdarının məhlulun həcminə nisbətinə molyarlıq deyilir.

$$C(x) = \frac{n(x)}{V}$$

Vahidi q-mol/l-dir. Məhlulun həcmi millilitrlərlə verildikdə

$$C(x) = \frac{n(x)}{V} \cdot 1000 = \frac{m(x) \cdot 1000}{M(x) \cdot V}$$

Burada  $V$  - məhlulun millilitrlərlə həcmi;  $m(x)$  - həll olan maddənin qramla kütləsi,  $M(x)$  - onun molekulların kütləsi,  $n(x)$  isə maddə miqdarıdır.

Sıxlığa əsasən məhlulların molyar qatılığını hesablamaq üçün kütlə faizi ilə qatılığın formulundan  $m$ -i tapıb, molyar qatılığın formulunda yerinə yazmaq lazımdır.

$$C(x) = \frac{C_{\%} \cdot 10 \cdot \rho}{M(x)}$$

Molyar qatılıqla əlaqədar bir neçə misala baxaq.

Misal 1. 200 ml 1,64 M ( $\rho=1,14$  q/ml)  $\text{CaCl}_2$  məhluluna 60 ml su əlavə etdikdə alınan məhlulda  $\text{CaCl}_2$  kütlə payını (%-lə) tapın.

Həlli. Həll olan maddənin miqdarını tapırıq:

1000 ml məhlulda - 1,64 mol  $\text{CaCl}_2$

200 ml məhlulda - x mol  $\text{CaCl}_2$

$$x = \frac{200 \cdot 1,64}{1000} = 0,328 \text{ mol } \text{CaCl}_2$$

Həll olan maddənin kütləsini tapırıq.

$$m(\text{CaCl}_2) = n \cdot M = 0,328 \cdot 111 = 36,41 \text{ q}$$

1,64 M  $\text{CaCl}_2$  məhlulunun kütləsini tapırıq:

$$m = V \cdot \rho = 200 \cdot 1,14 = 228 \text{ q}$$

Su əlavə edildikdən sonra məhlulun kütləsini tapırıq. Suyun sıxlığı 1 q/ml olduğundan

$$(228 + 60) \text{ q} = 288 \text{ q}$$

Alınan məhlulun faizlə qatılığı hesablayırıq:

$$C_{\%} = \frac{36,41}{288} \cdot 100\% = 12,64\%$$

Misal 2. 49%-li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  məhlulunun molyar qatılığını hesablayın.

Həlli. Məhlulun kütləsini 100 q qəbul etsək, həll olan maddənin kütləsi 49 q olar.

Məhlulun həcmi tapırıq.

Cədvəldən tapırıq ki, 49%-li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  məhlulunun sıxlığı  $\rho = 1,39$  q/ml-dir.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1,39} = 71,94 \text{ ml}$$

$\text{H}_2\text{SO}_4$ -ün maddə miqdarını tapırıq.  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  q/mol

Onda

98 q  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - 1 mol

49 q - x mol

$$x = \frac{49}{98} = 0,5$$

Məhlulun molyar qatılığını tapırıq.

71,95 ml - 0,5 mol

1000 - x mol

$$x = \frac{0,5 \cdot 1000}{71,94} = 6,95 \text{ mol}$$

Məsələni birbaşa dusturdan istifadə etməklə də həll etmək olar.

$$C_M = \frac{C_{\%} \cdot \rho \cdot 10}{M} = \frac{49 \cdot 1,39 \cdot 10}{98} = 6,95$$

Normal qatılıq. Məhlulun normal qatılığı onun bir litrində həll olmuş maddənin qram-ekvivalentlərinin sayı ilə ifadə olunur.

$$C_N(x) = \frac{m(x)}{E(x) \cdot V}$$

Məhlulun həcmi millilitrlə verildikdə

$$C_N(x) = \frac{m(x) \cdot 1000}{E(x) \cdot V}$$

Sıxlığa əsasən faizli məhlulların normal qatılığını aşağıdakı formulla hesablamaq olar.

$$C_N(x) = \frac{10 \cdot C_{\%} \cdot \rho}{E(x)}$$

Normal qatılığın vahidi q-ekv/ml-dir.

Qram-ekvivalent anlayışına analitik kimyada tez-tez rast gəlinirdi üçün onun haqqında bir qədər ətraflı məlumat verək.

Elementin ekvivalenti onun elə miqdarına deyilir ki, o bir mol-atom hidrogenlə (1,008 q), yaxud 0,5 mol-atom oksigenlə (8 q) birləşsin və ya kimyəvi reaksiyalarda göstərilən ekvivalent miqdarını əvəz etsin.

Maddənin miqdarca öz ekvivalentinə bərabər olan qramlarla verilmiş kütləsinə qram-ekvivalent deyilir.

1808-ci ildə alman alimi Rixter ekvivalent anlayışından istifadə edərək ekvivalentlər (paylar) qanununu kəşf etmişdir.

Maddələr bir-biri ilə ekvivalentlərinə mütənasib olaraq qarşılıqlı təsirdə olur. Qanun riyazi olaraq belə ifadə olunur:

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

Burada  $m_1$  və  $m_2$  maddələrin kütləsi,  $E_1$  və  $E_2$  isə onların ekvivalentidir.

Ekvivalentlər qanunu əsasında mürəkkəb maddələrin ekvivalent kütləsini hesablamaq üçün aşağıdakı formulları çıxarmaq olar:

$$E_{(\text{oksid})} = \frac{M(\text{oksid})}{\text{Element atomlarının sayı} \cdot \text{elementin valentliyi}};$$

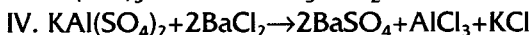
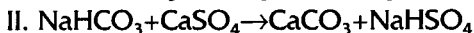
$$E_{(\text{turşu})} = \frac{M(\text{turşu})}{\text{Turşunun əsaslığı}}; \quad E_{(\text{əsas})} = \frac{M(\text{əsas})}{\text{Əsasin turşuluğu}};$$

$$E_{(\text{duz})} = \frac{M(\text{duz})}{\text{Metal atomlarının sayı} \cdot \text{metalın valentliyi}}$$

Oksidlərin ekvivalentini onların tərkibinə daxil olan elementlərin ekvivalentlərini, hidrokislərdə metalla hidrokisid qrupunun ekvivalentlərini, turşularda hidrogenlə turşu qalığının, duzlarda metalla turşu qalığının ekvivalentlərini toplamaqla da tapmaq olar.

Mürəkkəb maddənin ekvivalenti müxtəlif reaksiyalarda müxtəlif ola bilər. Bu halda mürəkkəb maddənin ekvivalentini tapmaq üçün onun mol kütləsini əvəz olunan ion və ya radikalın valentləri cəminə bölmək lazımdır.

Məsələn



I tənlikdə mübadilədə 1 ion iştirak edir (OH').

Bu halda

$$E = \frac{M(\text{Zn(OH)NO}_3)}{1} = M(\text{Zn(OH)NO}_3)$$

II tənlikdə mübadilədə 2 bivalentli ion (HCO<sub>3</sub>' və Na') mübadilə olunur.

Bu halda:

$$E = \frac{M(\text{NaHCO}_3)}{2}$$

III tənlikdə 3 bivalentli ion (OH') mübadilə olunur.

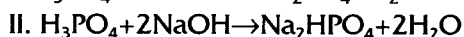
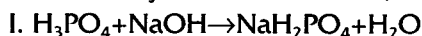
Bu halda:

$$E = \frac{M(\text{Al}(\text{OH})_3)}{3}$$

IV tənlikdə isə əvəz olunan ionların valentləri cəmi dörd olduğundan ( $\text{K}^+$  və  $\text{Al}^{3+}$ )

$$E = \frac{M(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2)}{4}$$

Fosfat turşusu üçəsaslı turşudur. Onun  $\text{NaOH}$  ilə neytrallaşması reaksiyasında 3 hal baş verə bilər. Belə ki,



Uyğun olaraq birinci halda:  $E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{1}$ ;

İkinci halda:  $E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{2}$ ;

Üçüncü halda  $E(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{3}$ .

Deməli, hər hansı bir duzu əmələ gətirən turşu və ya əsasın ekvivalent kütləsini tapmaq üçün hesablamaları duzun alınma reaksiyasının tənliyinə əsasən aparmaq lazımdır.

Bildiyimiz kimi, maddənin ekvivalenti onun 1 mol atom hidrogenlə qarşılıqlı təsirdə olan miqdarına deyilir. Əgər hidrogen oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedici olarsa, onun 1 mol atomu 1 mol elektron birləşdirir və ya ayırır.



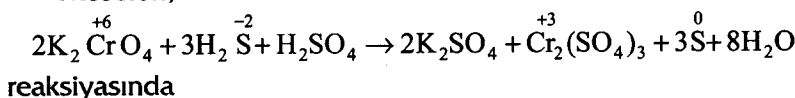


Ona görə də oksidləşdiricinin (reduksiyaediciyin) ekvivalenti onun reduksiya olunaraq (oksidləşərək) 1 mol elektron birləşdirən (ayırən) miqdarına deyilir.

Buna müvafiq olaraq oksidləşdiricinin (reduksiyaediciyin) ekvivalent kütləsi onun molekulyar kütləsinin oksidləşmə-reduksiya proseslərində iştirak edən elektronların sayına olan nisbətində bərabərdir.

$$E = \frac{M}{n} \text{ q/mol}$$

Məsələn,



$$E_{(\text{K}_2\text{CrO}_4)} = \frac{M(\text{K}_2\text{CrO}_4)}{3} = \frac{194}{3} \text{ q/mol} = 64,66 \text{ q/mol}$$

$$E_{(\text{H}_2\text{S})} = \frac{M(\text{H}_2\text{S})}{2} = \frac{34}{2} \text{ q/mol} = 17 \text{ q/mol}$$

Bir sıra hallarda normal qatılıqları eyni olan məhlullardan istifadə etmək daha əlverişlidir. Bu zaman məhlulların reaksiyaya daxil olan həcmələri eyni olur. Normalıq müxtəlif olduqda isə məhlulların həcmi onların qatılığı ilə tərs mütənasibdir:

$$\frac{V_{\Theta}}{V_T} = \frac{C_N(T)}{C_N(\Theta)}$$

Burada,  $V_{\Theta}$  və  $V_T$  əsasın və turşunun həcmi,  $C_N(T)$  və  $C_N(\Theta)$  isə onların normal qatılıqlarıdır.

Analitik kimyada məhlulun qatılığı çox vaxt normalıqla ifadə edildiyi üçün normal məhlulların hazırlanması və onların qatılıqlarının hesablanması bir neçə misalla izah edək.

**Misal 1.** 250 ml 0,5 N barium-xlorid məhlulu hazırlamaq üçün həmin duzdan neçə qram lazımdır?

**Həlli:** Barium-xlorid  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kristalhidratı şəklində mövcud olur. Kimyəvi maddələrdən müəyyən qatılıqlı məhlul hazırlayarkən maddənin kristallaşma suyunun miqdarı mütləq nəzərə alınmalıdır.

$$E_{(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} = \frac{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{2} = 122,2 \text{ q/mol}$$

Normal qatılığın tərifindən göründüyü kimi

1000 ml məhlulda – 0,5 qram-ekv  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

250 ml – x qram-ekv

$$x = \frac{250 \cdot 0,5}{1000} = 0,125 \text{ qram-ekv } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

1 qram ekvivalent  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 122,2 q

0,125 qram-ekv – x q

$$x = 0,125 \cdot 122,2 = 15,275 \text{ q } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

~15,3 q  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tərəzidə çəkilib 250 ml-lik kolbaya tökülür və az miqdar isti suda həll edilib, cizgiyə qədər su ilə durulaşdırılır.

**Misal 2.** 5 l 0,5N NaOH məhlulu hazırlamaq üçün neçə ml sıxlığı 1,2 q/ml olan NaOH məhlulu lazımdır?

**Həlli:** 5 l 0,5 N NaOH məhlulunda neçə qram-ekvivalent NaOH olduğunu tapırıq.

1 l məhlulda – 0,5 q-ekv. NaOH

5 l məhlulda – x q-ekv. NaOH

$$x = 5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ q-ekv NaOH}$$

NaOH-ın kütləsini tapırıq. Bildiyimiz kimi

$$E_{\text{NaOH}} = \frac{40}{1} = 40 \text{ q}$$

Onda

1 q-ekv. NaOH – 40 q

2,5 q-ekv. NaOH – x q

$$x = 40 \cdot 2,5 = 100 \text{ q NaOH}$$

Cədvəldən tapırıq ki, sıxlığı 1,2 q/ml olan məhlulun faizlə qatılığı 17,81%-dir. 17,81%-li məhlulun kütləsi tapılır.

17,81 q NaOH - 100 q məhlulda

100 q NaOH – x q məhlulda

$$x = \frac{100 \cdot 100}{17,81} = 561,5 \text{ q məhlul}$$

Məhlulun həcmi tapırıq:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{561,5}{1,2} = 468 \text{ ml}$$

Beləliklə, sıxlığı 1,2 q/ml olan NaOH məhlulundan 468 ml

götürüb 5 litrlik kolbaya tökülür və cizgiyə qədər su ilə durulaşdırılır.

**Misal 3.** 1 ml-də 54 mq Ag olan  $\text{AgNO}_3$  məhlulunun normal qatılığını tapın.

**Həlli:** Gümüş-nitrat məhlulunun 1000 ml-də neçə mq Ag olduğunu tapırıq:

$$\begin{aligned} &1 \text{ ml məhlulda} - 54 \text{ mq Ag} \\ &1000 \text{ ml məhlulda} - x \text{ mq Ag} \\ &x = \frac{54 \cdot 1000}{1} = 54000 \text{ mq} = 54 \text{ q Ag} \end{aligned}$$

Gümüşün q-ekivalentini tapırıq:

$$\begin{aligned} &108 \text{ q Ag} - 1 \text{ q-ekv} \\ &54 \text{ q Ag} - x \text{ q-ekv} \\ &x = \frac{54}{108} = 0,5 \text{ q-ekv.} \end{aligned}$$

Beləliklə, məhlulun normal qatılığı 0,5 N olur.

**Misal 4.** 200 ml NaOH məhlulu hazırlamaq üçün neçə qram tərkibində 10% su olan NaOH lazımdır?

**Həlli:** NaOH-in q-ekivalentini tapırıq:

$$\begin{aligned} &1000 \text{ ml məhlulda} - 4 \text{ q-ekv. NaOH} \\ &200 \text{ ml məhlulda} - x \text{ q-ekv.} \\ &x = \frac{200 \cdot 4}{1000} = 0,8 \text{ q-ekv. NaOH} \end{aligned}$$

NaOH kütləsini tapırıq.

$$\begin{aligned} &1 \text{ q-ekv. NaOH} - 40 \text{ q NaOH} \\ &0,8 \text{ q-ekv. NaOH} - x \text{ q} \\ &x = 40 \cdot 0,8 = 32 \text{ q NaOH} \end{aligned}$$

Tərkibində 10% su olan NaOH-in kütləsini tapırıq. 100 qramında 90 q təmiz NaOH olduğu üçün 32 q təmiz NaOH

almaq üçün  $\frac{32}{90} \cdot 100 = 35,6$  q tərkibində 10% su olan NaOH götürmək lazımdır.

**Misal 5.** Hər ml-də 20 mq Fe olan 12 ml  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  məhlulu hazırlamaq üçün nə qədər  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  götürmək lazımdır?

**Həlli.** Birinci növbədə 20 mq dəmirin neçə mq dəmir 2-

sulfata ekvivalent olduğunu tapırıq:

Fe –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ekvivalentdirsə,

20 – x ekvivalent olar.

$$x = \frac{20 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{\text{Fe}} \text{ mq} = 0,1 \text{ q}$$

Bundan sonra, 12 ml  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  məhlulunda neçə qram həmin duzdan olduğunu tapırıq:

1 ml – 0,1 q  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

12 ml – y q  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Buradan  $y = 1,2 \text{ q } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Misal 6. 42 ml  $\text{HNO}_3$  məhlulunu neytrallaşdırmaq üçün 14 ml 0,3N NaOH məhlulu sərf olundu.  $\text{HNO}_3$  məhlulunun normal qatılığını tapın.

Həlli: Maddələr bir-biri ilə ekvivalentlərinə mütənasib olaraq qarşılıqlı təsirdə olduğundan

$$C_N(\text{T}) \cdot V(\text{T}) = C_N(\text{Ə}) \cdot V(\text{Ə})$$

Buradan

$$C_N(\text{T}) \cdot 42 = 14 \cdot 0,3$$

$$C_N(\text{T}) = \frac{14 \cdot 0,3}{42} = 0,1 \text{ q-ekv./l}$$

Titrlə qatılıq. 1 ml məhlulda həll olan maddənin qramlarla miqdarına məhlulun titrlə qatılığı deyilir.

$$T(x) = \frac{m(x)}{V}$$

Məhlulun həcmi millilitrlərlə verildikdə

$$T(x) = \frac{m(x)}{1000}$$

Molyar və normal qatılıqla titrlə qatılıq arasında aşağıdakı əlaqə düsturu vardır.

$$T(x) = \frac{C(x) \cdot M(x)}{1000}$$

$$T(x) = \frac{C_N(x) \cdot E(x)}{1000}$$

Titrlə qatılıqla əlaqədar olaraq bir neçə misala baxaq:

**Misal 1.** 25 ml  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  məhlulunda 10 q  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  olan məhlulun titrini hesablayın?

**Həlli:**

25 ml məhlulda - 10 q  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

1 ml məhlulda - x

$$x = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ q } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

Yaxud

$$T = \frac{m}{V} = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ q/ml}$$

**Misal 2.** 0,25 N  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  məhlulunun titrini hesablayın.

**Həlli:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -in ekvivalentini tapırıq:

$$E_{(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{2} = 53 \text{ q}$$

Titr ilə normal qatılıq arasında əlaqə düsturundan istifadə edərək titrli qatılığı hesablayırıq.

$$T = \frac{C_N \cdot E}{1000} = \frac{0,25 \cdot 53}{1000} = 0,01225 \text{ q/ml}$$

Məsələn başqa yolla da hesablamaq olar.

1000 ml məhlulda - 0,25·53 q  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

1 ml - x q  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

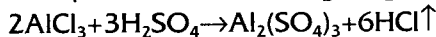
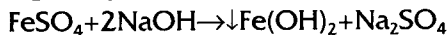
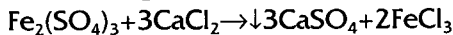
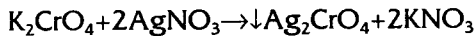
$$x = 0,01325 \text{ q } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

## SUALLAR VƏ ÇALIŞMALAR

1. Vəsfə və miqdarı analiz nədən bəhs edir?
2. Vəsfə analizinin hansı üsullarını bilirsiniz?
3. Quru və yaş üsulu aydınlaşdırma bir neçə misal göstərin.
4. Spesifik reaksiya nəyə deyilir? (Misallar ilə izah edin).
5. Reaksiyanın şəraitini aydınlaşdırın.
6. Reaksiyanın şəraitinə təsir göstərən amillər hansılardır?
7. Reaksiyanın mühitini aydınlaşdırmaq üçün bir neçə misal göstərin.
8. Reaksiyanın həssaslığı nəyə deyilir?
9. Durulaşdırma həddini nədən ibarət olmasını misallarla aydınlaşdırın.

10. Fərdi analiz üsulu nəyə deyilir? (Misallarla izah edin).  
 11. Analizin ardıcıl gedişi nədir? (Misallarla izah edin).  
 12. Qrup reaktivi nəyə deyilir? (Vəsfi kimyəvi analizdəki əhəmiyyətini misallarla izah edin).

13. Aşağıdakı reaksiya tənliklərini ion şəklində yazın.



14. Qramatom və qrammolekul nədir? (Onları misallarla izah edin).

15. Qramekvivalent nədir?

16. Normal məhlul nəyə deyilir? (Normal məhlulları hazırlamaq üsulunu göstərin).

17. Molyar məhlul nəyə deyilir?

18. Xörək duzundan nə qədər götürmək lazımdır ki, hər ml-də 20 mq Na olan 20 ml məhlul hazırlamaq mümkün olsun?

19. 40 ml 0,5 n məhlul hazırlamaq üçün  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  duzundan nə qədər götürmək lazımdır?

Cavab: 1,27q.

20. Tərkibində 12 faiz su qarışığı olan kalium-hidroksiddən nə qədər götürmək lazımdır ki, 80 ml 0,25 n məhlul hazırlamaq mümkün olsun?

Cavab: 15 ml.

21. Xüsusi çəkisi 1,19 və 37 faiz HCl olan qatı turşudan neçə ml götürmək lazımdır ki, onu durulaşdırdıqdan sonra 60 ml 3 n HCl məhlulu hazırlamaq mümkün olsun?

Cavab: 15 ml.

22.  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  duzundan nə qədər götürmək lazımdır ki, 1 ml-də 20 mq Mg olan 10 ml məhlul hazırlamaq mümkün olsun?

Cavab: 2,05 q.

23. Şüşə qabda 2 q  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  duzu vardır. 1 ml-də 20 mq Fe olmaq şərtilə həmin duzdan neçə ml məhlul hazırlamaq mümkün olar?

Cavab: 20,1 ml.

## 1.6. VƏSFİ YARIMMİKROKİMYƏVİ ANALİZDƏ KATİONLARIN TƏSNİFATLARI İLƏ ELEMENTLƏRİN DÖVRİ SİSTEMİNİN ƏLAQƏSİ

Tərkibində müxtəlif ionların qarışığı olan məhlulu tədqiq edərkən bu ionların hər birini uyğun spesifik reaktivlə bilavasitə təyin etmək imkanı həmişə olmur. Ümumiyyətlə, spesifik və ya məxsusi reaktivlərin sayı çox məhduddur, çox vaxt məhluldan hər hansı bir ionu təyin etmək üçün onun təyininə maneçilik törədən ionların əvvəlcədən kənar edilməsi zəruri olur. Bunun üçün çökdürmə, kompleksmələgəlmə, oksidləşmə-reduksiya və bir çox başqa reaksiyalardan istifadə etmək olar.

İonlar qarışığını qrup reaktivlərinin köməyi ilə ayrı-ayrı fraksiyalara bölüb, sonra isə bu fraksiyaları ardıcıl analiz etmək daha əlverişli olur. Anionlar üçün əlverişli qrup reaktivləri tapılmadığından onların ardıcıl analizi indiyə kimi kifayət dərəcədə işlənilməmişdir.

Kationlar üçün isə hidrogen-sulfid, ammonium-sulfid, ammonium-karbonat, ammonium-hidrofosfat, ammonyak, qələvilər, xlorid və sulfat turşuları və başqa qrup reaktivləri çoxdan məlum idi. Bu reaktivlərin metal duzları məhlullarına təsirinin eksperimental nəticələri, çətin həllolan duz və hidrokisidlərinin alınması üsulları və xassələrinə əsasən tədricən metalların (kationların) analitik təsnifatları yaranırdı. Bunlardan hidrogen-sulfid, turşu-əsas və ammonium-fosfat təsnifatlarını göstərmək olar.

**Hidrogen-sulfid təsnifatı.** Metalların ardıcıl vəsfi analizinin hidrogen-sulfid üsulu təxminən iki yüz il bundan əvvəl işlənilməmişdir. Kationların təsnifatının əsasında onların karbonatlarının, sulfidlərinin, xloridlərinin və hidrokisidlərinin həllolma qabiliyyətindəki müxtəliflik durur. Hidrogen-sulfid üsulu XVIII əsrdə Berqman tərəfindən təklif edilmiş, sonralar isə Bersellius, Frezenius, Roze və başqa kimyaçılar tərəfindən inkişaf etdirilmiş, nəhayət 1872-ci ildə N.A.Menşutkin tərəfindən elmi cəhətdən əsaslandırılmışdır. Bu təsnifata görə kationlar beş qrupa bölünür.

**Birinci analitik qrupa**  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  və  $Mg^{2+}$  kationları daxildir. Bu qrup kationlarının hamısını çökdürə bilən qrup reaktivləri yoxdur. Birinci qrup kationlarını qalan qrup kationlarından fərqləndirən cəhət də məhz onların qrup reaktivinin olmamasıdır. Hər bir kation müəyyən xarakter reaksiya əsasında təyin edilir.

İkinci qrup kationlarına qələvi-torpaq metallarının kationları daxildir. Bu qrupa daxil olan  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  və  $Ca^{2+}$  kationlarının sulfidləri suda yaxşı həll olur, lakin karbonatları həll olmur. Ona görə də ikinci qrup kationlarının qrup reaktivliyi ammonium bufer məhlulu ( $NH_4OH$  və  $NH_4Cl$ ) iştirakı ilə ammonium-karbonat ( $(NH_4)_2CO_3$ ) hesab olunur. Bu zaman suda həll olmayan karbonatlar çökür.

Maqnezium ionu şəraitdən asılı olaraq həm ikinci, həm də birinci qrupa daxil edilə bilər. Belə ki, maqnezium ionu karbonat ionu ilə ammonium duzları iştirak etdikdə çöküntü əmələ gətirmir; daha doğrusu, maqnezium-karbonat çöküntüsü ammonium duzları iştirak etdikdə suda həll olur. Belə olduqda maqnezium birinci qrup kationlarına daxil edilir. Lakin ammonium duzları olmadıqda, maqnezium kationu, barium, stronsium və kalsium kationları ilə birlikdə karbonat ionu ilə çöküntü əmələ gətirir.

Üçüncü qrup kationlarına  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  və  $Ni^{2+}$  kationları daxildir.

Üçüncü qrup kationlarının birinci və ikinci qrup kationlarından fərqli olaraq sulfidləri suda həll olmur; lakin dördüncü və beşinci qrup kationlarından fərqli olaraq durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur. Üçüncü qrup kationları ammonium-xlorid və ammonium-hidroksid mühitində, neytral və ya qələvi mühitdə ( $pH=9$ ) ammonium-sulfidlə suda həll olmayan sulfidlər və hidrokoksidlər şəklində çökdürülür. Ona görə də üçüncü qrup kationlarının qrup reaktivliyi ammonium-sulfiddir. Üçüncü qrup kationları iki yarımqrupa bölünür. Birinci yarımqrupa  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$  və başqaları daxildir. Bu kationlar ammonium buferi iştirakı ilə qrup reaktivliyinin təsirindən hidrokoksidlər şəklində çökür. İkinci yarımqrupa  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  və başqa kationlar daxildir. Bu kationlar qrup reaktivliyi ilə sulfidlər şəklində çökür.

Dördüncü qrup kationlarına  $Hg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$  və  $Pb^{2+}$  kationları daxildir.

Bu qrupun bütün kationlarının sulfidləri, üçüncü qrup kationlarından fərqli olaraq durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur. Ona görə də dördüncü qrup kationları turşu mühitdə ( $pH=0,65$ ) hidrogen-sulfidlə çökdürülür.

Dördüncü qrup kationları xloridlərinin suda həll olmasına görə iki yarımqrupa bölünür:



1-ci yarımqrupa  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  kationları daxildir. Həmin kationların xloridləri suda həll olmur. Ona görə də 1-ci yarımqrupun qrup reaktivliyi xlorid turşusudur.

2-ci yarımqrupa  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  və  $\text{Cd}^{2+}$  kationları daxildir. 2-ci yarımqrup kationlarının xloridli birləşmələri suda yaxşı həll olur. Bundan əlavə 2-ci yarımqrup kationlarının sulfidləri ammonium polisulfiddə həll olmur.

Beşinci qrup kationlarına  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$  kationları daxildir. Bu kationların sulfidləri ammonium-polisulfiddə həll olur və nəticədə tiouduzlar əmələ gətirir. Ona görə də beşinci qrup kationlarının qrup reaktivliyi ammonium-polisulfid hesab olunur.

Beləliklə, qrup reaktivlərinin ardıcıl tətbiq edilməsi ilə kationları ayrı-ayrı qrup və yarımqruplara ayırmaq mümkün olur ki, onun da vəsfi analizdə böyük əhəmiyyəti vardır. Bu üsul xeyli vaxt işlənilib inkişaf etdirilməsinə baxmayaraq, həm metodik, həm də praktik cəhətdən bir sıra ciddi nöqsanlara malikdir: belə ki, əsas reaktiv kimi tətbiq edilən hidrogen-sulfid sağlamlıq üçün çox zərərli və təhlükəlidir. Həmin reaktivlə işləmək üçün xüsusi otaq və yaxşı düzəldilmiş sorucu şkaf lazımdır.

Bütün kationlar qarışığına, turş mühitdə hidrogen-sulfidlə təsir etdikdə IV və V qrup kationlarından başqa III qrup kationları da xüsusən sink, kobalt və nikel kationları, sulfid şəklində çökür və onların itgisi baş verir. Bunlardan başqa hidrogen-sulfid üsulunda çox vaxt kalium, natrium, qalay, civə və bir sıra başqa kationların itgisinə yol verilir və s.

Kationların tam analizini aparmaq üçün çox vaxt sərf olunur (25-30 saata qədər) ki, bu da müasir sənayenin tələbatına uyğun gəlmir.

**Turşu-qələvi təsnifatı.** Kationların bu təsnifatı ali məktəblərin analitik kimya üzrə tədris proqramlarına daxil edilmişdir. Hidrogen-sulfid təsnifatına nisbətən turşu-qələvi təsnifatının həm metodiki, həm praktiki cəhətdən xeyli üstün cəhətləri var. Bu üsulun belə adlandırılmasının səbəbi, kationların qruplara bölünməsi üçün tətbiq edilən başlıca reaktivlərin turşular ( $\text{HCl}$  və  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) və qələvilər ( $\text{NaOH}$  və  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) olmasıdır. Həmin təsnifat kationların xlorid, sulfat və hidrosidlərinin çətin olmalarına və

bəzi kationların ammonium-hidroksid məhlulunun təsirindən suda həll olan ammoniyakat kompleksi əmələ gətirmələrinə əsaslanır. Bununla əlaqədar olaraq praktikada geniş yayılmış kationları altı qrupa bölmək olar. Həmin qrup kationları və onların qıscaca xarakteristikası aşağıdakılardan ibarətdir.

**1-ci qrup kationları.** HCl turşusunun təsiri ilə suda və duru turşularda çətin həll olan xloridlər əmələ gətirirlər. Bunlar  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  kationlarından ibarətdir. Birinci qrup kationlarının qrup reaktivini 2N xlorid turşusudur. Qurğuşun-xloridin həll olmasını azaltmaq üçün metil, etil spirtləri, habelə aseton əlavə edilir.

**2-ci qrup kationları** suda və turşularda çətin həll olan sulfatlar əmələ gətirirlər. Bunlar  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{Pb}^{2+}$ ) kationlarından ibarətdir. 2-ci qrupun qrup reaktivini 2N sulfat turşusudur. Kalsium-sulfatın həll olmasını azaltmaq üçün metil, etil spirti və ya aseton əlavə edirlər.

**3-cü qrup kationları**, qələvi artığında həll olan amfoter hidrokksidlər əmələ gətirirlər. Bunlar  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  kationlarından ibarətdir. Yeyici qələvi məhlullarının təsirindən həmin kationlar, suda həll olan alüminatlar, xromitlər, sinkatlar, stannitlər, stannatlar əmələ gətirirlər. 3-cü qrup kationlarının qrup reaktivini 2N natrium-hidroksid məhlulunun artığıdır.

**4-cü qrup kationları**  $\text{NH}_4\text{OH}$  artığında həll olmayan hidrokksidlər əmələ gətirirlər. Bura  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  kationları daxildir. 4-cü qrup kationlarının qrup reaktivini ammonium-hidroksid məhlulunun artığıdır.

**5-ci qrup kationlarına** ammonium-hidroksid məhlulunun artığını əlavə edərkən suda yaxşı həll olan ammoniyakatlar əmələ gətirən  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  kationları daxildir. Qrup reaktivini 25%-li  $\text{NH}_4\text{OH}$  məhlulunun artığıdır.

**6-cı qrup kationlarına**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  və  $\text{NH}_4^+$  kationları aiddir. Altıncı qrup kationlarını səciyyələndirən xüsusiyyət, onların qrup reaktivinin olmamasıdır, başqa sözlə, həmin kationlar turşular və qələvilərlə çöküntü əmələ gətirmirlər. Onların xloridləri, sulfatları və hidrokksidləri suda yaxşı həll olur.

**Ammonyak-fosfat təsnifatı.** Təyin olunan kationların sayına görə bu təsnifat turşu-qələvi təsnifatına uyğun gəlir, lakin analizin aparılma metodikasına görə daha mürəkkəbdir və analiz

aparan şəxsin fərdi reaksiyaları aparmaq imkanı daha az olur ki, bu da analiz vaxtının bir qədər uzanmasına səbəb olur. Ammonyak-fosfat təsnifatına görə bütün kationlar beş analitik qrupa bölünür.

**Birinci analitik qrupa** qrup reaktivi olmayan kationlar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  və  $\text{NH}_4^+$  daxildir.

**İkinci analitik qrupa**  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sr}^{3+}$  və  $\text{Bi}^{3+}$  kationları daxildir. Onların qrup reaktivi qüvvətli ammonyak mühitində ammonium-hidrofosfatdır. Qrup reaktivinin təsirindən onlar fosfatlar şəklində çöklür. Fosfatların asetat turşusuna münasibətinə görə ikinci analitik qrup iki yarımqrupa bölünür. Birinci yarımqrupa  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  və  $\text{Fe}^{2+}$  kationları daxildir; onların fosfatları asetat turşusunda həll olurlar. İkinci yarımqrupa  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  və  $\text{Bi}^{3+}$  kationları daxildir. Onların fosfatları asetat turşusunda həll olmurlar.

**Üçüncü analitik qrupa**  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  və  $\text{Zn}^{2+}$  kationları daxildir. Onların fosfatları ammonyak məhlulunda həll olunaraq  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_n]^{+}$  tipli ammonyaklar əmələ gətirirlər.

**Dördüncü analitik qrupa**  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  kationları daxildir. Qalay və stibium ionları nitrat turşusu ilə qızdırıldıqda həllolmayan  $\text{H}_2\text{SnO}_3$  və  $\text{HSbO}_3$  turşuları əmələ gətirirlər. Arsen (III) birləşmələri nitrat turşusu ilə qızdırılarkən  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  turşusuna qədər oksidləşir. Metastannat turşusu  $\text{H}_2\text{SnO}_3$  əmələ gələrkən analiz edilən məhluldan fosfat -  $\text{PO}_4^{3-}$  və arsenat  $\text{AsO}_4^{3-}$  ionlarını adsorbsiya edərək  $(\text{H}_2\text{SnO}_3)_n \cdot (\text{H}_3\text{AsO}_4)_m \cdot (\text{H}_3\text{PO}_4)_l$  şəklində çöküntüyə keçir.

**Beşinci analitik qrupa**  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  kationları daxildir. Qrup reaktivi xlorid turşusudur ki, onun təsirindən beşinci qrup kationları azhəllolan xloridlər şəklinə keçirlər.

Çoxillik laboratoriya tədqiqatlarının əsasında yaranan kationların analitik təsnifatı uzun illər şərti sayılırdı. Hidrogen-sulfid təsnifatının əsasını qoyanlardan biri - N.A.Menşutkin analizdə tətbiq edilən bəzi kimyəvi birləşmələrin xassə və reaksiyaları üzərində yaratdığı sulfid sistemini süni sistem hesab edirdi.



N.İ.Blok 1952-ci ildə yazdığı "Vəsfi kimyəvi analiz" kitabında göstərir ki, vəsfi analizin klassik hidrogen-sulfid üsulunun əsasını təşkil edən kationların analitik təsnifatı süni və ya şərti olmayıb, D.İ.Mendeleyevin dövrü sistemindən məntiqi şəkildə çıxan təbii təsnifatdır. Onun işindən sonra digər müəlliflərin də Y.A.Klyaçko, S.A.Şapiro, B.P.Nadeinski, A.P.Kreşkov, A.Ə.Verzizadə, N.Y.Loqinov və b. dərslik və dərs vəsaitləri çıxmışdır. Onlar göstərir ki, elementlərin digər xassələri kimi, sulfidlərin, hidroksidlərin və müxtəlif duzların həllolması atom və ionların elektron konfigurasiyalarından funksional şəkildə asılıdır. Bunu aydın görmək üçün elementlərin dövrü sisteminin uzun variantına diqqət yetirək (2-ci cədvələ bax). Cədvəldə hər xanada yerləşən elementlərin valentliyi və valentlik elektronlarını itirdikdən sonra qalan elektronların energetik səviyyələrdə paylanması ardıcılığı göstərilmişdir.

2-ci cədvəldən görünür ki, bir neçə təsadüfdən başqa analizin gedişində karbonat, hidrosid və sulfidlər əmələ gətirən kationlar qanunauyğun tərzdə yerləşmişdir. Belə ki, çətin həll olan sulfidlər əmələ gətirən kationlar cədvəlin sağ tərəfində yerləşir. Çətin həll olan sulfidlər əmələ gətirməyən kationlar isə cədvəlin sol tərəfində, I-V qruplarda yerləşir. Belə olduğu halda birinci və ikinci qrup kationları da dövrü sistemin I-ci və II-ci qruplarında yerləşmiş olur. Ammonium-sulfidlə çökdürülərkən hidrosid çökdüntüsü əmələ gətirən üçüncü qrup kationları cədvəlin sol tərəfində, III-V qruplarda yerləşir. Nəhayət, ammonium-sulfidlə çökdürülən III qrup kationları dövrü sistemin dördüncü dövrün ortalarında yerləşir.

Kationların energetik səviyyələrində elektronların paylanmasına diqqət yetirdikdə aydın olur ki, I və II qrup kationları, eləcə də ammonium-sulfidlə suda həll olmayan hidrosid əmələ gətirən kationların xarici elektron təbəqələrində 2 və ya 8 elektron vardır ki, bu da təsirsiz qazların atomlarına oxşayır. III, IV və V qrup kationlarının isə xarici elektron təbəqələrində 18, ya 8-dən 18-ə qədər, ya da iki xarici elektron təbəqəsində 18+2 elektron yerləşir.

Xarici elektron təbəqəsi tamamlanmış, lakin xaricdən əvvəlki elektron təbəqəsində 8 elektron olan kationlar, mineral tur-

şularda həll olan sulfidlər (III qrup kationları) əmələ gətirirlər. Xarici elektron təbəqəsi tamamlanmış və xaricdən əvvəlki elektron təbəqəsində 18 elektron olan kationlar, mineral turşularda çətin həll olan sulfidlər əmələ gətirirlər. Bura IV və V qrup kationları daxildir.

Kationların analitik qrupları ilə elementlərin dövrü sistemi arasındakı qanunauyğunluqda bəzi təsadüflər də vardır. Məsələn, elementlərin dövrü sisteminin II qrupunda yerləşən maqnezium elementini ikinci qrup kationlarına daxil etmək lazım idi. Həqiqətən, barium, stronsium və kalsium karbonatlara uyğun olaraq maqnezium da karbonat ionu ilə çöküntü əmələ gətirir. Lakin ammonium duzlarının iştirakı ilə həmin çöküntü asanlıqla həll olur. II qrup kationlarının qrup reaktivliyi olan ammonium-karbonatla maqnezium kationu tam çökə bilmir.

Başqa bir misal göstərək: dövrü sistemdəki vəziyyətinə görə sink kationu III yox, IV analitik qrupa daxil edilməli idi. Həqiqətəndə, III qrupun bütün kationlarından fərqli olaraq sink kationu zəif turş mühitdə hidrogen sulfidlə IV və V qrup kationları kimi çöküntü əmələ gətirir. Lakin IV və V qrup kationlarını hidrogen-sulfid ilə çökdürən zaman hidrogen ionları qatılığı təxminən 0,3M çatdırıldığı üçün sink kationu III qrup kationları ilə məhlulda qalır.

İndi isə analizin turşu-qələvi təsnifatına uyğun kationların analitik qruplarının əsas xüsusiyyətinə nəzər salaq.

Turşu-qələvi təsnifatın birinci analitik qrupunu xlorid turşusu qrupunun kationları təşkil edir. Bura elementlərin dövrü sisteminin birinci qrupun, B yarımqrupunu təşkil edən metal kationları  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$  və  $\text{Au}^{+}$  və onlara kimyəvi xassələrinə görə yaxın kationlar  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Tl}^{+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  aiddir.

Mis qızıl və gümüşün xarici energetik səviyyəsində bir s-elektronu var ki, onu verdikdə biryüklü kationlara keçib  $3d^{10}$ ,  $4d^{10}$  və  $5d^{10}$  konfigurasiyaya malik olurlar; bu da onların kimyəvi xassələrini təmin edir. Belə ki, onlar müxtəlif oksidləşmə dərəcəli ionlar əmələ gətirmək qabiliyyətinə malik olub, kompleksəmələgətiricilik xassəsi göstərir.

Bu kationlara öz elektron konfigurasiyalarına və ion radiuslarına görə birvalentli cıvənin ikiatomlu kationları  $\text{Hg}_2^{2+}$ , biryüklü tallium  $\text{Tl}^+$  və ikiyüklü qurğuşun  $\text{Pb}^{2+}$  kationları yaxındır.

Bir yüklü tallium  $\text{Tl}^+$  və ikiyüklü qurğuşun  $\text{Pb}^{2+}$  ionlarının yükü onların aid olduqları qrupun nömrəsindən iki vahid aşağıdır. Bu təsirsiz cüt effektin aşkar olunması ilə izah edilir. Təsirsiz cüt effekti xarici yarımşəviyyəni təşkil edən  $s^2$  cüt elektronların ayrılmasında və ya kovalent rabitənin əmələ gəlməsində iştirak etməklə müqavimət göstərməsi ilə əlaqədardır. Belə ki, cıvədə təsirsiz cütün  $6s^2$ -elektronları olması hesabına, o ikivalentliyə qədər çətin oksidləşir; həmin cüt  $4f$ -şəviyyə tərəfindən zəif ekranlaşır və ona görə də atomun nüvəsi tərəfindən möhkəm saxlanılır.

Tərkibində  $6s^2$  təsirsiz cütü olan metallik qurğuşun daha asanlıqla ikiyüklü ion əmələ gətirir. Tamamlanmış 18-elektronlu ( $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Au}^+$ ) və ya  $18+2$  elektronlu ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Tl}^+$  və  $\text{Pb}^{2+}$ ) aşağıyüklü kationlar qüvvətli polarizator olub, özləri də xeyli dərəcədə polyarlaşmaq qabiliyyətinə malikdirlər. Polyarlaşma ionlar arasında məsafənin kiçilməsinə, onlar arasında rabitə enerjisinin artmasına və ion rabitənin polyar rabitəyə keçməsinə gətirir. Polarizasiya olunan anionlarla ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  və s.) qarşılıqlı təsirdə olduqda onlar suda çətin həllolan azpolyar kovalent birləşmələr əmələ gətirirlər. Anionun polyarlaşması artıqca alınan duzların həllolmaları azalır. Məsələn, gümüşün və biryüklü misin xlorid, bromid və yodidlərinin həllolmaları xlorid ( $\text{Cl}^-$ ) yoda ( $\text{I}^-$ ) doğru getdikcə azalır.

Birinci qrup kationları çətin polyarlaşan anionlarla ( $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$  və s.) suda həll olan duzlar əmələ gətirirlər.

Beləliklə, birinci analitik qrup kationlarının əksər duzları suda həll olmur. Bundan başqa onlar çoxlu sayda kompleks birləşmələr əmələ gətirə bilər ki, bu birləşmələr kationların ayrılmasında və təyininə istifadə olunur. Birinci qrupun qrup reaktivi –  $2\text{N}$  xlorid turşusu bu qrupun kationlarını xloridlər şəklində çökdürür ki, onlar azhəllolan kovalent birləşmələrdir.

Ali məktəblərin proqramında yalnız üç kation:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  öyrənilir.

Kationların ikinci analitik qrupuna sulfat turşusu qrupu kationları daxildir. Bura dövrü sistemin II qrup əsas yarımqrupunu təşkil edən qələvi-torpaq elementləri aiddir. Onlar  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  və  $\text{Ra}^{2+}$  kationlarıdır.

Qələvi-torpaq elementlərin atomlarının xarici elektron təbəqəsi uyğun olaraq aşağıdakı elektron konfigurasiyasına malikdir:  $4s^2$ ,  $5s^2$ ,  $6s^2$  və  $7s^2$ . Xarici  $s^2$ -elektronlarını verdikdən sonra ikiyüklü kationlar əmələ gəlir ki, onların xarici elektron təbəqəsində təsirsiz qazlarda olduğu kimi səkkizelektronlu elektron konfigurasiyası mövcuddur. Bu isə onların davamlılığını təmin edir, yəni zəif polyarizasiya olunmalarını, deməli onların rabitələrinin ion xarakterli olmasına zəmin yaradır.

Atom kütləsi və ion radiusu artdıqca ikinci analitik qrup kationlarının kimyəvi və fiziki xassələri ardıcıl olaraq dəyişir. Belə ki, onların ionlaşma potensialları tədricən azalır, normal elektrod potensialı isə artır. Radiumda kation təbiəti daha parlaq şəkildə ifadə olunur. Fiziki-kimyəvi xarakteristikaların dəyişməsinə uyğun olaraq kationların kimyəvi xassələri və xüsusilə onların duzlarının həllolmaları dəyişir. Belə ki, sulfatların  $\text{MeSO}_4$ , xromatların  $\text{MeCrO}_4$ , oksalatların  $\text{MeC}_2\text{O}_4$ , bromatların  $\text{Me}(\text{BrO}_3)_2$  və s. həllolmaları aşağıdakı sırada ardıcıl olaraq azalır.  $\text{Ca}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Ra}^{2+}$ , yalnız flüoridlərin həllolması əks istiqamətdə dəyişir:  $\text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ . Bu kristal quruluşunun, həmçinin kristal qəfəsinin enerjisinin dəyişilməsi ilə izah edilir.

İkinci analitik qrup hidroksidləri - qüvvətli qələvilərdir. Hidroksidlərin qüvvətliliyi və həllolmaları  $\text{Ca}^{2+}$ -dan,  $\text{Ba}^{2+}$  doğru artır. İkinci analitik qrup kationlarının əsas xarakter xüsusiyyəti, onların xarici təbəqələrinin sferik səkkizelektronlu konfigurasiyaya malik olmalarıdır. Bu da onların davamlılığını, zəif polyarizasiya qabiliyyətini və qeyri-üzvi birləşmələrdə rabitənin ion xarakterini təmin edir.

Bu qrupun qrup reaktiv – 2N sulfat turşusu  $\text{Ra}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  və  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarını ardıcıl şəkildə çökdürür.

$\text{CaSO}_4$ -ın həllolma hasili  $9,1 \cdot 10^{-6}$ , ona görə də  $\text{Ca}^{2+}$  ionları duru sulfat turşusu ilə tam çökmür.  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarını analiz zamanı itirməmək üçün ikinci qrup kationlarını 2N sulfat turşusu ilə



çökdürdükdən sonra  $\text{Ca}^{2+}$  ionu üçün yoxlama reaksiyasını aparmaq lazımdır.

Dövri sistemin II qrup A yarımqrupunun ilk üzvləri - berillium və maqneziumdur. Lakin  $\text{Be}^{2+}$  və  $\text{Mg}^{2+}$  ionları onların ion radiuslarının kiçik ölçülərinə və nüvələrinin nisbətən böyük yükünə görə ikinci qrup kationlarından xassələrinə görə fərqlənirlər. Berilliumun kimyəvi birləşmələrində, habelə maqneziumun bəzi birləşmələrində kovalent rabitələr üstünlük təşkil edir. Nə  $\text{Be}^{2+}$ , nə də  $\text{Mg}^{2+}$  ionları duru sulfat turşusu ilə çökmürlər.

Berillium-hidroksiddə  $\text{Be}(\text{OH})_2$  amfoterlik aydın ifadə olunduğundan və öz xassələrinə görə alüminium-hidroksidə yaxın olduğundan berilliumu kationların üçüncü analitik qrupuna daxil etmək məqsədəuyğundur.

Maqnezium-hidroksid  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  suda az həll olan ( $\approx 1 \cdot 10^{-4} \text{q/l}$ ) zəif əsasdır. O, maqnezium duzları məhlulundan qələvi və ammonium-hidroksidin təsirindən çökmür; ona görə də maqnezium kationları dördüncü analitik qrupa daxil edilir.

Hidroksidləri qələvilərdə həll olan kationlar qrupu üçüncü analitik qrupu təşkil edir. Buraya hidroksidləri amfoter xassə daşıyan kationlar aid edilir. Tipik amfoter hidroksidlər əmələ gətirən elementlərin atomlarının elektron konfigurasiyalarını analiz etdikdə görürük ki, bir qayda olaraq o elementlər amfoter xassə göstərə bilir ki, onların atomlarının elektronlarla dola bilən vakant p- və ya d- orbitalları mövcud olsun.

Vakant p-orbitalların elektronlarla dolması, adətən, donor-akseptor mexanizmi üzrə kovalent rabitələrin əmələ gəlməsi ilə gedir, nəticədə atomlardakı rabitələrin maksimum doyması ilə davamlı akva və hidrosokomplekslər əmələ gəlir.

Elementlərin dövri sistemində amfoter elementlər dövrlərdə sol yuxarı küncdən sağ aşağı küncə doğru diaqonal üzrə orta yerlər tuturlar. Amfoter birləşmələr əmələ gətirən tipik elementlər: berillium, alüminium, xrom, sink, germanium, arsen, stannium, stibium, qurğuşun və b. Bu elementlərdə p-atom orbitalları tamamlanmayıb. Yalnız xrom müstəsnaqlıq təşkil edir; xromun xarici təbəqəsində  $3d^5 4s^1$ - elektronlar yerləşir; yaxşı kompleksmələgəlmə qabiliyyəti olan keçid metaldır.

Hidratlaşmış xrom 3- hidroksid  $[\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$  neytral və zəif turş mühitdə akva-ionlar  $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$ , qələvi mühitdə isə xromitlər və hidrokso-ionlar  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$  və ya  $[\text{Cr}(\text{OH})_5\text{OH}_2]^{-}$  əmələ gətirir.

Bu ionların qələvi məhlullarından  $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$  və ya  $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$  tərkibli kristallik birləşmələri, habelə qələvi-torpaq metalların analoji duzlarını ayırmaq olar.

Hidratlaşmış xrom 3-hidroksid öz xassələrinə görə hidratlaşmış alüminium-hidroksidə çox yaxındır və onunla birlikdə dördüncü və beşinci analitik qrup kationlarından ayrılır. Buna görə də xrom üçüncü qrupa aid edilir. Maqnezium kationları ona görə dördüncü qrupa aid edilir ki, onlar qələvilərin təsirindən qələvinin artığında və suda praktiki həll olmayan ağ həlməşikvari çöküntü əmələ gətirirlər.

Stibium və bismut kationları amfoterlik xassələrinə malik olsalar da, analizin ardıcıl gedişində onlar dördüncü qrup kationları ilə birlikdə çöküntüdə qalırlar. Belə ki, bismut (III) duzları məhlullarından qələvilər və amonyak ilə ağ rəngli bismut hidroksid çöküntüsünü çökdürürlər ki, o da reagentin artığında həll olmayan bismutil hidroksidə  $\text{BiO}(\text{OH})$  çevrilir. Bundan başqa bismut duzları asanlıqla hidrolizə uğrayırlar. Məsələn, bismut (III) xloridi su ilə durulaşdırdıqda ağ rəngli bismutil xlorid  $\text{BiOCl}$  çöküntüsü ayrılır.

Stibium (III) ionları suda məhlulda, adətən,  $\text{Na}_3\text{SbO}_3$  şəklində, turş məhlullarda isə  $[\text{SbCl}_6]^{3-}$  kompleks anionu şəklində olur. Məhlulu su ilə durulaşdırdıqda  $\text{Sb}(\text{III})$  hidrolizə uğrayır və ağ rəngli stibil-xlorid çöküntüsü ( $\text{SbOCl}$ ) əmələ gəlir. Stibil-xlorid çöküntüsü xlorid turşusunun artığında həll olur, lakin natrium hidrok-siddə az həll olur və dördüncü qrup kationları ilə birlikdə çöküntüdə qalır.

Üçüncü qrup kationlarının qrup reaktivi -  $\text{NaOH}$  və  $\text{KOH}$  məhlullarının artığıdır. Qrup reaktivinin təsirindən suda yaxşı həllolan duzlar əmələ gəlir ki, onları süzməklə dördüncü və beşinci qrup kationlarından ayırmaq fərdi və ya ardıcıl yolla analiz edilir.

Dördüncü analitik qrupa dəmir ailəsinə mənsub olan keçid elementlərinin ionları aiddir  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$  və  $Bi^{3+}$ . Onlar ammonium hidrokسيدin qatı məhlulu ilə çökdülər.

Keçid elementlər bir sıra ümumi xassələrlə xarakterizə olunurlar: onların hamısı bəzi kənarə çıxmalar istisna olmaqla tipik metaldir; əksəriyyəti müxtəlif oksidləşmə dərəcəsi göstərtdiyi üçün oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına girə bilirlər; ionları və birləşmələri, bir qayda olaraq, rənglidir; qismən dolmuş yarım-səviyyəsinin olması keçid elementlərin paramaqnit xassəli birləşmələr əmələ gətirməsinə imkan verir, yəni elə birləşmələr ki, onların atomlarında bir və ya bir neçə qoşalaşmamış elektron olmuş olsun. Keçid elementlərin kompleksmələgətirmə meyl çoxdur. Keçid elementlərin bütün bu xüsusiyyətləri vəsfi analizdə istifadə olunur.

Dördüncü analitik qrup onunla xarakterizə olunur ki, onların hidrokسيدləri amfoter deyildir və həll olan ammoniyakat kompleksləri əmələ gətirmirlər.

Dördüncü qrup kationlarının təyini reaksiyaları ya oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına ( $Mn^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Sb^{3+}$ ), ya kompleksmələgəlmə reaksiyalarına ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) ya da hidroliz reaksiyalarına ( $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$ ) əsaslanır.

Beşinci analitik qrupa ( $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ) o kationlar aid edilir ki, onların hidrokسيدləri ammoniyakat məhlulu ilə ammoniyakat kompleksləri əmələ gətirir.

Beşinci qrup kationlarının hamısı keçid elementlərə aiddir; onlarda d-yarım-səviyyələrin tamamlanması gedir. Keçid elementlərin, elektrodonor olan maddələrlə qarşılıqlı təsiri zamanı donor-akseptor mexanizmi üzrə kovalent rabitələr əmələ gəlir ki, nəticədə komplekslər əmələ gəlir. Belə ki, qrup reagentinin – ammonium hidrokسيدin təsiri nəticəsində beşinci qrup kationlarının hamısı ammoniyakat kompleksləri şəklində məhlula keçir:  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ,  $[Hg(NH_3)_4]^{2+}$ ,  $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ ,  $[Co(NH_3)_6]^{2+}$  və  $[Ni(CH_3)_6]^{2+}$ .

Bu xassələr digər analitik qrupların kationlarından yalnız  $Ag^+$  və  $Zn^{2+}$  kationlarına xasdır; ona görə də onları da beşinci qrupa aid etmək olar. Lakin kimyəvi analizin aparılması ardıcılığını nə-

zərə alaraq  $\text{Ag}^+$  kationu birinci,  $\text{Zn}^{2+}$  kationu isə üçüncü qrupa aid edilir.

Mis, kobalt və nikel birinci sıranın keçid elementləridir, sink, kadium və civə isə elementlərin dövri sisteminin II B yarımqrupunu təşkil edirlər. Mis, kobalt və nikel müxtəlif oksidləşmə dərəcələri olan ionlar əmələ gətirir. Lakin suda məhlullarda mis, kobalt və nikel üçün ikiyüklü vəziyyət daha davamlıdır. Beşinci qrup kationlarının analizində  $\text{Cu}^{2+}$  və  $\text{Hg}^{2+}$  kationları ardıcıl analiz yolu ilə,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  və  $\text{Ni}^{2+}$  kationları isə fərdi reaksiyalarla təyin oluna bilər.

Altıncı analitik qrup kationlarının duzları rəngsiz, kristallik maddələrdir. Onların rəngli duzlarında rəng aniondan asılıdır. Məsələn, kalium-bixromatda  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , kalium-permanqanatda və s.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$  anionları xromofordur. Altıncı qrup kationları olan duzların əksəriyyəti suda yaxşı həll olurlar. Həllolması az olan yalnız bir neçə duz məlumdur. Onlardan da altıncı qrup kationların təyin olunması və çökdürülməsi üçün analitik praktika istifadə edilir. Məlumdur ki, ağır iri kationlar iri anionlarla daha davamlı duzlar əmələ gətirirlər. Məsələn, natrium-perxlorat  $\text{NaClO}_4$  və natrium heksanitro-kobalt(III)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  suda yaxşı həll olur. Bu birləşmələrin kalium, rubidium və sezium duzları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində  $\text{MeClO}_4$  və  $\text{Me}_2\text{H}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  tipli həllolmayan çöküntülər əmələ gəlir.

Natrium ionu isə kalium-antimonatın  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  təsirindən çöküb, ağ rəngli kristallik çöküntü  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ , sink-uranil-asetatın təsirindən isə açıq sarı rəngli natrium-sink-uranil-asetat  $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  qarışıq birləşmə şəklində çöküntü əmələ gətirir.

Altıncı analitik qrupa həmçinin ammonium kationu aiddir: o, ion radiusuna görə  $\text{K}^+$  və  $\text{Rb}^+$  arasında yerləşir və  $\text{K}^+$  ionunun reagentləri ilə reaksiyaya daxil olur.

Altıncı qrup kationlarının hamısının iştirakı ilə analiz zamanı onlar iki yarımqrupa bölünürlər. Birinci yarımqrupa  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$  aid etmək olar; onlar ümumi reagentlərlə,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  və ya  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  ilə çökdürülür. İkinci yarımqrupa  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$  aiddir, onların ümumi reaktiviti yoxdur.

Turşu-qələvi sisteminin altıncı analitik qrupuna qələvi metallar qrupu və ammonium kationları daxildir. Qələvi metallar D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövrü sisteminin IA yarımqrupunu təşkil edən qələvi metal ionları daxildir. Onların atomlarının xarici elektron təbəqəsində bir s-elektronu var. Bu elementlər ionlaşma potensiallarının minimum qiymətləri və sferik simmetriyaya malik kationların əmələ gəlməsi ilə xarakterizə olunurlar; bu da onlarda davamlılığı, rəngin olmamasını və zəif polyarlaşmaq qabiliyyətinə malik olmasını təmin edir. Altıncı analitik qrup kationların kimyəvi xassələri əsasən elektrostatik qarşılıqlı təsirlə müəyyən olunur. Onların kimyəvi rəbitələri, adətən, ion xarakterli olur. Yalnız, atom və ion radiusunun qiymətinin kiçik olması ilə xarakterizə olunan litium polyarlaşmaq qabiliyyətinə malikdir.

İonların analitik təsnifatları prinsipcə kimyəvi elementlərin D.İ.Mendeleyevin dövrü sisteminde qruplar üzrə paylanmasından fərqlənir, lakin onları süni adlandırmaq olmaz, çünki onların hər birisinin əsasında müəyyən qanunauyğunluqlar var ki, o da müəyyən birləşmələrin həllolmaları ilə və elementlərin oksid və hidrosidlərinin turşu-əsas xassələri göstərməsi ilə bağlıdır. İonların kimyəvi xassələri nüvənin yükü və ionun elektron konfigurasiyası ilə əlaqədar olduğundan, təbiidir ki, analitik qruplara çox vaxt dövrü sistemin müxtəlif qruplarından olan elementlərin ionları daxildir.

## 1.7. ANALİTİK KİMYA LABORATORİYASINDA İŞLƏMƏK QAYDALARI

Vəsfı kimyəvi analiz məşğələsinə başlayarkən tələbələr yaxşı bilməlidir ki, analizin müvəffəqiyyətlə başa çatdırılması, hər şeydən əvvəl bütün əməliyyatın diqqətli və səliqəli aparılmasından və reaksiyanın lazımı şəraitinə riayət edilməsindən asılıdır.

İşçi stolunun üstünə reaktiv töküldükdə, onu dərhal tələbələrin özü əski ilə silməlidir. Stolu silərkən heç bir zaman kimyəvi qabları təmizləmək üçün ayrılmış dəsmaldan istifadə edilməməlidir.

Reaktiv stolu həmişə təmiz olmalıdır. Reaktiv şüşəsi iş zamanı çirkləndikdə və ya onlarda ammonium-duzlarının izi görünmüşdə, onu dərhal yaş əski ilə silmək lazımdır. Etiketlərin cırılması və xarab olmamasına çalışmaq və onlar xarab olduqda dərhal yenisi ilə əvəz etmək lazımdır.

Qabları diqqətlə təmizləmək lazımdır. Qabların yaxşı yuyulmasını yoxlamaq üçün onlar su ilə doldurulub, sonra da boşaldılır. Qabın divarlarından su bərabər olaraq axarsa, qabı təmiz hesab etmək olar. Əks halda qabı xrom qarışığı və ya 3-cü şəkildə göstəriləndiyi kimi su buxarı ilə təmizləmək olar.

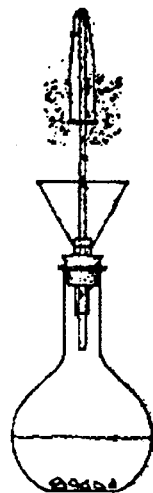
Vəsfə yarım-mikrokimyəvi analizdə təcqi edilən məhlulun həcmi 1-2 ml-dən artıq olmamalıdır. Ayrı-ayrı ionların təyin edilməsi zamanı, təcqi edilən məhluldan 1-2 damcı götürülür. Kiçik həcmdə və az miqdarda maddələrlə işlədikdə, reaktivlərin miqdarının düzgün götürülməsinə xüsusi diqqət yetirmək lazımdır.

Çökdürmə zamanı tam çökməyə və çöküntünü diqqətlə yumağa xüsusi fikir verməli. Əks halda elementlərin tamamilə ayrılmasını əldə etmək olmaz.

Tələsdikdə və diqqətsizlik etdikdə, dərhal dolaşılıq yaranır və düzgün olmayan nəticə alınır. Belə olduqda, tələbə verilmiş işi yenidən işləməyə məcbur olur.

Yadda saxlamaq lazımdır ki, tələbələrin işlərinin düzgün olmasından əlavə bir də işin tez və vaxtında icra edilməsi mühüm şərtlərdəndir.

Analizin müvəffəqiyyətlə icra edilməsi, əsas etibarilə bütün əməliyyatın diqqətli və düşüncəli icra edilməsindən asılıdır. Təcrübə göstərir ki, bəzən tələbələr bu və ya başqa əməliyyatı mexaniki olaraq aparırlar. Aparılan reaksiyaların mexanizmini aydın təsəvvür etməirlər. Belə mexaniki aparılan işin heç bir əhəmiyyəti olmur və tələbənin kimya sahəsindəki düşüncəsini inkişaf etdirə bilməz.



Şəkil 3.  
Qabı su buxarı ilə təmizləmək

Aparılan əməliyyatın hamısı aydın təsəvvür edilmədən heç bir təcrübi iş aparılmamalıdır.

Hər hansı bir tədqiqatçı əvvəlcə prosesin gedişini təsəvvür etməli, sonra da onu təcrübədə yoxlamalı və nəhayət lazımı nəticə çıxarmalıdır.

Əgər hadisə aydın deyildirsə və ya reaksiya arzu edilən istiqamətə doğru getmirsə, həmin işi dərhal dayandırılmalı. Həmin məsələyə aid materialı dərslərdən oxumalı, məsələ yenə də qaralıq qalarsa, müəllimə müraciət etmək lazımdır.

## 1.8. TƏLƏBƏLƏRİN ANALİTİK LABORATORİYADA VƏZİFƏLƏRİ

1. Hər bir tələbə yalnız müəyyən edilmiş yerdə işləməlidir. İşçi stolunun üstü həmişə təmiz, quru və səliqəli olmalıdır.

2. Asan tapılması üçün hər şey həmişə müəyyənləşdirilmiş yerdə qoyulmalıdır.

3. Aparılan analizin müvəffəqiyyətli olması, işlədilən reaktivin təmizliyindən çox asılıdır. Ona görə də reaktivlərin təmiz qalmasına çalışmaq lazımdır. Reaktiv qabının qapağını stolun üstünə qoymaq olmaz. Reaktiv qabının qapağını sol əlinizin arxa tərəfində saxlayıb, reaktiv qabını sağ əlinizdə, sınaq şüşəsini isə sol əlinizin üç barmağı ilə tutun. Reaktivə töküblər qurtaran kimi qapağı öz yerinə, reaktiv şüşəsini isə götürüldüyü yerə qoymaq lazımdır.

Yarımmikrokimyəvi analizdə reaktiv şüşəsini ştativin yuvasından çıxarmadan məhlulu götürün.

4. İş vaxtı qonşu yoldaşla söhbət etmək olmaz.

5. Zəhərli qazların, tüstünün, yaxud pis iyli qazların çıxması ilə gedən bütün təcrübə işlərini sorucu şkafda aparmaq lazımdır.

6. İsti stəkanı metal maşa ilə götürmək, turşu xassəli məhlulu metal qaba tökmək olmaz. Turşu xassəli məhlul metala təsir edib onun bir hissəsini məhlula keçirə bilər. İsti kasanı təmiz dəsmalın kənarı ilə tutmaq olar, lakin soyumasını gözləmək daha yaxşıdır.

7. Rakovinaya işlənmiş süzgəc kağızı, çöküntü, şüşə qırığı, kağız parçası, kibrit çöpü, habelə qatı turşu, qələvi və civə birləşmələri tullamaq olmaz.

8. Laboratoriyada qaza, elektrik enerjisinə, adi suya və distillə edilmiş suya qənaət etmək lazımdır.

9. Həmişə reaktivin az miqdarı ilə işləməyə çalışın. Bu, vaxta qənaət etmək üçün mühüm şərtlərdən biridir.

10. Reaktiv qabını ələ götürərkən, birinci növbədə etiketi yoxlamaq və arzu edilən reaktivin həqiqətən özü olmasına inanmaq lazımdır. Əks halda bədbəxt hadisə üz verə bilər, yaxud zəhmətiniz hədəf gedə bilər.

11. İşləmək üçün sonrakı günə saxlamağa məcbur olduğunuz işin adını yazıb, üstünə yapışdırın və həmin etiketi təkrarən yoxlayın.

12. Hər bir əməliyyatı yoxladıqdan sonra nəticəsini dərhal laboratoriya jurnalına yazın.

### 1.9. TURŞULAR VƏ QƏLƏVİLƏRLƏ İŞLƏMƏK QAYDASI

Qatı turşu və əsaslarla işləyərkən ehtiyatlı olmaq lazımdır ki, dəriyə və paltara düşməsin. Qatı turşu və qələvi bədəni yandırır və paltarını xarab edir.

Sulfat turşusunu durulaşdırdıqda, qatı turşunu suya tökmək lazımdır. Heç vaxt suyu qatı turşunun üstünə tökmək olmaz.

Çoxlu miqdarda turşu və əsasları başqa qaba boşaldarkən maksimum dərəcədə ehtiyatlı olmaq lazımdır.

### 1.10. ZƏRƏRLİ VƏ ZƏHƏRLİ MADDƏLƏRLƏ İŞLƏMƏK QAYDASI

Zərərli və zəhərli maddələrlə (məsələn, barium, civə, qurğuşun, arsen və mis duzları, civə metalı, sianid birləşmələri, hidrogen-sulfid və s.) işləyərkən ehtiyatlı olmaq lazımdır.

Çalışmaq lazımdır ki, barium, mis, qurğuşun, arsen və civə duzları orqanizmin daxilinə keçməsin. Ona görə də laboratoriyada



yada nahar etmək qəti qadağandır. İşdən sonra əlinizi mütləq sabunla yuyun.

Metal civə və ya civə birləşmələri olan qab xüsusi yerdə saxlanılmalıdır. Metal civə tökülüb dağıldıqda onu gümüş və ya mis qab ilə yığmaq məsləhətdir.

Kalium-sianidlə çox ehtiyatlı işləmək lazımdır. Kalium-sianid məhlulunun çox az miqdarını belə töküüb dağıtmaq yaramaz. Kalium-sianid ilə bütün əməliyyatı sorucu şkafda aparmaq lazımdır. Çünki, kalium-sianid havada parçalanaraq sianid turşusu buxarı əmələ gətirə bilər ki, onun da çox az miqdarı ölümlə nəticələnən təsirə malikdir. İş qurtardıqdan sonra işlənmiş kalium-sianidi xüsusi qaba töküüb sorucu şkafda saxlamaq lazımdır.

### 1.11. YANICI VƏ ODDAN QORXULU MADDƏLƏRLƏ İŞLƏMƏK QAYDASI

Benzin, etil efiri, spirt, benzol, aseton, skipidar, karbon 4-sulfid və başqa yanıcı və asan alıxan maddələrlə işləyərkən, onları xüsusi soyuducu qoyulmuş su və ya elektrik hamamında qızdırın.

İş qurtardıqdan sonra qaz lampalarını söndürün və içərisində asan alıxan maddə olan cihazı yığışdırın.

Asan alıxan və ya yanar uçucu maddələri alovun və yanıcı cihazların (termostatın, buxar ilə qızdırıcı batareyanın, reostatın, elektrik peçinin və s.) yanında saxlamaq olmaz.

Qələvi metalları kerosində saxlamaq lazımdır. Kalium və ya natrium metalları ilə işləyərkən, onları suya toxunmaqdan qorumaq lazımdır. İş qurtardıqdan sonra natrium və ya kalium metallarının artığını heç zaman rakovinaya və ya məhlul tullantısı yığılmış bankaya tullamaq olmaz. Onu yenidən səliqə ilə içərisində kerosin olan qaba boşaltmaq lazımdır.

### 1.12. BƏDBƏXT HADİSƏ ZAMANI İLK YARDIM

Laboratoriyada bədbəxt hadisə (yanma, yaralanma, zəhərlənmə) ya əmək mühafizəsinin mövcud nizamnaməsini bilməməkdən, ya da işdə ehtiyatsızlıq və səliqəsizlikdən baş verə bi-

lər. Dəriyə turşu töküldükdə, həmin yer əvvəlcə su axını altında, sonra da natrium-bikarbonat (natrium-hidrokarbonat) məhlulu ilə yuyulur.

Natrium-hidrokarbonat məhlulu ilə yumaqda məqsəd, turşu qalığını neytrallaşdırmaqdır. Dəriyə qatı sulfat turşusu töküldükdə, əvvəlcə onu quru pambıqla təmizləmək, sonra isə yuxarıda göstəriləni kimi etmək lazımdır.

Dəriyə brom, fenol və ya başqa qıcıqlandırıcı maddələr düşdükdə, həmin yeri dərhal üzvi həll edicilərlə (spirt, benzol, kerosin, efir və s.) silmək (yumaq) olar.

Xlor, brom, azot oksidləri, halogenlərlə zəhərləndikdə zəif amonyak məhlulunu iyləmək lazımdır. Bundan əlavə, süd içmək də çox xeyirlidir.

Yanan yeri dərhal duru kalium-pərmanqanat məhlulu ilə yumaq və ya həmin yerə tanninin spirtə məhlulu hopdurulmuş tənzip qoymaq əlverişlidir.

Orqanizmin bir yeri kəsildikdə onu yodun spirtə məhlulu ilə təmizləmək və sonra da sarımaq lazımdır.

Bədbəxt hadisəyə düşər olan şəxsə ilk yardım göstərildikdən sonra, onu dərhal həkim məntəqəsinə göndərmək lazımdır.

### 1.13. YANGININ SÖNDÜRÜLMƏSİ

Yanğın baş verən kimi birinci növbədə qazı və bütün elektrik cihazlarını söndürmək, yanıcı maddələri yanğından uzaqlaşdırmaq, yanğının baş verdiyi yerə torpaq tökmək, keçə və ya palaz örtmək, ya da yanğın söndürücüdən istifadə etmək lazımdır.

Yanğın olan zaman dərhal onu su ilə söndürməyə çalışmayın. Bəzən su yanğıni sürətləndirir. Məsələn, kerosin və ya başqa üzvi maddələr yanan zaman su yanğıni intensivləşdirir.

Yanğın qorxusu genişlənən zaman dərhal telefonla yanğın söndürən dəstəyə xəbər vermək lazımdır. Alışib yanan adama ilk yardım göstərmək üçün adamı yun yorğan və ya palaza büküb yanğıni söndürmək lazımdır. Belə adamın paltarı tamamilə söndürülməyincəyə qədər onu soyundurmaq olmaz.

## 1.14. LABORATORİYA JURNALI

Analitik laboratoriyada işləyərkən, tələbələr iki növ iş icra edirlər. Birinci müəllimin rəhbərliyi altında tələbələrin özlərinin apardıqları tədris işləridir. Bu işlər tədris planında göstərilən bütün təcrübi məşğələ işlərini əhatə edir. Məsələn, kation və anionların xüsusi reaksiyaları, məlum qarışıqın analizi və s.

İkinci isə yoxlama işidir. Yoxlama işini tələbələr müstəqil olaraq işləyir və nəticəsini müəllimə göstərir.

Laboratoriyada aparılan bütün işlərin gedişini tələbələr laboratoriya jurnalı adlanan xüsusi dəftərə yazmalıdır.

Laboratoriya jurnalı, tələbələrin yaddaş və laboratoriyada görülən işlərin hesabat dəftəri olmalıdır.

Başqa dəftərə və ya ayrı-ayrı vərəqəyə heç bir şey yazmağa icazə verilmir.

Laboratoriya jurnalı laboratoriyada işləyən zaman yazılmalıdır. Laboratoriya jurnalında qeydlər ardıcıl, aydın və səliqəli olmalıdır.

Laboratoriya işlərinin nəticələrini laboratoriya məşğələsinin sonuna qədər yazıb qurtarmaq lazımdır. Qeydləri başqa günə saxlamağa icazə verilmir.

Təcrübə və müşahidələr aparılıb qurtaran kimi dərhal onu laboratoriya jurnalında qeyd etmək lazımdır. Aparılmış təcrübə və müşahidəni qeydə almamış sonrakı təcrübəyə başlamaq məsləhət deyildir.

Tədris işlərini yerinə yetirərkən laboratoriya jurnalında reaksiyanın tənliyi, xüsusi reaksiyaların aparılması şəraiti (məhlulun qatılığı, onun mühiti, temperaturun təsiri və s.), müşahidə edilən dəyişikliklər (çöküntünün əmələ gəlməsi, qazın ayrılması, rəngin dəyişməsi və s.), alınan birləşməyə turşuların, əsasların, oksidləşdirici və reduksiyaedicilərin, ammonium duzlarının və s. təsiri, nəhayət aparılan təcrübələrin nəticələri laboratoriya jurnalında qeydə alınmalıdır.

## 1.15. ANALİTİK KİMYANIN QISA İNKİŞAF TARİXİNDƏN

Analitik kimyanın tarixi çox qədimdir. Bəzi analitik reaksiyalar eramızdan çox əvvəlki dövrlərdən məlumdur. Dəmir, mis, qurğuşun və s. metalları, onların filizlərindən istehsal etməyi, gildən qabların hazırlanmasını və onların üzərinə müxtəlif rəngli naxışların vurulmasını kəşf edən insanlar, əvvəlcə onları sınaqdan keçirmiş, sonra isə nisbətən geniş miqyasda tətbiq etməyə başlamışlar.

Qədim rus dövlətində dəmir və misin əridilməsi, müxtəlif ərintilərin və şüşənin hazırlanması üsulu, onların tətbiqi və s. məlum idi.

XVII əsrdə Rusiyada nisbətən böyük istehsalat yaranmağa başlayır. Bu dövrdə ilk dəfə çuqun, misəridən, şüşə zavodları tikilir və filiz yataqlarının axtarışı genişlənilir. Sənayenin inkişafı istehsal edilən məhsulun tərkibini və keyfiyyətini təyin etmək zəruriyyətini doğurur.

1581-ci ildə İvan Qroznının təşəbbüsü ilə Moskvada ilk əczaxana açılır. O zamanın əczaxanaları istehsal olunan maddələrin və filizin analizi ilə məşğul olmaq vəzifəsini yerinə yetirirdi. II Pyotrun vaxtında Moskvada səkkiz belə əczaxana var idi.

Kimyəvi analizin böyük əhəmiyyətə malik olmasını başa düşən I Pyotr 1720-ci ildə Peterburqda ilk texniki kimya laboratoriyası təsis edir və burada filiz və tikinti materialları analiz edilməyə başlayır.

1725-ci ildə Rusiya Elmlər Akademiyası təsis edilir. Bununla əlaqədar olaraq Rusiyada elmi kimyanın yaranması XVIII əsrin ortalarında M.V.Lomonosovun adı ilə bağlıdır.

Böyük rus alimi Mixail Vasilyeviç Lomonosov hərtərəfli inkişaf etmiş dahi bir alim olmuş, kimya elmlərinin sonrakı inkişafına çox böyük təsir göstərmişdir. O, kimya ilə yanaşı fizika, geologiya, mineralogiya, metallurgiya və s. kimi elmin müxtəlif sahələrində yazmış və yaratmışdır.



Mixail Vasilyeviç  
Lomonosov  
(1711-1765)

M.V.Lomonosovun fəaliyyəti, analitik kimyanın inkişafına və onun tədqiqat üsullarının genişlənməsinə də böyük təsir göstərmişdir.

Kimyəvi reaksiya zamanı maddə çəkisinin (kütləsinin) saxlanması qanununu birinci dəfə M.V.Lomonosov kəşf etmişdir. Maddə çəkisinin saxlanması qanunu əsas təbiət qanunlarından biri olub, analitik kimyanın təməl daşı olmuş və onun sonrakı inkişafına böyük təsir etmişdir.

Hələ 1741-ci ildə M.V.Lomonosov kimyada tədqiqatın miqdarı cəhətdən aparılmasının zəruri olmasını söyləmişdir. Kimyəvi reaksiyalarda maddə kütləsinin saxlanması qanunu, miqdarı analizin və bütün nəzəri kimyanın əsasını təşkil edir. Bu qanun reaksiya zamanı götürülən və alınan maddələrin tərkibləri və miqdarı haqqında mühakimə yürütməyə imkan verir.

M.V.Lomonosov kimya praktikasına reaksiyadan əvvəlki və sonrakı maddələri çəkməyi daxil etmiş və kimyəvi reaksiyalarda riyazi hesablamanın mümkün olması imkanını göstərmişdir.

Kimyanın inkişafının yaxşı təchiz edilmiş laboratoriya olmadan mümkün olmamasını ilk dəfə söyləyən M.V.Lomonosov inadla çalışmış və Elmlər Akademiyası nəzdində laboratoriya təşkil etməyə başlamışdır. Beləliklə, 1749-cu ildə Rusiyada Elmlər Akademiyası nəzdində ilk kimya laboratoriyası tikilib qurtarmışdır. Rusiyada ümumi, analitik və fiziki kimyanın inkişafında həmin laboratoriyanın rolu misilsiz dərəcədə böyük olmuşdur.

İlk dəfə M.V.Lomonosov aşağı təzyiqdə süzməyi tətbiq etmiş; əritmək, maddələri yandırmaq və distillə etmək üçün müxtəlif soba və cihazlar ixtira etmişdir. M.Lomonosov dəqiq çəkmək üçün tərəzi tətbiq etmiş, çəki analizini yaratmış və onun aparılması üsullarını işləyib hazırlamışdır.

Ağır metal ionlarını qələvilərlə çökdürməklə M.V.Lomonosov analitik kimyaya qrup reaktivi təsəvvürünü daxil etmişdir.

M.V.Lomonosovun analitik kimya və metallurgiyada ən böyük xidmətlərindən biri də onun "Metallurgiyanın və ya filiz işlərinin ilk əsasları" adlı kitabını yazması olmuşdur. 1763-cü ildə çap olunan bu kitabda bir sıra analiz üsulları təsvir edilmişdir. Həmin kitabda turşuların, qızıl və gümüşün təmizlənməsi üsulu,

tərkibində dəmir, mis, qurğuşun və başqa metallar olan filizlərin analiz üsulları göstərilmişdir.

Kimyəvi analizin inkişafı və onun təkmilləşməsi sahəsində bir çox xarici ölkə alimlərinin də böyük xidmətləri olmuşdur. Hətta "analiz" sözünün özü eramızdan əvvəl VI və V əsrlərdə yunan filosoflarından qalmışdır. Hələ 1661-ci ildə Robert Boyl "Skeptik kimya" adlı əsərində kimyəvi analizdən danışaraq göstərir ki, onun vasitəsilə bəsit maddələri təbii məhsullardan ayırmaq olar. Robert Boyl yazır: "Kimyanın məqsədi - cisimlərin quruluşunu dərk etmək, həmin dərk etmənin vasitəsi isə - kimyəvi analizdir". R.Boyl o vaxta qədər məlum olan bütün vəsfi kimyəvi reaksiyaları sistemləşdirmiş və bir sıra yeni reaksiyalar təklif etmişdir ki, bununla da kimyəvi analizin əsasını qoymuşdur.



Robert Boyl  
(1627-1691)

Robert Boyl göstərmişdir ki, bu və ya başqa maddəni təyin etmək üçün həmin maddəni həll etmək, sonra da axtarılan maddə ilə çöküntü və ya rəng əmələ gətirən bir reaktiv əlavə etməklə onu təyin etmək olar. Həmin üsulu Robert Boyl "Kimyəvi analiz" adlandırmışdır. 1661-ci ildə Boyl belə bir nəticəyə gəlmişdir ki, kimyəvi analiz yolu ilə mürəkkəb maddələrin parçalanmasının son həddi vardır ki, o da "kimyəvi elementlərdir". Həmin vaxtdan etibarən kimyaçıların başlıca vəzifəsi kimyəvi elementlərin axtarılmasından ibarət olmuşdur. Bunun nəticəsində əritmək və qızartmaq üsullarına əsaslanan analizin köhnə qaydasından fərqli olaraq analizin "yaş üsulu" getdikcə sürətlə təkmilləşməyə başlamışdır.

Ümumiyyətlə, bir çox analitik üsulların işlənilməsi və praktikiyə tətbiq edilməsi, xarici ölkə kimyaçılarına məxsusdur. Lakin müəllif analitik kimyanın, tarixini yazmaq məqsədini qarşısına qoymamışdır.

1795-ci ildə akademik T.E.Lovits barium kationunu stronsium və kalsium kationlarından ayırmaq üsulunu təklif etmişdir. O, müəyyən etmişdir ki, stronsium-xlorid və kalsium-xlorid mütləq

spirtdə həll olduğu halda, barium xlorid həll olmur. T.E.Lovits göstərmişdir ki, kalsium duzları alovu qırmızı rəngə boyayır.

Rusiyada analitik kimyanın görkəmli nümayəndələrindən biri də akademik Vasili Mixayloviç Severqin olmuşdur.

V.M.Severqin bir sıra maddələri tədqiq etmək üçün analizin ardıcıl gedişi üsulunu təklif etmişdir. O, orijinal qrup reaktivləri nəzəriyyəsini işləyib hazırlamış və bunun üçün karbonatları, sulfidləri, qələviləri və başqa maddələri tətbiq etmişdir. V.M.Severqin bir sıra elementləri təyin etmək üçün çoxlu sayda yeni reaksiyalar tətbiq etmişdir.

V.M.Severqin çəki analizini xeyli təkmilləşdirmişdir. O, mineral sularda dəmir və misin kolorimetrik təyin edilməsi üsulunun təsvirini vermişdir. V.M.Severqin bir çox dərmanların, zəhərlərin və mineral duzların analiz üsullarını və bəzi qazların vəsfi və miqdarı təyini üsullarını müəyyən etmişdir.

XIX əsrin əvvəlindən analitik kimyanın inkişafı köhnə üsullarının təkmilləşdirməklə yanaşı, yeni tədqiqat üsullarının işlənilməsi istiqamətində davam edir və maddənin tərkibinin təyininin miqdarı üsulları işlənirdi. Bunu o dövrdə elm və kimya sənayesinin vəziyyəti tələb edirdi.

1803-cü ildə V.V.Petrov (1762-1834) elektroanaliz üsulunu işləmişdir. XIX əsrin ortalarında elektroliz üsulu maddələrin kimyəvi tərkibinin tapılmasında geniş tətbiq olunur. Elektroanalizin müasir texnikası 1888-ci ildə N.Klobukov tərəfindən yaradılmışdır.

1814-cü ildə Berselius tərəfindən elementar üzvi analiz üsulları işlənmişdir. Sonralar (1831) bu üsullar alman kimyaçısı Y.Libix (1803-1873) və digər alimlər tərəfindən təkmilləşdirilmişdir; 1824-1828-ci illərdə fransız kimyaçısı Qey-Lüssak (1778-1850) tərəfindən həcmi analiz yaradılmışdır. XIX əsrin ortalarından sonra həcmi analiz permanqanatometrik və yodometrik üsulları işlənmişdir. XIX əsrin ortalarında R.Bunzen



Vasiliy Mixayloviç  
Severqin  
(1765-1826)

(1811-1899) və Q.Kirxhof (1824-1887) tərəfindən maddənin tərkibinin vəsfi təyininin spektral üsulu işlənmişdir. 1844-cü ildə Kazan Universitetinin professoru K.K.Klaus (1796-1864) platin filizlərinin kimyəvi analiz üsullarını təkmilləşdirərək, yeni element tapmış, onu Rusiyanın şərəfinə rutenium adlandırmışdır. Mövcud olan üzvi analiz üsullarını xeyli dərəcədə təkmilləşdirmiş A.A.Voskresenski (1809-1880) ilk dəfə analitik yolla naftalin, xiron, teobromin və Donetsk daş kömürünün tərkibini müəyyən etmişdir. Bu dövrdə analitik kimyanın inkişafına A.A.İovski, P.İ.Evreinov, İ.İ.Varvinski və bir çox digər rus kimyaçılarının işləri böyük təkan vermişdir. XIX əsrin ikinci yarısında iki böyük kəşf edilmişdir: 1861-ci ildə üzvi birləşmələrin quruluş nəzəriyyəsi A.M.Butlerov (1828-1886) tərəfindən işlənmiş 1869-cu ildə isə D.İ.Mendeleyev (1834-1907) tərəfindən kimyəvi elementlərin dövrü qanunu verilmişdir. Bu iki kəşf bütövlükdə kimyanın inkişafı üçün zəmin yaratmış, analitik kimyanın inkişafının istiqamətini xeyli dəyişdirmiş və kimyəvi analizin bütün üsullarının nəzəri əsasını təşkil etmişdir. Üzvi birləşmələrin quruluş nəzəriyyəsinin inkişafı bu birləşmələrin daha təkmilləşdirilmiş sintez və analiz üsullarının olmasını tələb edirdi. Dövrü qanunun kəşfi birinci növbədə daha dəqiq analiz üsulları ilə məlum elementlərin atom kütlələrinin yoxlanılmasını, ikinci növbədə isə kəşf olunmayan elementlərin D.İ.Mendeleyev tərəfindən əvvəlcədən yerinin göstərilməsi və onların təyini üçün yeni kimyəvi analiz üsullarının işlənilməsi zəruriyyətini yaratmışdır. Təbiidir ki, bütün bunlar spesifik, yüksək həssaslığa malik analitik reaksiyaların ortaya çıxmasını tələb edirdi.

D.İ.Mendeleyev hələ tələbə ikən (1854) ortit minerallarının analizinə həsr edilmiş analitik xarakterli iş yazmışdır. "Spirt ilə suyun birləşməsi haqqında" və "Su məhlullarının xüsusi çəkiyə görə təcqiqi" əsərində özünün məşhur hidrat nəzəriyyəsini işləyib hazırlamışdır. D.İ.Mendeleyev müəyyən



Dmitriy İvanoviç  
Mendeleyev  
(1834-1907)



etmişdir ki, həllolma prosesi nəinki yalnız fiziki, həm də kimyəvi prosesdir; həllolan maddə həlledici ilə kimyəvi birləşmə əmələ gətirir ki, onun da tərkibi temperatur və qatılıqdan asılıdır. D.İ.Mendeleyevin məhlullara aid elmi tədqiqat işi fiziki-kimyəvi analizin inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərmişdir. Analitik kimyada bu yeni istiqamət fiziki-kimyəvi analiz adı ilə XIX əsrin axırlarında N.S.Kurnakov (1860-1941) və onun tələbələrini işlərində elmi cəhətdən dərin əsaslandırılmış və inkişaf etdirilmişdir. N.S.Kurnakov bu analiz üsulunun banisi hesab edilir.



Nikolay Aleksandroviç  
Menşutkin  
(1842-1907)

Analitik kimyanın inkişafına Peterburq universitetinin professoru Nikolay Aleksandroviç Menşutkinin böyük təsiri olmuşdur.

Universitetdə birinci dəfə N.A.Menşutkin vəsfi və miqdarı kimyəvi analizdən sistemli praktiki məşğələ aparmışdır. N.A.Menşutkinin 1871-ci ildə yazdığı "Analitik kimya" adlı kitabı kimyəvi analizin və analitik kimya təhsilinin inkişafına böyük təsir göstərmişdir. Bu kitab Rusiyada 16 dəfə və xarici

ölkələrdə bir neçə dəfə yenidən nəşr edilmişdir. Həmin kitabda kationların klassik sulfid üsulu və ionların qruplara bölünməsi qaydası verilmişdir ki, o da öz aktuallığını bu vaxta qədər saxlayır.

Menşutkin Rusiyada ilk analitik kimyaçılar məktəbini yaratmışdır.

Analitik kimyanın inkişafında M.A.İlinskiyin və L.A.Çuqayevin işləri böyük rol oynamışdır.

Akademik M.A.İlinski 1884-cü ildə analitik kimya praktikasına  $\alpha$ -nitroza  $\beta$ -naftol adlı üzvi reaktiv daxil etmiş və onun vasitəsilə kobaltı nikeldən ayırmağa müvəffəq olmuşdur.



Lev Aleksandroviç  
Çuqayev  
(1873-1922)

1905-ci ildə Lev Aleksandroviç Çuqayev müəyyən etmişdir ki, nikeli təyin etmək üçün dimetilqliksim çox həssas reaktivdir. Hal-hazırda  $\alpha$ -nitroza  $\beta$ -naftol və dimetilqliksim reaktivləri bütün analitik kimya laboratoriyalarında kobalt və nikeli təyin etmək üçün tətbiq edilir.

Analitik kimyanın inkişafında Lev Vladimiroviç Pisarjevski əhəmiyyətli rol oynamışdır. O, oksidləşməni, atom və ya ionun elektron verməsi, reduksiyanı isə atom və ya ionun elektron qəbul etməsi kimi göstərmişdir. Onun oksidləşmə və reduksiya reaksiyalarına aid söylədiyi elektron nəzəriyyəsi, maddənin həcmnin analitik üsulla təyin edilməsində böyük rol oynamışdır.

Analitik kimyada damcı analizinin yaradılmasında rus alimi N.A.Tananayevin (1878-1959) böyük xidmətləri vardır. N.A.Tananayev damcı analizi üsulunu ətraflı araşdırmış və onu ionların fərdi təyininə tətbiq etmişdir. Damcı analizi əsasında N.A.Tananayev son vaxtlar metal və ərintilərin yonqarsız analiz üsulunu hazırlamışdır. N.A.Tananayev eyni zamanda analitik kimyanın nəzəriyyə və praktikasında bir sıra tədqiqat işlərinin müəllifidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, hal-hazırda hələ yalnız MDB ölkələrində onlarca elmi tədqiqat institutları və yüzlərcə kimya, metallurgiya və bir çox başqa laboratoriyalar vardır ki, orada da minlərlə kimyaçı analitiklər çalışır. Analitik kimyanın nəzəri məsələlərinin dərinədən öyrənilməsi ilə yanaşı, yeni-yeni üsulların işlənilməsi və istehsalata tətbiq edilməsi və bununla da buraxılan məhsulun keyfiyyətinin yaxşılaşdı-



Nikolay Aleksandroviç  
Tananayev  
(1878-1959)



Anatoliy Kiriloviç  
Babko  
(1905-1968)

rılması günün həlledici məsələlərindəndir.

Xalq təsərrüfatının sürətlə inkişafı ilə əlaqədar olaraq kimya sənayesinin bəzi sahələri yenidən yaranmışdır. Beləliklə, yeni metodların yaranması və mövcud metodların təkmilləşdirilməsi zəruriyyəti meydana çıxmışdır. Bununla əlaqədar böyük analitik kimyaçı ordusu yaradılmış, birinci dərəcəli tədqiqat işləri aparılmış və aparılır.



Anatoliy Terentyeviç  
Pilipenko



İqor Vladimiroviç  
Pyatnitski

İlk dəfə A.K.Babko (1905-1968) məhlullarda komplekslərin pilləli dissosiasiya etməsi haqqında fikir söyləmişdir. O fiziki-kimyəvi analiz prinsiplərini tətbiq etməklə kimyəvi tarazlıqların tədqiqində çoxlu işlər görmüşdür. O, kütlələrin təsiri qanununa əsaslanan üsullardan istifadə edərək, komplekslərin davamlılıq sabiti və tərkiblərinin təyini üsullarının nəzəri əsaslarını inkişaf etdirmişdir. Bu tədqiqatlar onun 1955-ci ildə çap olunan "Məhlulda kompleks birləşmələrin fiziki-kimyəvi analizi (optiki üsul)" kitabında ümumiləşdirilmişdir. A.K.Babko həmçinin kompleks birləşmələrin tədqiqində metalindikator üsulunu inkişaf etdirmişdir. Bu görkəmli kimyaçı-analitik bir çox analitik üsulları nəzəri cəhətdən əsaslandırılmış, elementlərin təyininin konkret üsullarını işləyib hazırlamışlar. Bundan başqa analitiklərin böyük

məktəbini yaratmışdır (A.T.Pilipenko, V.V.Pyatnitski, M.M.Tanayko, İ.V.Lukaçina və b.);

Fotometriyada geniş tətbiq edilən əksər reaksiyaların əsasında duran birləşmələrin əmələgəlmə mexanizmi öyrənilmişdir. Burada əmələgələn birləşmələrin təbiətinin aydınlaşdırılması, onların bir sıra fiziki-kimyəvi xassələrinin, məsələn davamlılığının öyrənilməsi vacib hesab edilirdi. Bu işlər Kiev kimyaçıları A.K.Babko və A.T.Pilipenkonun rəhbərliyi və aktiv iştirakı ilə aparılmışdır. Bu alimlərin rəhbərliyi altında fotometrik üsulların ümumi nəzəriyyəsi geniş işlənmişdir. Belə ki, N.P.Komar, fotometriyada tətbiq edilən, çoxkomponentli sistemlərdə tarazlığı dərindən öyrənmişdir. O minimum tapıntını xarakterizə edən əsas göstəricinin - molyar işıqudma əmsalının təyini üsullarını təklif etmişdir. N.P.Komar fotometrik analiz üçün vacib olan çoxkomponentli sistemlərin öyrənilməsi üsullarını təklif etmişdir; o məhlullarda tarazlıq sabitlərin cəmhaldə hesablanması üsulunu işləyib hazırlamışdır.



Vasiliy Andreeviç  
Nazarenko

ki, İ.A.Blum (Sverdlovsk) tədqiq etmişlər.

V.A.Nazarenko çoxvalentli metal ionlarının üzvi reagentlərlə reaksiyalarını tədqiq etmiş və reaksiya zamanı ayrılan hidrogen ionlarının miqdarı təyini üsulunu təklif etmişdir.

Kütlələrin təsiri qanununa əsaslanan kimyəvi üsullar xüsusilə geniş yayılmışdır. Bu sahədə İ.P.Alimarin və A.K.Babko və onların məktəbləri

Fotometriyanın metroloji məsələlərini

A.B.Blank  
(Xarkov),  
V.F.Barkovs-



İvan Pavloviç  
Alimarin

böyük işlər görmüşlər. İ.P.Alimarinin əsas işləri miqdarı mikro- və ultramikrokimyəvi analizə, nadir - torpaq elementlərin ayrılmasına həsr edilmişdir. O, yarımkəçiricilərdə qarışıqların neytron-aktivasion üsulla təyini təklif etmişdir. İ.P.Alimarin və L.P.Podvalnaya niobiumun rodanidlə təyini üsulunu təklif etmişlər.

Ümumnəzəri işlərin digər sahəsi kinetik faktorların tədqiqi ilə bağlıdır. Analizin kinetik üsullarının əsaslarının inkişafı daha mühüm sahə sayılır. Bu sahədə K.B.Yasimirski, V.M.Peşkova, İ.F.Dolmanovanın işlərini göstərmək olar. Burada fotokimyəvi proseslərin istifadəsi sahəsində olan işləri də qeyd etmək olar. Bu cür işlər İ.P.Xarlamov və A.A.Nemodruk tərəfindən aparılır.

Elementlərin fotometrik təyini üçün yeni reagentlərin axtarılması sahəsində uğurlu tədqiqatlar aparılır. V.İ.Kuznetsov və S.B.Savvin tərəfindən təklif olunmuş toron və arsenazo qrupu reagentləri -



Valentina Moiseevna  
Peškova



Vitaliy İvanoviç  
Kuznetsov



Serqey Borisoviç  
Savvin

arsenazo I, arsenazo III, sulfoxlorfenol S və b. bir çox elementləri yüksək seçiciliklə və böyük həssaslıqla təyin etməyə imkan verir. V.P.Jivopistsev xrompirazol I və xrompirazol II kimi effektiv reagentləri praktikaya daxil etmişdir. Y.A.Bankovski merkaptoxinolinə öyrənmiş və onun vasitəsilə renium və digər elementlərin fotometrik təyini vermişdir. V.İ.Kuznetsov və N.N.Basarqin titanın dioxlorxromotrop turşusu ilə fotometrik təyininin həssas üsulunu təklif etmişdir. N.N.Basarqin kompleks birləşmələrin reagentlərin turşu-əsas xassələrindən asılılığı və iki funksional qrupu olan reagentləri tədqiq edir.

V.P.Jivopistsev tərəfindən təklif olunmuş diantipirilmetanı A.A.Minin, N.A.Verdzadə və b. titanın, vanadiumun və s. fotometrik təyini üçün tətbiq etmişlər.

Fotometriya sahəsində aşağıdakı kitablar nəşr olunmuşdur:

Üç cildli "Fotometrik analiz" (A.K.Babko, A.T.Pilinenko "Ümumi məlumat və apparatura", 1968; İ.M.Korenman "Üzvi birləşmələrin təyini üsulları", 1975; A.K.Babko, A.T.Pilipenko "Qeyrimetalların təyini üsulları", 1974); M.İ.Bulatov, İ.P.Kalinkin "Fotokolorimetrik və spektrofotometrik analiz üsullarına dair praktiki rəhbərlik", 1972; V.M.Peşkova, M.İ.Qromova "Analitik kimyada absorpsion spektroskopiyaya üsulları", 1976, V.F.Barkovski, V.İ.Qanopolski "Differensial spektrofotometrik analiz", 1969; V.Q.Belikov "Differensial fotometriya", 1970; N.A.Verdzadə "Spektrofotometrik və fotokolorimetrik analiz üsullarına dair praktikum", 1984. və s.).

Görkəmli kimyaçı-analitiklər içəri-sində İ.M.Korenman xüsusi yer tutur. Mikrokristaloskopiyanın, mikro- və ultramikroanalizin, radiometrik analiz üsullarının yaradılması və inkişafı, ekstraksiya və qoşa çökmə proseslərinin tədqiqi, analitik kimyada üzvi reagentlərin tətbiqinin nəzəriyyəsi və praktikasısı onun adı ilə bağlıdır.



İzrail Mironoviç  
Korenman

Y.İ.Korenmanın işləri sulu məhlullarda bir çox fenolların ekstraksiyasının sistemətik tədqiqinə həsr edilmişdir. O sulu və susuz məhlullarda fenollarla bəzi üzvi maddələrin komplekslərinin öyrənilməsinə ekstraksiyanı tətbiq etmişdir. Bir çox ekstragentlərlə su arasında fenolların paylanma sabitlərini öyrənmişdir.

Görkəmli rus alimi A.İ.Busev nadir elementlərin təyini və analizi üsulları sahəsində geniş tədqiqatlar aparmışdır. O, elementlərin analitik kimyası silsiləsindən bir neçə kitabın müəllifidir: 1958-ci "İndiumun analitik kimyası", 1962 - "Molibdenin analitik kimyası", 1973 - "Qızılın analitik kimyası", 1975 - "Kükürdün analitik kimyası", 1976 - "Volframın analitik kimyası" monoqrafiyasını nəşr etdirmişdir. Bunlarla yanaşı bir sıra elementlər üçün reaktivlər assortimenti adlı kitablar nəşr etdirmişdir. Bunlara qallium, indium, selen, tallium, telluru aid etmək olar. O, çox məhsuldar alim olmuşdur. Bunu onun aşağıdakı kitablarında görmək olar: 1958 - "Üzvi reagentlərin qeyri-üzvi analizdə tətbiqi", 1961 - "Nadir elementlərin təyini və analiz üsulları", 1966 - "Nadir elementlərin analitik kimyası üzrə praktiki rəhbərlik", 1972 - "Qeyri-üzvi analiz üçün yeni üzvi reagentlərin sintezi" və s.

Analitik kimyanın inkişafında Y.A.Zolotovun xüsusi yeri var. O, ekstraksiya prosesinin nəzəriyyəsi və praktikası sahəsində böyük işlər görmüşdür. Belə ki, onun N.N.Kuzminlə birgə 1975-ci ildə "Ekstraksiya qatılma", 1988 - "Elementlərin izlərinin qatılma", 1969 - "Daxili kompleks birləşmələrin ekstraksiyası", 1973 - "Halogenid komplekslərin ekstraksiyası", 1977 - "Metalların asetilpirazolonlarla ekstraksiyası", 1980 - "Metalların neytral kükürd tərkibli birləşmələrlə ekstraksiyası", 1977 - "Analitik kimyadan oçerklər" və b. kitabları nəşr olunmuşdur.



Aleksey İvanoviç  
Busev

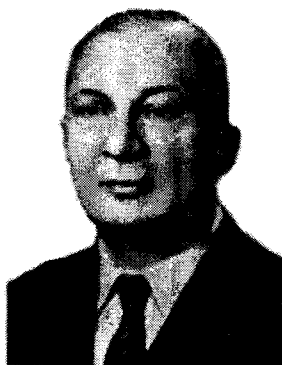
Daşkənd Dövlət Universitetində Ş.T.Talipovun rəhbərliyi altında üzvi reagentlərin tətbiqi sahəsində böyük işlər görülür. Müxtəlif azobirləşmələr və başqaları fotometrik analizdə reagent kimi tətbiq olunur.

Analitik kimyanın inkişafı sənayenin tələbatından da irəli gəlirdi. Sənayenin müxtəlif sahələrinin inkişafı, kimyəvi nəzarət üsullarının, yəni ilkin xammalın, yarım və hazır məhsulların tərkibinin təyini üsullarının işlənilməsinə gətirib çıxarırdı. İstehsalatın məhz bu praktiki ehtiyacları analitik kimyanın bir elm kimi yaranması və inkişafı üçün mühüm rol oynamışdır.

Metalların və ərintilərin analizi sahəsində V.S.Sirokomski, A.M.Dimov, Y.A.Çernixov, Y.A.Klyaçko və b. rəhbərliyi altında çox işlər görülmüşdür.

İstehsalat üçün bu vacib məsələləri bir sıra elmi-tədqiqat təşkilatları, institutlar və zavod laboratoriyaları həll edirdi. Nəticədə analitik kimya sahəsində olan elmi-tədqiqat işlərinin miqdarı sürətlə artmışdır.

Azərbaycan respublikası Elmlər Akademiyasının həqiqi üzvü H.B.Şah-taxtinski (1900-1986) analitik kimya sahəsindəki elmi fəaliyyətini yodometrik və arsenato-yodometrik üsulların inkişafına həsr etmişdir. O, bir sıra elementlərin yodometrik təyininin arsenat üsullarını təklif etmiş və onları müxtəlif dağ suxurlarının, buruq sularının, ərintilərin, tikinti materialların və b. analizinə tətbiq etmişdir. Elmi işlərinin bir qismini 1966-cı ildə Q.A.Aslanovla birlikdə "Maqnezium və kalsiumun yodometrik təyininin arsenat üsulu" adda



Aleksandr Maksimoviç  
Dimov



Həbibulla Baxşəli oğlu  
Şah-taxtinski  
(1900-1986)



monoqrafiya şəklində çap etdirmişdir.

Onun rəhbərliyi altında iki elmlər doktoru və 16 elmlər namizədi yetişmişdir.

O, analitik kimyadan 32 çap vərəqi həcmində ilk dərslik yazmışdır. Bu dərslik uzun illər tələbələr üçün yazılmış Azərbaycan dilində yeganə kitab olmuşdur ("Miqdari kimyəvi analiz" 1937 və onun ikinci işlənmiş nəşri - 1953 "Azəməşr").

Azərbaycanda analitik kimyanın inkişafında görkəmli kimyaçı-alim İ.L.Bağbanlının (1894-1974) böyük əməyi olmuşdur. Onun elmi fəaliyyəti çoxşaxəli olmuşdur. Elmi fəaliyyətinin əvvəlki illərində yanğın əleyhinə istifadə etmək üçün alunitdən alüminium-sulfatın alınması, neftqazmada istifadə üçün respublikanın müxtəlif gil yataqlarının işlənməsi və gilli məhlulların alınması, Daşkəsən maqnetitindən titan 4-oksidin alınması, respublikanın



İsgəndər Lətif oğlu  
Bağbanlı (1894-1974)

kimya və yeyinti sənayesinin tələblərini ödəmək üçün Naxçıvan daş duzunun təmizləmə texnologiyası, Abşeron kvars qumunun zənginləşdirilməsi, maye şüşə və digər qiymətli məhsullar almaq üçün, serpentinitin işlənməsi, Böyük Vətən müharibəsi zamanı zavodun katalizatora olan tələbatını ödəmək üçün sulfat turşusu zavodu tullantılarından vanadium oksidlərinin alınması istiqamətində elmi-tədqiqat işləri aparmışdır.

Sonralar o, ammonium-tetRARodanodiaminxromiatın nadir və əlvan metalların analitik kimyasına tətbiqi sahəsində geniş tədqiqatlar aparmışdır. O, klassik (qravimetrik və titrimetrik) və fiziki-kimyəvi (amperimetrik, potensiometrik, fotometrik) üsulların respublikada inkişafına çalışmış və böyük analitiklər ordusunu yaratmışdır. O, iki nəfər elmlər doktoru (Hüseynov İ.Q. və Rüstəmov N.X.) və 15 elmlər namizədi yetişdirmişdir. O, 3 monoqrafiyanın müəllifidir: "Ammonium-tetRARodanodiaminxromiatın nadir və əlvan metalların analitik kimyasına tətbiqi" 1961; "Silikatların kimyəvi analizinə giriş" 1965; "Mineral gübrələrin və

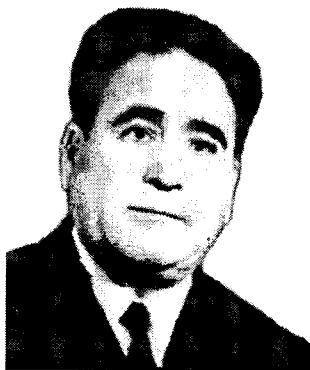
karbonat suxurlarının kimyəvi analiz metodları", 1974. O, 1966-cı ildə yazılmış "Kimya sözlüyünün" müəlliflərindən biridir.

A.Ə.Verdizadə (1914-1973) elmi fəaliyyətinin ilk dövründə - yodun üzvi həlledicilərinin tətbiqi ilə dəmirin mikroyodometrik təyini sahəsində tədqiqatlar aparmışdır. Onun əsas elmi istiqaməti peryodatometrik və yodometrik üsulların tətbiq sahəsinin inkişafı olmuşdur. O, mis, dəmir, natrium, molibden, nikel, kobalt, qalay, sink, kadmium, sirkonium, civə, torium, serium, indium, qurğuşun və s. elementlərin qravimetrik, titrimetrik və fotometrik təyini üsullarını işləyib hazırlamış və bu üsulları müxtəlif obyektlərə tətbiq etmişdir. Elmi fəaliyyətinin sonrakı illərində isə o, bəzi d-keçid elementlər üçün həssas və seçici yeni ekstraksiyalı-fotometrik üsulların işlənilməsi ilə məşğul olmuşdur. O, bir nəfər elmlər doktoru və üç nəfər elmlər namizədi yetişdirmişdir.

Onun elmi fəaliyyətinin digər sahəsi orta məktəb şagirdləri və ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaitləri və elmi-kütləvi kitabların çap etdirilməsi olmuşdur:

A.Ə.Verdizadə "Vəsfi yarımmikrokimyəvi analiz" (I və II kitab) 1959; A.Ə.Verdizadə, S.M.Hüseynzadə "Kimyəvi tənliklərin düzəldilməsi" 1961; A.Ə.Verdizadə "Kimyadan vəsait" 1967; A.Ə.Verdizadə, N.A.Verdizadə "Vəsfi analiz praktikumu" 1972 və "Vəsfi analizin nəzəri əsasları" 1973.

A.Ə.Verdizadə, S.M.Hüseynzadə, N.A.Verdizadə "Miqdari analiz praktikumu" 1975, A.Ə.Verdizadə, T.D.Əlizadə, N.A.Verdizadə "Kimyadan vəsait" 1982; 1983; A.Ə.Verdizadə "Böyük rus alimi D.İ.Mendeleyev" 1950, "Həyatda kimyanın əhəmiyyəti" 1951; "D.İ.Mendeleyev və onun Bakı neft təsərrüfatının inkişafında rolu" 1951; "Hidrogendən urana qədər" 1972; "Don tikmişəm havadan" 1970; A.Ə.Verdizadə, N.A.Verdizadə "Tüstünün möcüzələri" 1999.



Allahverdi Əmənullah oğlu  
Verdizadə (1914-1973)

Onun yazdıqları dərş vəsaitləri bu gündə öz aktuallığını itirməmiş və tələbələrin stolüstü kitabıdır.

İ.Q.Hüseynov (1928-1994) İ.L.Bağbanlının işlərini davam etdirmiş, nadir və əlvan metalların analitik kimyasını inkişaf etdirmişdir. Onun aldığı üçkomponentli komplekslər bir sıra nadir və əlvan metalların fotometrik, ekstraksiyalı-fotometrik, qravimetrik və titrimetrik üsullarının işlənməsinə və onların müxtəlif obyektlərdə tətbiqinə imkan vermişdir. Onun rəhbərliyi altında 14 elmlər namizədi yetişmişdir.

R.Ə.Ələkbərov naften turşularının təmizlənmə, ayrılma üsullarını işləmiş, tionaftehləri, tioturşuları, tiopenolları, alkilfenolları sintez etmiş və ekstraksiya qabiliyyətlərini, bundan başqa o, naftenatları da tədqiq etmişdir. Göstərilən birləşmələrin ionlaşma sabitlərini, onların suda müxtəlif pH-da həllolmalarını təyin etmiş, su və üzvi həlledicilər arasında

paylanmasını öyrənmiş, naften turşularının metallarla kompleks əmələgəlmə və ekstraksiya şəraitinin tədqiqini aparmışdır. Nəticədə bir sıra radioaktiv izotopların mikroelementlərin sulardan qatılaşdırılmasının ekstraksiya üsulu, uranın qarışıqlardan təmizlənməsi və ayrılması üsulu və s. işlənilmişdir.



Murtuza Qasım oğlu  
Əhmədli (1906-1979)

Suyun təmizlənməsi məqsədilə koaqulyant təklif etmişdir. Sənaye tullantılarından dəmir 2-



İsmail Qafar oğlu  
Hüseynov (1928-1994)



Rəsul Əli oğlu Ələkbərov  
(1928-2000)

sulfatın alınması texnokimyası işlənilmiş və onu koaqulyant kimi məsləhət görmüşdür.

R.A.Ələkbərovun rəhbərliyi altında 8 elmlər namizədi hazırlanmışdır.

M.Q.Əhmədli (1906-1979) Azərbaycan Respublikasında üzvi-analitik reagentlərin qeyri-üzvi analizdə tətbiqi sahəsində tədqiqat aparmış analitiklərdən biri idi. Bakı Dövlət universitetinin "Analitik kimya" kafedrasında onun rəhbərliyi altında həm yeni üzvi analitik reagentlər sintez edilmiş, həm də mövcud reagentlərin analitik imkanları genişləndirilmişdir.

Üzvi analitik reagentlərdən: alizarin, xinalizarin, hematoksin, morin, kvarsetin, fenilflüoron, pirokatexin bənövşəyi, hallion, maqnezion, arsenazo, stilbaz, ksilenol narıncı, brompirohollol qırmızı, qlisin, timol göyü və s. ilə qallium, sink, kadmium, torium, uran, qurğuşun, vanadium, kobalt, nikel, nadir torpaq elementləri və dəmirin eyniliqanlı kompleksləri və hidrofob aminlərin iştirakı ilə əmələ gətirdiyi müxtəlifliqanlı kompleksləri tədqiq edilmiş, elementlərin təyini fotometrik, ekstraksiyalı-fotometrik üsulları işlənmişdir.

D.H.Qəmbərovun rəhbərliyi altında Bakı Dövlət universitetinin "Analitik kimya" kafedrasında aparılan tədqiqatlar nəticəsində analitik kimyaya tamamilə yeni sinif üzvi reagentlər – pirohallolun mono və bis-azo törəmələri gətirilmiş, həmin reagentlərlə bir sıra metal ionlarının fotometrik və ekstraksiyalı-fotometrik təyini üsulları işlənmişdir. Bundan əlavə kafedrada kompleksmələgətirici sorbentlər sintez və tədqiq edilmiş, həmin sorbentlər uran və digər elementlərin qatılardırılmasına tədqiq edilmiş və elementlərin təyini üsulları işlənmişdir.



Dəmir Heydər oğlu  
Qəmbərov

Həmçinin  $\beta$ -diketon və pirozolonun yeni törəmələri sintez edilmiş, onların metal kompleksləri tədqiq edilmiş, elementlərin təyininin fotometrik, ekstraksiyalı-fotometrik üsulları işlənmişdir.

D.H.Qəmbərovun rəhbərliyi ilə 12 nəfər elmlər namizədi və 1 nəfər elmlər doktoru hazırlanmışdır. Bu namizədlər sırasında

Vyetnam, Misir, Ərəb Respublikası, Suriya Respublikasının nümayəndələri vardır.

R.Ə.Əliyevanın BDU-nun "Analitik kimya" kafedrasında apardığı işlər nəticəsində d- və bəzi p- və f-elementlərinin yeni sinif kompleksləri tədqiq edilmiş və onların analitik tətbiqi verilmişdir. R.Ə.Əliyevanın rəhbərliyi ilə piroqallol əsasında yeni azobirləşmələr sintez edilmiş, torium (IV) və uranla (VI) əmələ gətirdiyi komplekslər tədqiq edilmiş və onların spektrofotometrik təyin üsulları işlənib hazırlanmışdır. R.Ə.Əliyevanın elmi fəaliyyəti 1 monoqrafiya və 10 patentdə öz əksini tapmışdır. Onun rəhbərliyi ilə 1 elmlər namizədi hazırlanmışdır.

N.X.Rüstəmov kompleks birləşmələrin spektrofotometrik sahəsində tədqiqatlar aparır. Azərbaycan Respublikası EA Qeyri-üzvi və fiziki kimya institutunun analitik kimya laboratoriyasında bu sahəni layiqincə davam etdirir. O, metal ionlarının təyininin fotometrik və ekstraksiyalı-fotometrik üsullarını, o cümlədən pirokatexinin azotөрəmələri, berillion II, maqnezion İREA ilə metal ionlarının

eyni liqandlı komplekslərini, tərkibində N, P, O donor atomu olan liqandlarla, onların müxtəlifliqandlı komplekslərinin tədqiqi və bu birləşmələr əsasında metal ionlarının təyini üsullarını, neft avadanlığının korroziyadan mühafizəsi üçün istifadə edilən inqibitorların təyininin ekstraksiyalı-fotometrik üsullarını işləmişdir.

Onun rəhbərliyi altında bir elmlər doktoru və 5 nəfər elmlər namizədi yetişmişdir.



Rəfiqə Əlirza qızı  
Əliyeva



Nuşiravan Xankişi oğlu  
Rüstəmov

N.X.Rüstəmov bir neçə dərs vəsaiti, metodik vəsait və elmi-populyar kitabların elmi redaktoru olmuşdur.

Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının analitik kimya kafedrasında Ə.L.Şabanovun rəhbərliyi altında respublikamızda kraun-efirləri kimyasının əsası qoyulmuş, kimyada, o cümlədən də analitik kimyada, yeni istiqamətin - funksional əvəzli kraun birləşmələri istiqaməti yaradılmışdır.

Analitik kimyada klatrat birləşmələr əsasında yaradılmış istiqamət ionselektiv elektrodların, kimyəvi sensorların alınmasında istifadə edilmişdir.

Ə.L.Şabanovun rəhbərliyi altında 3 elmlər doktoru və 30 elmlər namizədi hazırlanmışdır. Onlardan 1 elmlər doktoru və 6 elmlər namizədi analitik kimya sahəsindədir.

T.D.Əlizadənin (1939-1981) elmi işləri kompleks birləşmələrin spektrofotometrik tədqiqi sahəsinə yönəlmişdir. Bu işlər ekstraksiyalı fotometrik üsulla d-keçid elementlərinin polifenol-amin komplekslərinin öyrənilməsi və analizə tətbiqi sahəsində aparılmışdır. O, bu işləri Azərbaycan Neft Akademiyasının ümumi kimya kafedrasında aparırdı. Onun rəhbərliyi altında 4 nəfər elmlər namizədi yetişmişdir. O, ali məktəblərə daxil olanlar üçün yazılmış "Kimyadan vəsait" (1982) adlı dərs vəsaitinin müəlliflərindən biridir.



Tahir Dadaş oğlu  
Əlizadə(1939-1981)

İşlənmiş metodikalar d-keçid elementlərin sənaye katalizatorlarda, alunit və onun emalı məhsullarında, torpaqda, silikatlarda, dağ süxurlarında, poladlarda, müxtəlif növ ərintilərdə, bitkilərdə təyininə tətbiq edilmişdir.



Əliməmməd Lətif oğlu  
Şabanov

S.M.Hüseynzadə misin az miqdarlarının tetrametiltiuramdisulfid (tiuramat) şəklində mikrokristaloskopik və fotometrik üsulla təyini və s. sahəsində tədqiqatlar aparılmışdır. Onun bu işləri respublikada fotometriya və ekstraksiya sahələrində ilk tədqiqatlardan biri olmuşdur. O rentgenspektroskopiya, termiki analiz üsulu sahəsində çoxlu işlər görmüşdür. Respublikada "Kimya nomenklaturası komissiyasının" sədr müavini və qeyri-üzvi kimya seksiyasının isə sədri olmuşdur. Onun rəhbərliyi ilə 4 nəfər elmlər namizədi hazırlanmışdır.



Sadıx Məmmədbağır oğlu  
Hüseynzadə



Nailə Allahverdi qızı  
Verdizadə

N.A.Verdizadənin bütün elmi fəaliyyəti ADPU-nun analitik və fiziki kimya kafedrası ilə bağlıdır. O, elmi fəaliyyətinin ilk illərində qələvi-torpaq metallarının peryodatları ilə talliumun qravimetrik, titrimetrik, ekstraksiyalı-fotometrik və differensial-fotometrik təyini üsullarını işləmişdir. Əsas elmi istiqaməti isə d-keçid elementlərin tərkibində N və S olan liqandlarla əmələ gətirdikləri komplekslərin spektrofotometrik tədqiqi və analitik tətbiqi olmuşdur. O, müəyyən etmişdir ki, bir sıra d-keçid elementləri rodanid, 2,7-di(rodanometil)-benzol-1,4-dioksan, 2-oksi-5-halogeniufenol, ditiol və hidrofob üzvi aminlərlə yaxşı ekstraksiya olunan həssaslığına və seçiciliyinə görə eyniliqanlı komplekslərdən üstün olan müxtəlifliqanlı komplekslər əmələ gətirirlər. İşlənmiş metodikalar alunit, torpaq, ərinti, polad, yeyinti məhsulları, neft və onun emal məhsullarında həmin elementlərin təyində yoxlanılmış və ölkəmizin bir sıra istehsalat praktikasına tətbiq edilmişdir. O, 6 nəfər elmlər namizədi yetişdirmişdir.

Yuxarıda göstərilən kitablardan başqa N.A. Verdizadə aşağıdakı tədris vəsaiti və monoqrafiyaların müəllifidir. "Spektrofotometrik və fotokolorimetrik analiz üsullarına dair praktikum", 1984; Ə.N. Qurbanova "Analitik kimyadan metodik göstəriş və yoxlama işləri", 1980; "Vəfi analiz", 1983-I hissə; 1986-II hissə; T.İ. Əmrahovla "Analitik kimyadan məsələlər", 1990; M.M. Mehdiyevlə "Kimyəvi analizin əsasları", 1992; M.H. İsgəndərov, S.M. Şirəliyeva ilə "İndəyişdirici xromatoqrafik analiz üsuluna aid metodik vəsait", 1997; Ə.N. Qurbanov, H.İ. İbrahimov ilə "Analitik kimyanın nəzəri əsasları", 1997; K.Ə. Quliyev, Ə.Z. Zalov, T.İ. Əmrahov ilə "Kimyadan məsələ və çalışmaları", 1998; K.Ə. Quliyev, Ə.Z. Zalovla birlikdə "Kimyadan yoxlama testlər" 1 və 2-ci kitab, 1999; VIII sinif şagirdləri üçün "Kimya" - yoxlama testlər, 2001; "Analitik kimya cədvəl və sxemlərdə", 2000; "Kimya" 2002.

O, həmçinin kimyadan elmi-kütləvi kitabların müəllifidir: "Tüştünün möcüzələri", 1999 - A.A. Verdizadə ilə; Ə.Z. Zalov və K.Ə. Quliyevlə birgə yazdığı "Biz kimya əhatəsində", 1999; "Kimyəvi elementlər aləmində", 1999.

A.B. Yolçiyev bis-dördlü ammonium duzlarının, morfolinlərin və funksional əvəzli kraun efirlərinin makromolekulyar ion assosiatlarının sintezi və analitik tətbiqi sahəsində tədqiqatlar aparmışdır.



Allahyar Bəxtiyar oğlu  
Yolçiyev



## II FƏSİL

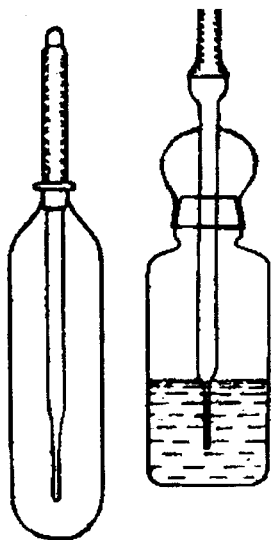
### VƏSFI YVRİMMİKROKİMYƏVİ ANALİZİN TEXNİKASI VƏ ƏSAS ƏMƏLİYYATLARI

#### 2.1. VƏSFI YARİMMİKROKİMYƏVİ ANALİZİN TEXNİKASI VƏ CİHAZLARI

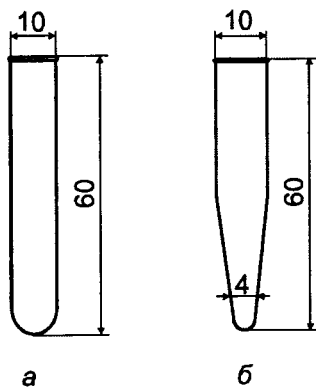
1-ci fəsildə göstərdiyimiz kimi, yarımikromikimyəvi analizdə tətbiq edilən reaktivlər makrometodda olduğundan təxminən 20-30 dəfə az olur. Ona görə də analizin makro üsulunda işlədilən cihazlar və qab-qacaqlarla yarımikromikimyəvi analiz əməliyyatlarını aparmaq mümkün deyildir. Yarımikromikimyəvi analizdə bütün əməliyyatları (çökdürməni, süzməni və s.) xüsusi kiçik qablarda aparmaq lazım gəlir.

Vəsfi yarımikromikimyəvi analizdə əsasən aşağıdakı cihazlar və qab-qacaqlar işlədilir: sentrifuqa, mikroskop, ştativ, butə, maşa, üçbucaq, tor, elektrik qızdırıcısı, qaz lampası, su hamamı, sınaq şüşəsi, kapilyar pipetlər, reaktiv şüşəsi, çini lövhə, kasa və s.

Reaktiv şüşəsi 20-30 ml məhlul tutan yumru dibli şüşə qabdır. Reaktiv şüşələri reaktivlə doldurulur və qutu-ştativə qoyulur. Belə olduqda iş stolundan kənara getmədən çoxlu əməliyyat aparmaq mümkün olur.



Şəkil 4.  
Pipet ilə birlikdə  
reaktiv qabı



Şəkil 5.  
Sınaq şüşələri

Reaktiv şüşəsi tibbdə işlədilən damcı pipeti ilə təchiz olunmuşdur. Pipetin nazik ucu reaktiv qabının demək olar ki, dibinə kimi salınmalıdır.

Pipetin baş tərəfinə geydirilmiş rezin boru reaktiv qabının ağzını kip tutmalıdır. Reaktiv şüşədən yalnız pipet vasitəsilə götürmək lazımdır. Reaktiv qabını heç bir zaman qutu-ştativ yuvasından çıxarmaq lazım deyildir. Reaktiv şüşələrinin hamısının etiketi olmalıdır. Etiketdə reaktivin ya formulu, ya da adı yazılmalıdır. Etiketlər reaktiv şüşələrinin hamısında eyni hündürlükdə yapışdırılmalıdır. Etiketdə olan yazını mühafizə etmək üçün onu nazik parafin pərdəsilə örtmək məsləhətdir. Çalışmaq lazımdır ki, iş zamanı reaktiv çirklənib xarab olmasın. Bunun üçün pipeti stolun üstünə qoymaq və ya onu reaktiv tökülən yerə vurmaq olmaz.

Sınaq şüşəsi' yarım-mikrokimyəvi analizdə zəruri qablardan biridir. Yarım-mikrokimyəvi analizdə konus və silindr şəkilli sınaq şüşələri işlədilir. Bu şüşələr 5-10ml həcmində olurlar.



Şəkil 6. Qab-qacaq şotkası

5,a şəkildə konusa oxşar sınaq şüşəsi göstərilmişdir ki, onlara sentrifuq sınaq şüşəsi də deyilir. Belə sınaq şüşələri yarım-mikrokimyəvi analiz praktikasında həmişə əlverişli olmur. İçərisində çöküntü olan konus şəkilli sınaq şüşələrini sentrifuqanın vasitəsilə fırlatdıqdan sonra çöküntü sınaq şüşəsinin dibinə sıx halda çökür ki, onu da həll etmək və ya yumaq çətinləşir. Lakin konus şəkilli sınaq şüşəsinə sentrifuq vasitəsilə fırlatdıqda, sınaq şüşəsinin dibinə yığılan çöküntüyə baxmaq və beləliklə, onu müşahidə etmək nisbətən asan olur.

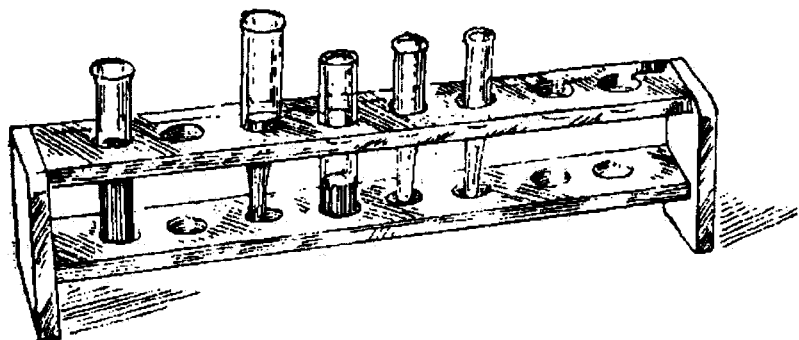
Silindr şəkilli sınaq şüşəsi (şəkil 5,b) 50-80 mm hündürlüyündə olub diametri 8-10 mm-dir. Sınaq şüşəsinin ölçüsü sentrifuqanın silindrik patronuna uyğun gəlməlidir. Silin-

\* Bu bəhədə göstərilən bütün şəkillər İ.P.Alimarin və V.K.Arhangelskayanın "Качественный полумикроанализ" və V.N.Alekseyevin "Курс качественного химического полумикроанализа" kitablarından götürülmüşdür.

drik sınaq şüşəsi sentrifuq patronundan yalnız 5-10mm hündür olmalıdır.

Silindrik sınaq şüşəsi həm sentrifuq üçün, həm də adi kimyəvi reaksiyaları aparmaq üçün yararlıdır. Məhlulu və ya qarışığı çalxalayan zaman sınaq şüşəsini tıxac ilə bağlamaq lazımdır.

Sınaq şüşəsini xüsusi şotka ilə (şəkil 6) yuyub təmizləyirlər. Bunun üçün əvvəlcə sınaq şüşəsini boşaldırlar və 2-3 dəfə su axınında yuyurlar. Sonra bir az su töküb şotka ilə şüşənin divarlarını və dibini təmizləyirlər və nahayət əvvəlcə su axınında, sonra da 2-3 dəfə distillə edilmiş su ilə yuyurlar. Təmizlənmiş sınaq şüşələrini adi ağacdan və ya plastik kütlədən düzəldilmiş ştativdə saxlayırlar (şəkil 7).

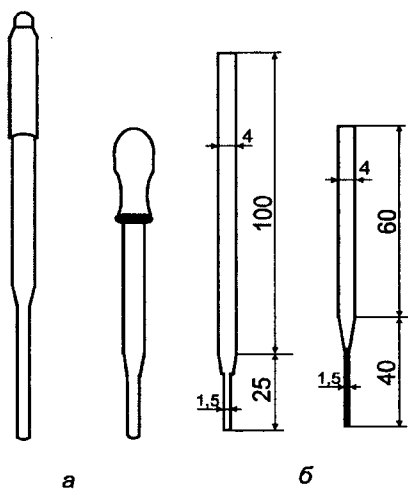


Şəkil 7. Sınaq şüşəsi üçün ştativ

Kapilyar pipet (şəkil 8,b) şüşə borudan ibarət olub, aşağı ucu nazıldılmışdır. Hər pipetə bir tərəfi bağlı olan rezin boru geydirilmişdir.

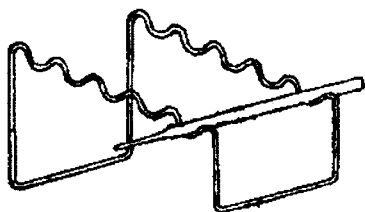
Kapilyar pipet olmadıqda tibbdə işlənən adi pipetdən də (şəkil 8,a) istifadə etmək olar. Həmin pipetlərin 20 damcısı təxminən 1ml məhlula uyğun gəlir.

Reaktivin miqdarı damcının sayı ilə ölçülür. Lakin pipet təxminən 0,1 ml-lik bölgülərlə nişanlanmış olsa, daha əlverişli olar. Belə pipetin daxili diametri 6-7 mm, uzunluğu isə 80-90 mm olmalıdır. Təsvir etdiyimiz pipetlər 20-30 damcı məhlul tutur. Hər damcının həcmi isə təxminən 0,03-0,05 ml olur.



Şəkil 8. Pipetlər

Pipet ilə analiz edilən məhluldan götürmək üçün pipetin kapilyar ucunu məhlulun içərisinə salıb rezin borunu sıxmaq lazımdır. Sıxılan rezin boru boşaldıqdan sonra pipet

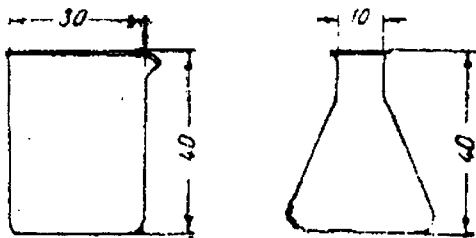


Şəkil 9. Pipet üçün ştativ

məhlul ilə dolacaqdır. Pipetdən məhlulu istənilən sayda damlarla boşaltmaq üçün rezin borunu yenidən tədriclə sıxmaq kifayətdir.

Hər reaktiv üçün başqa bir pipet işlədilməlidir. Ona görə də analiz aparının kifayət qədər ehtiyatda pipeti olmalıdır.

Pipeti hər dəfə işlətdikdən sonra onu təmiz yumaq lazımdır. Onun üçün pipeti 2-3 dəfə distillə edilmiş su ilə doldurub boşadırlar. Bəzi hallarda rezini çıxarıb distillə edilmiş su axınında yumaq olar.

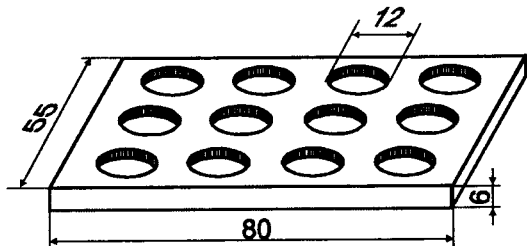


Şəkil 10. Stəkan və konusvari kolba

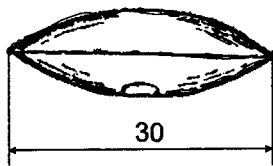
Pipetin xarici tərəfinin təmizliyinə fikir vermək lazımdır. Yuyulmuş pipeti stolun üstünə qoymayıb, onu ya içərisində distillə suyu olan stəkana və ya pipet ştativinə (şəkil 9) qoymaq lazımdır. Pipet ştativi pilləkən kimi olub, ya alüminium telindən və ya şüşə çubuqdan düzəldilir.

Kolba və stəkanlar - yarım mikrokimyəvi analizdə mühüm qab-qacaqdır (şəkil 10). Kolba və stəkanların həcmi 50-100 ml olmalıdır. Bunlardan əlavə bir də təxminən 10 ml-lik kiçik həcmli dodaqlı stəkanlar olur.

Damcı lövhəsi - (şəkil 11) çini lövhədən ibarət olub, bir neçə yuvacığa malikdir. Damcı lövhəsində səciyyəvi rəng və ya çöküntünün əmələ gəlməsi ilə gedən reaksiyaları aparmaq əlverişlidir. Damcı lövhəsi üzərində eyni zamanda bir neçə reaksiya aparmaq mümkündür. Bundan əlavə damcı lövhəsini yumaq və təmizləmək çox asandır.



Şəkil 11. Damcı lövhəsi



Şəkil 12. Qaz kamerası

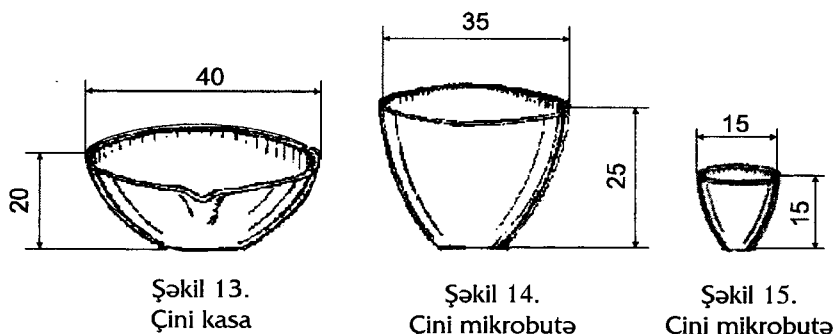
Saat şüşəsi - bəzi reaksiyaları aparmaq üçün işlədilir.

Qaz kamerası - (şəkil 12) ağız-ağıza qoyulmuş iki saat şüşəsindən ibarətdir. Qaz kamerası vasitəsilə təcrübə aparmaq çox əlverişlidir. Belə ki, qazı təyin etmək üçün götürülən reaktivlə bir parça süzgec kağızı isladılır və qaz kamerasının üst tərəfindəki şüşənin divarına yapışdırılır. Qaz kamerasının aşağı tərəfindəki şüşənin ortasına tədqiq ediləcək məhlul və reaktiv qoyulub qarışdırılır. O zaman təyin ediləcək qaz ayrılır və üst tərəfdəki şüşədə olan kağızı rəngləyir. Buna əsasən təyin ediləcək qazın varlığı haqqında mühakimə yürüdüür.

Şüşə çubuq - maddəni və ya məhlulu qarışdırmaq üçündür. Onun bir tərəfi hamarlanmış, digər tərəfi isə nazildilmiş olmalıdır. Şüşə çubuğun nazildilmiş və uzadılmış ucu maddəni qarışdırmaq üçündür.

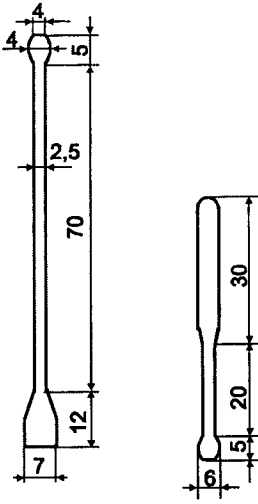
Çini qablar - (şəkil 13-15) məhlulu buxarlandırmaq, çöküntünü qızartmaq, bərk maddələri əritmək və s. məqsədlər üçün işlədilir. Bunların həcmi 1 ml-dən 100 ml-ə qədər ola bilər.

Çini kasa olmadıqda onu çini butə ilə əvəz etmək olar.



Şpatel - (şəkil 16) bərk reaktivləri götürmək üçündür.

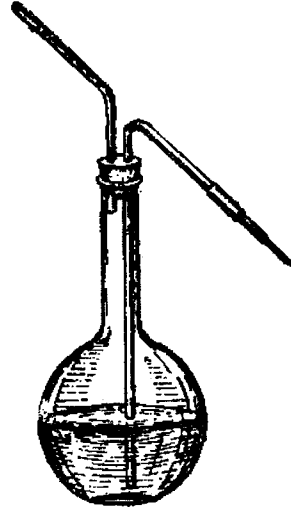
Yuyucu cihaz - (şəkil 17) analitik kimyada böyük əhəmiyyətə malikdir. Yuyucu cihazın yaxşı və səliqəli düzəldilməsi mühüm şərtidir. Yuyucu cihaz, dibi yastı və qalın divarlı şüşə kolbadan düzəldilir. Onun həcmi 100-150 ml olur. Balon iki deşiyi olan rezin tıxacla bağlanır. Həmin deşiklərdən 2 şüşə boru keçirilir. Onlardan biri təxminən 30-40°-li bucaq altında əyilir. Həmin boru təxminən tıxacın aşağı ucuna qədər keçirilir. Onun vasitəsilə yuyucu cihazın içərisinə hava üfürülür. İkinci boru əsasən kolbanın dibinə qədər çatdırılır. Həmin borunun yuxarı ucu təxminən 70°-li bucaq altında əyilir. Kiçik bucaqlı borunun xarici ucuna 4-5 sm uzunluğunda rezin boru keçirilir. Rezin borunun o biri ucuna isə ucu dartılmış, təxminən 10 sm uzunluğunda şüşə boru keçirilir. Bunun nəticəsində kapilyar borunu sərbəst hərəkət etdirmək mümkün olur. Bu da kapilyardan çıxan mayenin istiqamətini arzu edilən tərəfə yönəltməyə imkan verir. Kapilyardan çıxan mayenin axını kifayət qədər nazik və eyni zamanda qüvvətli olmalıdır. Kapilyar şüşə borunu hazırlamaq üçün diametri 4-5 mm və uzunluğu 100-120 mm olan borunun hər iki ucundan tutub qaz lampası üstündə yavaş-yavaş hərleyərək eyni bir yerdən qızdırmaq lazımdır. Boru, alovun təsirindən yumşalan zaman onu soyumağa qoymadan azacıq kənar edib, hər iki tərəfini yavaş-yavaş əks istiqamətə doğru dartmaq lazımdır. Bu zaman çalışmaq lazımdır ki, kapilyarın daxili diametri təxminən 1 mm olsun. Boru soyuduqdan sonra onu ortadan yiyə vasitəsilə kəsirlər. Alınan kapilyarın ucunu ehtiyatla alov üzərində hamarlayırlar. Bu zaman çalışmaq lazımdır ki, kapilyarın ucu alovun təsirindən əriyib tutulmasın.



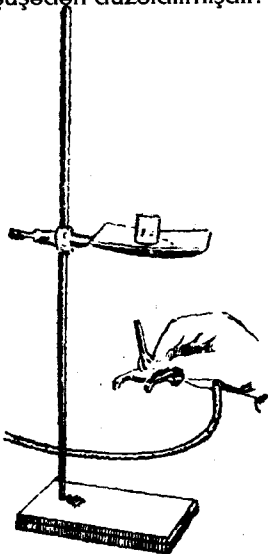
a

b

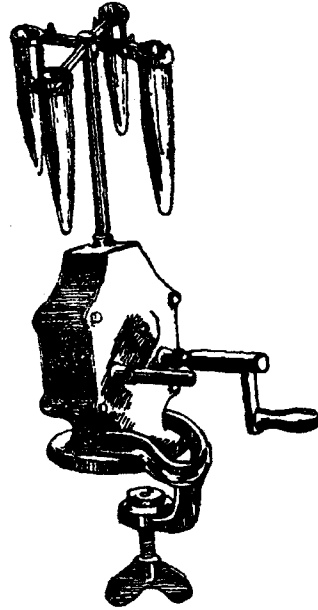
Şəkil 16. Şpatellər:  
a) alüminium və ya nikeldən  
düzəldilmişdir,  
b) şüşədən düzəldilmişdir.



Şəkil 17. Yuyucu cihaz



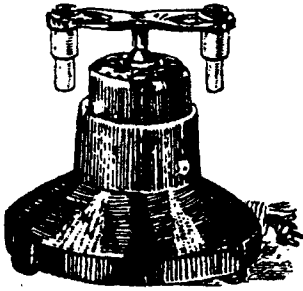
Şəkil 18. Mikrolampa vasitəsilə  
buxarlandırma



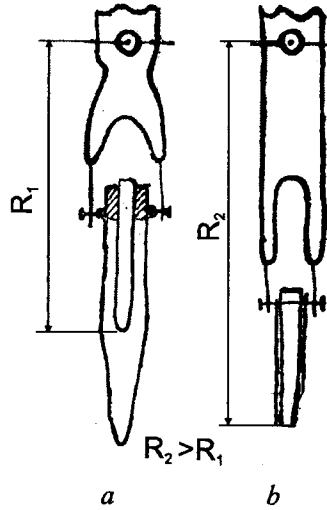
Şəkil 19. Əl sentrifuqası

Yuyucu cihaza çox zaman isti maye doldurulduğu üçün onun boynuna azbest, ip və ya qalın sap dolayırlar.

Qaz lampası – mühüm cihazlardan biridir. Yarımmikrokimyəvi analiz üçün mikroqaz lampası olması çox əlverişlidir. Mikroqaz lampası olmadıqda, adi



Şəkil 20. Qoruyucu örtüyü çıxarılmış mikro-elektrik sentrifuqası



Şəkil 21. Sentrifuqanın gilzinə sınaq şüşəsini yerləşdirmək qaydası

qaz lampası və ya spirt lampası ilə işləmək mümkündür. Göstərilən cihazlardan əlavə, yarımmikrokimyəvi analiz üçün dəmir sacayağı, butə maşası, azbest toru, su hamamı, sentrifuqa və s. də lazımdır.

Sentrifuqa - (şəkil 19) vasitəsilə bərk maddəni mayedən ayırırlar. Xüsusi çəkisi vahiddən böyük olan bərk maddə maye içərisində asılı halda olduqda, sürətlə fırlanma nəticəsində qabın dibinə çökür. Qarışığı sentrifuqada fırlatdıqdan sonra, şəffaf maye çöküntü üzərində qalır. Mayeni çöküntüdən ayırmaq üçün onu ya ehtiyatla süzürlər, ya da pipet vasitəsilə sorurlar.

Sentrifuqa iki cür olur: birisi əl sentrifuqası (şəkil 19) digəri isə elektrik sentrifuqasıdır (şəkil 20). Əl sentrifuqasında iki və ya dörd gilz olur. Elektrik sentrifuqasında isə dördədən on ikiyə qədər, bəzən də daha çox gilz olur.



Şəkil 22. Pinset



İşləyən adamı bədbəxt hadisədən qorumaq üçün elektrik sentrifuqası qoruyucu örtüklə təchiz olunur.

Əl sentrifuqasının gilzi, əksəriyyətlə konus şəkilli: elektrik sentrifuqasının gilzi isə silindr şəkilli olur.

Analitikada silindr şəkilli gilzdən istifadə etmək daha əlverişlidir.

İçərisində maddə olan sınaq şüşəsini gilzə qoyarkən mütləq onu nişanlamaq lazımdır.

## 2.2 YARIMMİKROKİMYƏVİ ANALİZİN ƏN ƏSAS ƏMƏLİYYATLARININ APARILMA TEXNİKASI

**Qızdırma.** Bir çox reaksiyaları aparmaq üçün qızdırmaq lazım gəlir. Məhlulu kiçik sınaq şüşəsində bilavasitə alovun üzərində qızdırmaq çox zaman mümkün olmur. Çünki qızdırma zamanı əmələ gələn buxarın təsirindən sınaq şüşəsindəki məhlul kənara sıçrayır. Ona görə də məhlulu sınaq şüşəsinə töküb su hamamında qızdırırlar.

Su hamamı içərisində su olan elə qaba deyilir ki, qızdırmaqla ondan alınan istiliyin hesabına analiz edilən maddə qızsın.

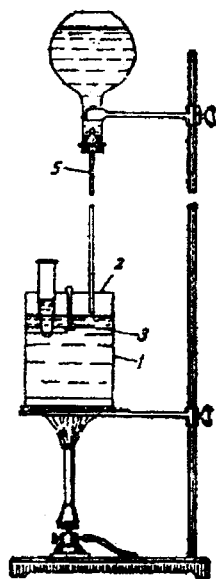
Yarım mikrokimyəvi analizdə işlədilən su hamamının nisbətən yaxşı forması 23-cü şəkildə göstərilmişdir.

Şəkildə görünən su hamamı 0,5 litrlik alüminium qabdan (1), qapaqdan (2) və ona birləşdirilən metal lövhədən (3) ibarətdir. Metal lövhə bir sıra deşiklərə malikdir. Bu deşiklər sınaq şüşələri qoymaq üçündür. Alüminium qabda suyun səviyyəsi görünmədiyi üçün onu sabit saxlamaq məqsədilə su ilə doldurulmuş və ağzı aşağı vəziyyətdə qoyulmuş kolba (4) ştativə bərkidilmişdir. Balonun ağzı rezin tıxacla möhkəmləndirilmişdir. Tıxacın deşiyindən diametri 11-12 mm olan şüşə boru (5) keçirilmişdir. Bu borunun ağzı ucu su hamamındakı suyun istənilən yuxarı səviyyəsi bərabərliyində olmalıdır. Su qaynadıqca borunun (5) ucu boşalır və beləliklə hava qabarcıqları kolbaya daxil olur. Kolbaya daxil olan havanın həcmi qədər su sıxışdırılır və kolbada su qurtarıncaya qədər su hamamında suyun səviyyəsi sabit qalır.

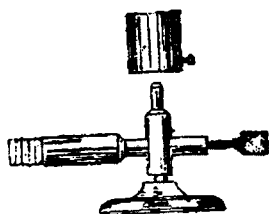
Su hamamı azbest toru üstünə qoyulur. Çalışmaq lazımdır ki, su hamamda zəif qaynasın. Şiddətli qaynama suyun artıq buxarlanmasına səbəb olur. Söz yox ki, qızdırılan maddəni su hamamı vasitəsilə qaynatmaq mümkün deyildir. Belə məhlulları

qaynatmaq lazım gəldikdə o zaman onu şüşə qaba və ya çini butəyə töküüb qaz lampası vasitəsilə qızdırmaq lazımdır.

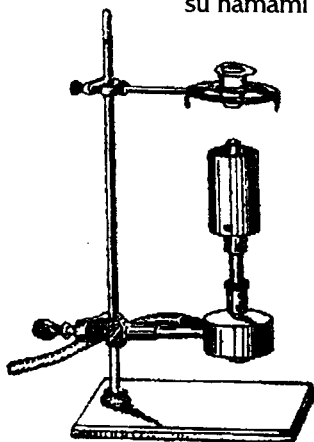
Buxarlandırma. Məhlulu qatılaşdırmaq və ya suyunu tamamilə qurtarmaq məqsədilə çini kasaya və ya butəyə tökərək buxarlandırırlar: buxarlandırmanı su hamamında aparmaq daha yaxşıdır. Buxarlandırmanı tezləşdirmək məqsədilə qaz lampasından da istifadə etmək olar; lakin bu zaman müşahidəni diqqətli aparmaq lazımdır. Çünki əvvəla, buxarlandırmanın axırında əmələ gələn kristallar kənara sıçraya bilər ki, bu da itkiyə və analizin xarab olmasına səbəb ola bilər. Digər tərəfdən, məhlul buxarlanıb qurtardıqdan sonra qalıq qızara bilər və nəticədə qarışıqda olan duzların əksəriyyəti parçalanaraq oksidlər əmələ gətirə bilər ki, bunlar da bəzən turşularda həll olmur. Bunun da nəticəsi olaraq, analiz mürəkkəbləşə bilər. Ona görə də buxarlandırmanı mikroqaz lampasında (şəkil 24) çox ehtiyatla aparmaq lazımdır.



Şəkil 23.  
Sabit səviyyəli  
su hamamı



a



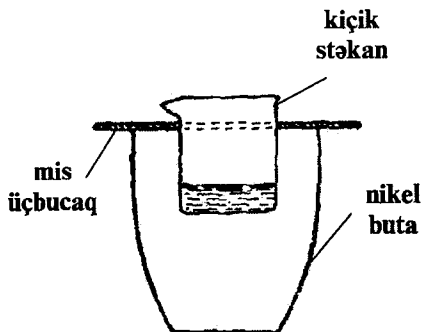
b

Şəkil 24.

a) mikroqaz lampası, b) ştativ ilə mikroqaz lampası

Hava hamamı (şəkil 25). 100<sup>o</sup>-dən yüksək və nisbətən sabit temperaturda maddəni qızdırmaq lazım gəldikdə, hava hamamından istifadə edirlər.

Bəzi maddələri buxarlandırarkən (məsələn, sulfat turşusu məhlulundan SO<sub>3</sub>-ün sıx "duman"ı ayrılmasına qədər) sıçrama nəticəsində itgi alınmaması məqsədilə istifadə edilir. Hava hamamı çini və ya nikel qabdan ibarət olub, təxminən həcmi 60 ml-ə bərabərdir. Bu qab mis və ya nixrom üçbucağı üzərində qoyulur. Onun da üzərində, içərisində buxarlandırılacaq məhlul olan stəkan və ya butə qoyulur. Çini və ya nixrom qab aşağı tərəfdən qızdırılır. Nəticə etibarilə qabın içərisində olan havanın temperaturu kifayət qədər yüksək və sabit olur.



Şəkil 25. Hava hamamı

**Çökdürmə.** Çökdürməni çox zaman sınaq şüşəsində aparırlar. Bunun üçün sınaq şüşəsinə tədqiq edilən məhluldan bir qədər tökülür və lazım gəldikdə su hamamında qızdırılır, sonra pipet vasitəsilə damcı-damcı çökdürücü maddədən əlavə edilir. Çökdürücünün hər damcısını əlavə etdikdən sonra nazik şüşə çubuqla onu diqqətlə qarışdırmaq məsləhətdir.

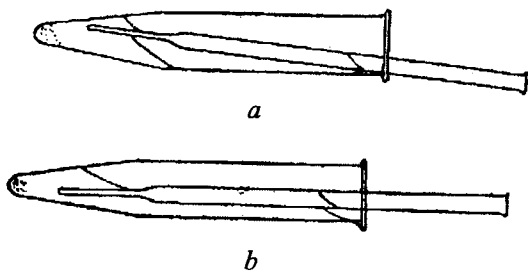
Bəzi hallarda reaksiya zamanı çöküntü qismən kolloid hala keçir ki, nəticədə məhlul çöküntü üzərində uzun müddət bulanıq halda qalır. Belə hallarda koaqulyasiya əmələ gətirmək üçün içərisində maddə olan sınaq şüşəsinə bir neçə dəqiqə su hamamı üzərində qızdırmaq və ya elektrolit-koaqulyator əlavə etmək lazımdır.

Əgər çöküntünün alınması ionların ayrılmasına və təyin edilməsinə xidmət edirsə, o zaman tam çökməni mütləq yoxlamaq lazımdır. Tam çökməni yoxlamaq üçün sınaq şüşəsindəki maddə, bir qədər sakit buraxılır. Əməliyyatı tez qurtarmaq istədikdə, bütün qarışıqı sentrifüqalamaq lazımdır. Hər iki halda

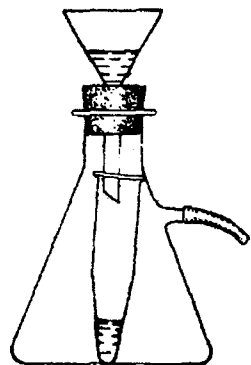
çöküntü sınaq şüşəsinin dibinə çökür, onun üstündə isə şəffaf məhlul qalır. Məhlulun şəffaf hissəsi üzərinə bir damcı çökdürücü tökülür və müşahidə edilir. O zaman məhlulda bulanıq əmələ gəlmədikdə, tam çökməyə riayət edilməsi hesab olunur. Tam çökməyə nail olmaq üçün bir qayda olaraq, çökdürücüdən bir qədər artıq əlavə edilməlidir. Lakin çökdürücünün çox artıq miqdarı, bəzən kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi və başqa səbəblər çöküntünün həll olmasına səbəb olur.

Əgər çökdürmə əməliyyatı çini lövhə üzərində aparılırsa, tədqiq edilən məhlulla çökdürücü damcıları bir-birinə yaxın məsafədə qoyulur; sonra da nazik şüşə çubuqla birləşdirilir. Bu zaman alına biləcək nəticəni lupa ilə müşahidə etmək daha əlverişlidir.

**Sentrifuqalama.** Vəsfı yarımmikrokimyəvi analizdə çöküntünü məhluldan ayırmaq üçün içərisində qarışıq olan sınaq şüşəsini sentrifuqanın boş gilzinə qoyub, sürətlə fırlayırlar. Bu zaman çöküntü məhluldan ayrılır. Bu prosesə sentrifuqalama deyilir. Sentrifuqada



Şəkil 26.  
Sentrifuqatın çöküntüdən ayrılması  
a) duzdur; b) duz deyildir.



Şəkil 27.  
Süzmək üçün qurğu

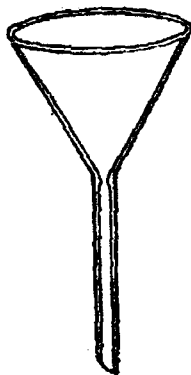
müvazinət alınması üçün qarşı-qarşıya duran gilzlərin hər ikisinə sınaq şüşəsi qoymaq lazımdır. Sentrifuqalama adı qayda üzrə 1-2 dəqiqə çəkir. Sentrifuqalama qurtardıqdan sonra məhlulun şəffaf hissəsini (buna sentrifuqat deyilir) çöküntüdən ayırmağa başlayırlar. Bunu aşağıdakı kimi edirlər: əvvəlcə ehtiyatla kapilyar pipeti məhlulun şəffaf hissəsi içərisinə daxil edirlər. Sonra

sınaq şüşəsini yavaş-yavaş yanı üstə əyirlər. Pipet sınaq şüşəsinin kənarına 26-cı şəkildə göstəriləyi kimi söykənməlidir.

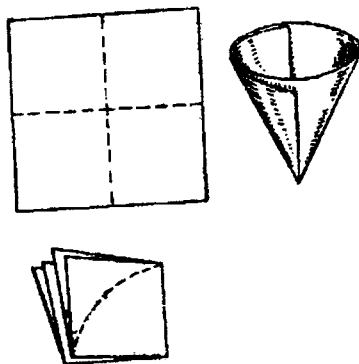
Kapilyar qüvvəsinin təsiri altında pipet məhlulla dolur. Pipet məhlulla dolduqca, kapilyar yavaş-yavaş çöküntüyə yaxınlaşdırılır. Söz yox ki, kapilyarın ucu həmişə məhlulda olmalıdır, o heç bir zaman çöküntüyə toxunmamalıdır. Pipet məhlulu daha sormadıqda onu sağ əlin şəhadət barmağı ilə bağlayıb sınaq şüşəsindən çıxarırlar və başqa təmiz sınaq şüşəsinə tökürlər. Məhlulu kapilyarla götürən zaman çalışmaq lazımdır ki, çöküntü qarışığı pipetə daxil olmasın. Çöküntü məhlula qarışarsa, məhlul bulanar. Belə olduqda qarışığı yenidən sentrifüqalamaq lazımdır.

Süzmə. Yarımikrokimyəvi analizdə məhlulu çöküntüdən ayırmaq üçün bəzən makro üsulda olduğu kimi süzgəc kağızı vasitəsilə süzmək lazım gəlir.

Çöküntünü məhluldan ayırmaq üçün 27-ci şəkildə göstəriləyi kimi qurğu üzərinə qoyulmuş süzgəc kağızından istifadə edilir. Çöküntü ilə birlikdə süzüləcək məhlul süzgəcə köçürülür. Süzməni sürətləndirmək üçün qurğudan hava rezin boru vasitəsilə sorulur. Süzüntü bilavasitə qurğuya və ya kiçik həcmli sınaq şüşəsinə süzülür.



Şəkil 28.  
Qıf



Şəkil 29.  
Süzgəcin hazırlanması

Süzmə prosesində əsas məsələ uyğun ölçülü süzgəc kağızlarının seçilməsi və onların qıfı yerləşdirilməsidir. Süzgəcin böyüklüyü, bir tərəfdən çöküntünün miqdarı, digər tərəfdən də qıfın böyüklüyü ilə müəyyən edilir. Süzgəc kağızını elə seçmək lazımdır ki, çöküntünün həcmi süzgəc kağızı hündürlüyünün yarısından artıq olmasın.

Süzgəc hazırlamaq üçün süzgəc kağızını iki dəfə qatlayıb ondan kvadrat kəsirlər. Bu zaman nəzərdə saxlamaq lazımdır ki, kvadratın hər bir tərəfi qıfın diametrindən təxminən iki dəfə böyük olsun. Həmin kvadrat 29-cu şəkildə göstəriləndiyi kimi bükülür. Bükülmüş kvadrat dairəvi şəkildə kəsilir. Bu zaman kəsilmə nahiyədə bir-birinin üstünə qatlanmış 4 vərəqə alınır. Həmin vərəqələrdən birini qalan üçündən ayıraraq konus şəkilli süzgəc düzəltmək, sonra da onu şüşə qıfı yerləşdirmək lazımdır.

Əgər süzgəc qıfı düzgün yerləşdirilməmişdirsə, o zaman süzgəc qıfın divarlarına sıx yapışmış olur. Süzgəc qıfı sıx oturulmamışdırsa, onu çıxarıb yenidən bükmək və qıfı yerləşdirmək lazımdır. Süzgəcin qıfı yaxşı oturmasını yoxlamaq üçün o, distillə edilmiş su ilə isladılır; o zaman süzgəc kağızı ilə qıfın divarları arasında hava qabarcıqları qalmamalıdır. Bundan əlavə, nəzərdə saxlamaq lazımdır ki, süzgəc kağızının üst kənarı qıfın üst kənarından təxminən 0,5 sm aşağıda dayanmalıdır. Süzmə zamanı məhlulun sıçramasından qorunmaq üçün süzülən məhlulu şüşə çubuq vasitəsilə süzgəc kağızına süzmək lazımdır.

Çöküntünün yuyulması. Çöküntünü məhluldan ayırdıqdan sonra onu mütləq yumaq lazımdır. Çöküntü yuyulmadıqda, məhlulda olan kənar ionlarla çirklənir. Ona görə də çöküntünün yüməmiş müəyyən ionların tamamilə ayrılmasına və düzgün nəticə əldə edilməsinə nail olmaq mümkün deyildir.

Vəsfi yarım-mikrokimyəvi analizdə çöküntü çökdürmə prosesi aparılan sınaq şüşəsində yuyulur. Bunun üçün çöküntünün üzərinə təxminən 1,5 ml yuyucu maye tökülür və şüşə çubuq ilə qarışdırılır. Qarışıq süzülür. Alınan şəffaf məhlul kapilyar pipet vasitəsilə sorub atılır. Bəzən bu əməliyyat 2-3 dəfə təkrar edildikdən sonra yuma prosesi bitmiş hesab edilir.

Süzgəc kağızında çöküntünü yumaq üçün yuyucudan istifadə edilir. Bunun üçün distillə suyu və ya başqa məhlul yu-

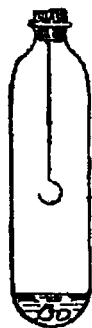
yucuya tökülür və aşağıdakı qayda ilə yuyulur: yuyucunun qısa şüşə borusu ilə ağızdan hava üfürülür. O zaman yuyucunun içərisində təzyiq çoxalır; nəticədə yuyucunun kapilyarından sürətlə maye axır. Axan maye süzgəcin üzərində dairəvi olaraq gəzdirilir. Çalışmaq lazımdır ki, maye axını çöküntünün ortasına düşməsin. Əks halda qüvvətli maye axını nəticəsində çöküntüdə itki əmələ gətirə bilər. Təsvir edilən üsulla süzgəc kağızı yuyucu maye ilə doldurulur (yuyucu maye süzgəc kağızının yuxarı səviyyəsindən təxminən 0,5 sm aşağıda olmalıdır). Bütün maye süzgəcdən süzülüb qurtarıncaya qədər gözləmək lazımdır. Ancaq bundan sonra çöküntünü yenidən yumaq olar. Yuyucu məhlul süzülüb qurtarıqdan sonra lazım gəldikdə onu tullamaq olar.

**Çöküntünün həll edilməsi.** Çöküntünü həll etmək üçün sınaq şüşəsinə bu və ya başqa həlledici tökülür. Əgər çöküntü tamamilə həll olursa, o zaman şüşə çubuqla məhlul qarışdırılır və qızdırılır. Müəyyən həlledicidə çöküntü tamamilə həll olursa, o zaman həlledicidən yenidən tökmək lazımdır. Bundan sonra məhlulla birlikdə çöküntü çini kasaya və ya stəkana köçürülür. Orada yaxşı qarışdırılır və lazım gəldikdə qızdırılır.

**Qızartma.** Ammonium duzlarını ayırmaq üçün analiz edilən maddə kiçik çini kasalarda və ya çini butələrdə əvvəlcə buxarlandırılaraq qurudulur, sonra da qızardılır.

**Qazla işləmə.** Müəyyən reaksiya nəticəsində ayrılan qazı təyin etmək və onun xarakterini müəyyən etmək üçün ona lazımi reaktivlərlə müxtəlif cür təsir edirlər. Bəzi hallarda dəmir və ya nixrom teli qulaqcığında bir damcı reaktiv asırlar və ona ayrılan qaz vasitəsilə təsir edirlər (şəkil 30).

Bəzən də kapilyar pipet geydirilmiş tıxacla sınaq şüşəsi bağlanır. Kapilyar pipetin ucunda bir damcı reaktiv saxlanılır.



Şəkil 30.  
Ayrılan qazı  
təyin etmək  
üçün cihaz

### III FƏSİL

## BİRİNCİ QRUP KATIONLARI

Analitik kimya eksperimental elmdir. Ona görə də ali məktəblərin tədris planlarında saatların əsas qismi laboratoriya praktikasına həsr edilmişdir. Lakin analitik kimyanın müasir nəzəri məsələlərini mənimsəmədən və onları dərindən başa düşmədən, laboratoriyada aparılan işləri, ayrı-ayrı əməliyyatları və analiz üsullarını aydın təsəvvür etmədən onu öyrənmək olmaz. Ona görə də analitik kimya kursu ciddi nəzəri biliyə əsaslanmalıdır. Yalnız analitik kimya nəzəriyyəsi ilə silahlandıqdan sonra, düşüncəli olaraq kimyəvi prosesləri idarə etmək və aparılacaq reaksiyanın zəruri şəraitini tapmaq olar. Bununla əlaqədar olaraq kation və anionların reaksiya tənliklərini və analizin gedışı üsulu-nu təsvir etməklə bərabər, nəzəri məlumatlar da veriləcəkdir. Analitik kimyanın mühüm nəzəri məsələlərindən biri kimyəvi reaksiyalarda tarazlıq və məhlullar nəzəriyyəsidir ki, bu fəsildə onlardan bəhs ediləcəkdir.

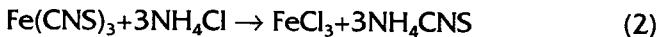
### 3.1. KÜTLƏLƏRİN TƏSİRİ QANUNU VƏSFI ANALİZİN ƏSASI KİMİ

#### 3.1.1. Reaksiyaların dönərliyi. Reaksiyanın istiqaməti

Dəmir 3-xlorid məhlulu üzərinə ammonium-rodanid məhlulu əlavə edilərsə, o zaman reaksiya aşağıdakı sxem üzrə gedər:

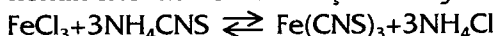


Sxem şəklində göstərilən həmin reaksiya tənliyi nəticəsində alınan məhsulların heç biri nə çöküntü, nə də qaz halında ayrılmır. Ona görə də həmin maddələr məhlulda qalır və bir hissəsi bir-birilə reaksiyaya girir. Nəticədə reaksiya əks istiqamətə doğru gedir.

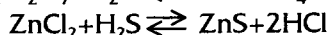
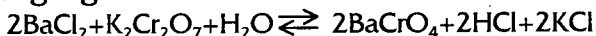




1-ci və 2-ci sxem üzrə göstərilən reaksiyalar eyni zamanda getdiyi üçün həmin sxemləri bir tənlik şəklində yazmaq olar:



Bunun kimi də aşağıdakı reaksiya tənlikləri düz və əks istiqamətə doğru gedirlər:

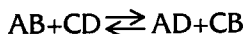


Eyni zamanda bir-birinə əks istiqamətdə gedən kimyəvi reaksiyalar analitik kimyanın bir çox proseslərində rast gəlinir. Məsələn, çökmə-həllolma, neytrallaşma-hidroliz, dissosiasiya-asso-siasiya, oksidləşmə-reduksiya və s.

Belə proseslərə dönər proseslər deyilir.

Dönər reaksiya tənliklərində bərabərlik işarəsini əks istiqamətli ox ( $\rightleftharpoons$ ) ilə əvəz edirlər. Dönər reaksiya tənliklərində soldan sağa doğru ( $\rightarrow$ ) gedən reaksiyalar düzünə reaksiya, sağdan sola doğru ( $\leftarrow$ ) gedən reaksiyalar isə tərsinə reaksiya adlanır.

Ümumi kimya kursundan məlumdur ki, məhlullarda reaksiyanın getməsi Bertolle qanununa tabedir. Bertolle qanunu əsasən aşağıdakı kimi izah edilir: əgər AB və CD-dən ibarət iki duz məhlulu bir-birinə qarışdırılırsa, o zaman mübadilə reaksiyası gedər və müəyyən müddətdən sonra həmin reaksiya sanki dayanar. O zaman məhlulda AB, CD, AD və CB-dən ibarət dörd duz arasında tarazlıq yaranar:



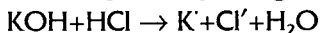
Göstərilən reaksiya tənliyi o zaman mümkündür ki, götürülən və nəticədə alınan duzlar həlledicidə həll olsun. Əgər həmin maddələrdən heç olmasa biri həll olmayıb qaz şəklində reaksiya mühitindən çıxarsa, o zaman reaksiya həmin maddələrin əmələ gəlməsi istiqamətində axıra qədər gedər.

Yuxarıda göstərilən reaksiya tipinin dönərliyini Y.İ. Mixaylenko ümumiləşdirərək aşağıdakı kimi göstərmişdir:

1. Əgər qarşılıqlı təsirdə olan ionlar nəticə etibarilə elektrolit olmayan maddələr əmələ gətirməsələr, o zaman reaksiya axıra qədər getməz. Məhlulda yalnız eyni ionlar qalar.

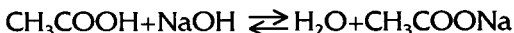
2. Əgər qarşılıqlı təsirdə olan ionlar qeyri-elektrolitlər və ya zəif elektrolitlər əmələ gətirərlərsə, o zaman:

a) reaksiya suda həll olan çox zəif elektrolitin əmələ gəlməsi istiqamətində praktiki olaraq axıra qədər gedər. Məsələn:



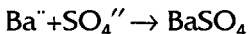
Burada reaksiyanın istiqamətini zəif elektrolit olan su müəyyən edir. Başqa sözlə desək, reaksiya zəif elektrolit olan suyun alınması istiqamətində gedir:

b) reaksiya zəif elektrolitin əmələ gəlməsi istiqamətində doğru axıra qədər o zaman getməz ki, istiqamətləndirici maddə həm başlanğıc, həm də əmələ gələn maddələr içərisində olsun. Məsələn:

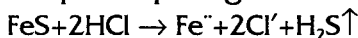


Burada reaksiyanı sağa doğru istiqamətləndirici maddə su, reaksiyanı sola doğru istiqamətləndirici maddə zəif elektrolit olan asetat turşusudur;

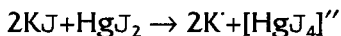
v) Əgər qarşılıqlı təsirdə olan ionlar çətin olan birləşmə əmələ gətirərsə, o zaman reaksiya həmin zəif həll olan birləşmənin əmələ gəlməsi istiqamətində praktiki olaraq axıra qədər gedər. Məsələn:



q) əgər qarşılıqlı təsirdə olan ionlar suda çətin həll olan qaz əmələ gətirərsə, o zaman reaksiya qazın əmələ gəlməsi istiqamətində praktiki olaraq axıra qədər gedər. Məsələn:



d) əgər qarşılıqlı təsirdə olan ionlar zəif dissosiasiya edən kompleks ionlar əmələ gətirərsə, o zaman reaksiya həmin kompleks ionların əmələ gəlməsi istiqamətində, praktiki olaraq axıra qədər gedər. Məsələn:



Yuxarıdakılara əsasən demək olar ki, əgər ionlar suda çox zəif həll olan elektrolit (neytral molekul və ya kompleks ion) əmələ gətirərsə, reaksiya praktiki olaraq axıra qədər gedər.

Beləliklə, Bertolle tərəfindən söylənilmiş qanun aşağıdakı kimi ifadə edilə bilər:

Mübadilə reaksiyası, suda çətin həll olan bərk maddə (çöküntü) və ya qazın zəif elektrolitin kompleks və ya mürəkkəb ionların alınması istiqamətində gedər.

Hazırda bu qanunun yalnız tarixi əhəmiyyəti vardır. Çünki reaksiyanın istiqaməti həm vəsfi və həm də miqdarı cəhətdən kütlələrin təsiri qanunu ilə çox gözəl aydınlaşır və reaksiyanın dönrlik dərəcəsi göstərilir.

### 3.1.2. Kütlələrin təsiri qanununun dönr reaksiyalara tətbiqi

Kimyəvi reaksiyaların sürəti vahid zamanda qarşılıqlı təcirdə olan maddələrin qatılığından, onun təbiətindən və temperaturundan, katalizatorlardan və s. asılıdır.

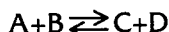
1867-ci ildə İsveç alimləri K.M. Quldberq və P. Vaaqə təcrübə yolla sübut etdilər ki, kimyəvi reaksiyaların sürəti, vahid zamanda reaksiyaya daxil olan maddələrin molyar qatılıqları hasililə düz mütənasibdir.

Bu qanunauyğunluq sonralar kütlələrin təsiri qanunu adını almışdır.

Qarşılıqlı təcirdə olan maddələrin qatılıqlarının kimyəvi reaksiyaların sürətinə göstərdiyi təsiri bir sıra proseslərdə asanlıqla müşahidə etmək olar. Məsələn, yanan maddələr havada olduğuna nisbətən oksigendə daha parlaq alovla və sürətlə yanirlar. Çünki havada olan oksigenin qatılığı saf oksigenə nisbətən çox azdır.

Kimyəvi reaksiya zamanı çöküntünün məhlulda əmələ gəlməsi və rəngli maddələrin alınması sürəti də həmin məhlulda olan ayrı-ayrı maddələrin qatılıqlarından asılıdır.

Fərz edək ki,



dönr reaksiyası mövcuddur. Burada A və B işarələri ilə reaksiyaya daxil olan maddələr, C və D işarələri ilə də reaksiya nəticəsində alınan maddələr göstərilmişdir.

Yuxarıda göstərdiyimiz qaydaya görə düz reaksiyanın sürəti reaksiyaya daxil olan A və B maddələrinin molyar qatılıqları hasililə düz mütənasibdir. Daha doğrusu:

$$v_1 = K_1[A] \cdot [B]$$

Burada,  $v_1$  - düzünə reaksiyanın sürətini;  $[A]$  və  $[B]$  - reaksiyaya daxil olan A və B maddələrinin molyar qatılığını; K isə düzünə reaksiyanın sürət sabitini göstərir.

Tərsinə reaksiyanın sürəti isə reaksiya nəticəsində alınan S və D maddələrinin molyar qatılıqları hasililə düz mütənasibdir. Daha doğrusu:

$$v_2 = K_2[C] \cdot [D]$$

Burada,  $v_2$  - tərsinə reaksiyanın sürətini;  $[C]$  və  $[D]$  reaksiya nəticəsində alınan C və D maddələrinin molyar qatılığını;  $K_2$  isə tərsinə reaksiyanın sürət sabitini göstərir.

Reaksiyaya daxil olan A və B maddələrinin qatılıqları getdikcə azalır. Ona görə də düzünə reaksiyanın sürəti ( $v_1$ ) yavaş-yavaş azalır. Reaksiya nəticəsində alınan C və D maddələrinin qatılıqları getdikcə artır. Bununla da dönər reaksiyanın sürəti ( $v_2$ ) yavaş-yavaş artır.

Nəhayət, elə bir vaxt gəlir ki, düzünə reaksiyanın sürəti ( $v_1$ ) tərsinə reaksiyanın sürətinə ( $v_2$ ) bərabər olur. Düzünə və tərsinə reaksiyaların sürətlərinin bir-birinə bərabər olduğu zaman dinamik kimyəvi tarazlıq alınır.

Kimyəvi tarazlıq halında zaman (temperatur və təzyiq sabit qalmaq şərtilə) vahid zaman ərzində nə qədər S və D maddələri alınarsa, bir o qədər də həmin müddətdə həmin maddələr parçalanaraq, A və V maddələrini əmələ gətirir.

Kimyəvi tarazlıq zamanı düz və dönər reaksiyanın sürətləri bir-birinə bərabər olur:

$$v_1 = v_2$$

Belə halda

$$K_1[A] \cdot [B] = K_2[C] \cdot [D] \quad (3)$$

(3) bərabərliyini məhlulda, yaxud qaz mühitində gedən hər hansı bir kimyəvi reaksiya üçün aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]} = K \quad (4)$$

Hər hansı bir dönər reaksiya üçün müəyyən temperaturda tarazlıq halında reaksiya nəticəsində əmələ gələn maddələrin molyar qatılıqlarının vurma hasilinin götürülən maddələrin molyar qatılıqlarının vurma hasilinə olan nisbəti sabit kəmiyyətdir. Həmin kəmiyyət tarazlıq sabiti adlanır.

(4) tənliyi kütlələrin təsiri qanununun riyazi ifadəsidir.

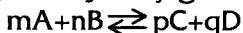
Tarazlıq sabiti düzünə reaksiyanın sürət sabitinin tərsinə reaksiyanın sürət sabitinə olan nisbətidir.

$$K = \frac{K_1}{K_2}$$

Tarazlıq sabitinin ədədi qiyməti temperatur və təzyiqdən asılı olaraq dəyişilir və praktiki olaraq qarşılıqlı təsirdə olan maddələrin qatılığından asılı deyildir.

Tarazlıq sistemini əmələ gətirən komponentlərin nisbi miqdarı tarazlıq sabitini (K) müəyyən edir. Tarazlıq sabiti göstərir ki, reaksiyada iştirak edən maddələrin hər biri tarazlığa təsir edir. Komponentlərdən birinin qatılığı dəyişdirilərsə, şübhəsiz ki, tarazlıq pozular. Tarazlıq sabiti olan K kəmiyyətinin sabit qalması üçün həmin tarazlıq sistemində başqa bir komponentin qatılığı dəyişilir. Başqa sözlə, tarazlıq sabiti həmin temperaturda, təzyiqdə və qatılıqda düzünə reaksiyanın tərsinə reaksiyadan neçə dəfə sürətlə getdiyini göstərir (yəni dönərlik dərəcəsini göstərir).

Əgər dönər reaksiya tənliyini aşağıdakı kimi yazsaq,



kütlələrin təsiri qanununa əsasən, kimyəvi tarazlıq zamanı reaksiyada iştirak edən maddələrin qatılıqları arasındakı nisbəti

$$\frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} = K \quad (5)$$

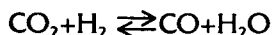
yazmaq olar.

Fərz edək ki, kimyəvi tarazlıq sabiti  $K=10^{-6}$ -dır. Bu o deməkdir ki,

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{1}{10^6};$$

daha doğrusu, həmin şəraitdə tərsinə reaksiya düzünə reaksiyadan 1.000.000 dəfə sürətlə gedir. Əgər  $K>1$  olarsa, düzünə reaksiya tərsinə reaksiyadan sürətlə gedər; əksinə, əgər  $K<1$  olarsa, tərsinə reaksiya düzünə reaksiyadan sürətlə gedər.

Kütlələrin təsiri qanunu vasitəsilə kimyəvi tarazlığı arzu edilən istiqamətə doğru yönəltmək mümkündür. Həmin məqsədlə karbon qazı ilə hidrogen arasında gedən dönər reaksiya tənliyini nəzərdən keçirək:



Fərz edək ki, tarazlıq alınmışdır. Belə olduqda, aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

$$\frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]} = K$$

Fərz edək ki, tarazlıq alındıqdan sonra reaksiya gedən qazlar qarışığına bir qədər hidrogen daxil edilmişdir. Belə olduqda, hidrogenin qatılığı artacaqdır.

$$\frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$$

nisbəti həmin proses üçün sabitdir. Burada kəsrin məxrəci artdığı üçün tarazlığın pozulmasına və düzünə reaksiyanın sürətinin müvəqqəti artmasına, yəni məxrəcin azalmasına səbəb olur. Beləliklə,  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2$  reaksiya zamanı  $\text{CO}$  və  $\text{H}_2\text{O}$  çevrilir. Sonradan  $\text{CO}$  və  $\text{H}_2\text{O}$  artması və  $\text{CO}_2$  ilə  $\text{H}_2$  azalması ilə əlaqədar olaraq pozulan tarazlıq yenidən yaranır. Bu zaman  $\text{CO}_2$ -nin qatılığı, hidrogen əlavə edilməsinə nisbətən azalmış,  $\text{CO}$  və  $\text{H}_2\text{O}$ -nun qatılığı isə artmış olur.

Burada, tarazlıq  $\text{CO}$  və  $\text{H}_2\text{O}$  alınması istiqamətində yerini dəyişir.

Yuxarıda deyilənlərdən çox mühüm olan aşağıdakı nəticəni çıxarmaq olar: dönər reaksiyalarda götürülən maddələrdən birinin praktiki olaraq tamamilə reaksiyaya daxil olub çevrilməsini təmin etmək üçün (məsələn, bizim misalda  $\text{H}_2$ -ni) o biri maddənin müəyyən miqdar artığını (bizim misalda  $\text{CO}_2$ -ni) əlavə etmək lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, kütlələrin təsiri qanununu zəif elektrolitlərə tətbiq edərkən, reaksiya zamanı qarşılıqlı təsir edən maddələrin qatılıqları bir normaldan azacıq da olsa artıq olduqda, alınan nəticə həqiqətdə olduğundan bir neçə faiz fərqli olur.

Kütlələrin təsiri qanununu qüvvətli elektrolitlərə tətbiq etdikdə, qarşılıqlı təsirdə olan maddələrin qatılıqları çox zəif olduqda belə, alınan nəticə həqiqətdə olduğuna nisbətən əhəmiyyətli dərəcədə fərqli olur. Ona görə də kütlələrin təsiri qanunu qüvvətli elektrolitlərə bu şəkildə tətbiq edilə bilməz.

Qeyd etmək lazımdır ki, (5) tarazlıq sabiti yalnız ideal məhlullarda reaksiya tənliyinə tətbiq edilə bilər. İdeal məhlullar, komponentlər (tərkib hissələri) arasında xüsusi cazibə qüvvəsi

olmayan və qarışdırılıqda heç bir enerji dəyişikliyi getməyən sistemlərə deyilir.

Bəzi hallarda real məhlullar, ideal və real qazlarda olduğu kimi, ideal məhlulların qanunlarına az tabe olurlar. Ona görə də kütlələrin təsiri qanununu real məhlullara tətbiq edərkən alınan nəticələr təxmini olur. Buna baxmayaraq praktikada çox zaman alınan təxmini düzgünlük kifayət edir.

### 3.1.3. Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi və onun vəsfi analizdə əhəmiyyəti. Zəif elektrolitlərin dissosiasiya sabiti

Suda məhlulda və ya ərinmiş halda elektrik cərəyanını keçirən maddələrə (turşulara, əsaslara və duzlara) elektrolitlər deyilir. Bunun əksinə, suda məhlulda və ərinmiş halda elektrin cərəyanı keçirməyən (məsələn şəkər, spirt, qliserin və s.) maddələrə qeyri elektrolitlər deyilir.

Turşu, əsas və duzların suda məhlullarının osmos təzyiqləri, elektrikkeçiriciliyi, elektrolizi, qaynama və donma temperaturları kimi fiziki və fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi nəticəsində məlum olmuşdur ki, həmin məhlullarda elektriklə yüklənmiş hissəciklər vardır.

1887-ci ildə Svante Arreniusun təklif etdiyi elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi üzrə turşu, əsas və duzları suda həll etdikdə, onların molekulları müsbət və mənfi yüklü hissəciklərə (ionlara) ayrılırlar. Müsbət yüklü ionlar kationlar, mənfi yüklü ionlar isə anionlar adlanır.

Elektron vermə və ya elektron qəbul etmə nəticəsində müsbət və ya mənfi elektrik yükünə malik olan atom və ya atomlar qrupuna ion deyilir. Müsbət yüklü ionlara hidrogen və metal ionları, mənfi yüklü ionlara isə hidroksil ionu və turşu qalıqları daxildir.

İonların yüklərinin sayı onların valentliklərinin sayına bərabərdir. Belə ki, bir yükü olan ionlar birvalentli, iki yükü olan ionlar ikivalentli və s. olurlar. İon müsbət yüklü daha doğrusu, kation olduqda həmin müsbət atomun simvolunun üstündə sağ tərəfdən müsbət (+) və ya ('), mənfi yüklü olduqda isə həmin

atomun simvolunun üstündə sağ tərəfdən mənfə (-) və ya ştrix (') yazılır.

Rus alimi İ.A.Kablukov, Arreniusun elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsini D.İ.Mendeleyevin hidrat nəzəriyyəsi ilə əlaqələndirərək aşağıdakı fikri söyləmişdir: elektrolitlər suda həll olduqda nəinki onların molekulları, həmçinin ionları da hidratlaşır. Bununla əlaqədar olaraq Kablukovun təklifinə görə hidratlaşmamış ionları (susuz mühitində ionlaşma) hidratlaşmış ionlardan (su mühitində ionlaşma) fərqləndirmək üçün, hidratların kationları üstündə nöqtə (·), anionları üstündə isə ştrix (') qoymaq lazımdır. Beləliklə, ərinmiş natrium-xloriddə dissosiasiyasını  $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ , su məhlulundakı dissosiasiyasını isə  $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^{\cdot} + \text{Cl}'$  yazmaq lazımdır.

Həmin qaydaya əsasən, biz elektrolitlərin suda dissosiasiyası nəticəsində alınmış ionların yüklərini nöqtə və ştrix ilə göstərəcəyik. Hər hansı bir molekul elektrik cəhətcə neytral olduğu üçün həmin molekul dissosiasiya etdikdə əmələ gətirdiyi müsbət və mənfə yüklərin cəbri cəmi sifra bərabər olmalıdır.

Həll olan maddənin ionları qaz molekulunun hərəkətinə oxşar şəkildə bir-birindən asılı olmayaraq həlledicinin molekulları arasında nizamsız olaraq hərəkət edirlər. Həmin hərəkət zamanı əks yüklü ionlar bir-biri ilə birləşərək yenidən molekul əmələ gətirirlər. Əmələ gələn molekullar yenidən ionlara dissosiasiya edirlər. Beləliklə, dissosiasiya prosesi dönməz olub, dissosiasiya etməmiş molekullarla ionlar arasında kimyəvi tarazlıq yaranır. Həmin tarazlıq da tarazlıq sabiti ilə xarakterizə olunur. Beləliklə, kimyəvi tarazlıqda olan proseslərə kütlələrin təsiri qanununu tətbiq etmək olar. Fərz edək ki, KA-dan ibarət elektrolit molekulu suda həll edilmiş və nəticədə o, kationa (K) və aniona (A') dissosiasiya etmişdir:



Dissosiasiya etməmiş KA molekulları qatılığını [KA], dissosiasiya nəticəsində alınan kationun qatılığını [K], anionun qatılığını isə [A'] ilə göstərək. Kütlələrin təsiri qanununu (1) tənliyinə tətbiq etsək,

$$\frac{[\text{K}][\text{A}']}{[\text{KA}]} = K$$



yazmaq olar.

Burada, K tarazlıq sabiti yox, dissosiasiya sabiti adlanır. Göstərilən tənlikdən görünür ki, K nə qədər çox olarsa, tarazlıq zamanı ionların qatılığı da bir o qədər çox olar; ionların qatılığı nə qədər çox olarsa, həmin elektrolit də bir o qədər çox dissosiasiya etmiş olar. Məhlulda  $[K^+]$  və  $[A^-]$  ionlarının qatılığı dəyişərsə, o zaman dissosiasiya etməmiş  $[KA]$  molekullarının qatılığı da dəyişəcəkdir. Çünki, K sabit temperaturda hər-hansı bir maddə üçün həmişə sabitdir.

Elektrolit məhlulları üçün mühüm və səciyyəvi kəmiyyətlərdən biri də dissosiasiya dərəcəsidir. Dissosiasiya dərəcəsinə  $\alpha$ , dissosiasiya etmiş molekulları  $a$ , və ümumi götürülmüş molekulların sayını  $x$  ilə işarə etsək, o zaman dissosiasiya dərəcəsinə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\alpha = \frac{a}{x}$$

Elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi ölçüsüz (müərrəd) ədəddir. O qüvvətli elektrolitlərdə vahid, zəif elektrolitlərdə isə vahiddən kiçik olur. Dissosiasiya etmiş molekulların miqdarını faizlə göstərmək üçün  $\alpha$  ədədini 100-ə vurmaq lazımdır. Məsələn, 0,1 molyar asetat turşusu üçün  $\alpha=0,0134$ -ə bərabədirsə, bu o deməkdir ki, göstərilən qatılıqda hər qram-mol asetat turşusundan 0,0134 qram-molu və ya 1,34%-i ionlaşmışdır; 0,9866 qram-molu və ya 98,66%-i isə dissosiasiya etməmişdir.

Arrenius, dissosiasiya qabiliyyətinə görə bütün elektrolitləri üç qrupa bölmüşdür:

1. Qüvvətli elektrolitlər - dissosiasiya dərəcəsi 30%-dən artıq olan elektrolitlərdir.
2. Orta qüvvədə olan elektrolitlər - dissosiasiya dərəcəsi 5-30% olan elektrolitlərdir.
3. Zəif elektrolitlər - dissosiasiya dərəcəsi 5%-dən aşağı olan elektrolitlərdir.

Qüvvətli elektrolitlərə xlorid, bromid, nitrat, sulfat, permanganat və s. turşuları; natrium-, kalium-, bariyum- hidroksidləri və bir çox duzlar daxildir. Arrenius nəzəriyyəsinə görə qüvvətli

elektrolitlər üçün nəzərə çarpacaq dərəcədə dissosiasiya və bununla da yaxşı elektrikkeçiricilik qabiliyyəti səciyyəvidir.

Zəif elektrolitlərə, əsasən bütün üzvi turşular (asetat, qarışqa, benzoı turşuları və s.) sianid, borat, sulfid turşuları, ammonium-hidroksid, su, habelə cıvə 2-xlorid, alüminium-asetat kimi bəzi duzlar daxildir.

Məlumdur ki, zəif elektrolitlər elektriki çox zəif keçirirlər. Lakin bununla belə qüvvətli və zəif elektrolitlər arasında kəskin sərhəd qoymaq olmaz.

Orta qüvvətli elektrolitlərə fosfat, arsenat, peryodat, xromat, sulfid turşuları və bir sıra başqa birləşmələr daxildir.

Məhlulun elektrikkeçirməsini ölçməklə elektrolitin dissosiasiya dərəcəsini təyin etmək olar.

Bir qayda olaraq dissosiasiya dərəcəsinə mütənəşib olan məhlulun ekvivalent elektrikkeçiriciliyini təyin edirlər.

Məhlulun durulaşdırılması çoxaldıqca onun dissosiasiya dərəcəsi də çoxalır. Durulaşdırma sonsuz böyük olduqda, dissosiasiya dərəcəsi vahidə yaxınlaşır.

Təcrübə göstərir ki, məhlulu durulaşdırdıqca onun ekvivalent elektrikkeçiriciliyi ( $\lambda$ ) tədricən artır və sonsuz durulaşdırmada son həddinə ( $\lambda_{\infty}$ ) yaxınlaşır.  $\lambda$  qiyməti ya dissosiasiya dərəcəsinin artmasından, ya da ionların hərəkət sürətinin çoxalmasından asılıdır. Məhlulun ekvivalent elektrikkeçiriciliyinin hər hansı durulaşdırmanın qiymətinin sonsuz durulaşdırma qiymətinə olan nisbəti elektrolitik dissosiasiya dərəcəsi kəmiyyətini verir:

$$\frac{\lambda}{\lambda_{\infty}} = \alpha$$

Elektrolitlərin dissosiasiya dərəcəsinin analitik kimyada çox böyük əhəmiyyəti vardır. Çünki müəyyən maddələrin kimyəvi fəallığı dissosiasiya dərəcəsi ilə xarakterizə olunur. Bunu aşağıdakı misalla aydınlaşdırmaq: xlorid və asetat turşularının 1N məhlullarının elektrikkeçiriciliyini təyin edərkən məlum olmuşdur ki,

---

\* Bir-birindən bir sm aralı yerləşmiş elektrodlar arasında 1 q-a ekvivalent həll edilmiş maddə olan məhlulun elektrikeçiriciliyinə ekvivalent elektrikeçiricilik deyilir.

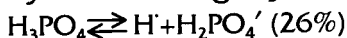
xlorid turşusu asetat turşusuna nisbətən çox yaxşı dissosiasiya edir. Xlorid və asetat turşularının eyni miqdarda olan məhlulları içərisinə eyni miqdarda sink metalı parçası salınsa, o zaman xlorid turşusu məhlulundan hidrogen şiddətlə; asetat turşusu məhlulundan isə çox yavaş çıxacaqdır.

Xlorid və asetat turşusu məhlulları fəallıqlarının müxtəlif cür olmaları ilə əlaqədar olaraq, bəzi çətin həll olan çöküntülərin onlarda həll olmaları da müxtəlifdir. Həqiqətən, bir sıra maddələr vardır ki, onlar xlorid turşusunda yaxşı həll olduqları halda, asetat turşusunda həll olurlar. Məsələn:  $BaCrO_4$ ,  $CaC_2O_4$ ,  $ZnS$  və s.

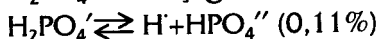
Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə görə yuxarıda göstərilənlərin səbəbi tamamilə aydındır. Məlumdur ki, elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə görə turşuların xassələri hidrogen ionları ilə xarakterizə olunur. Həqiqətən, bütün turşuların suda məhlullarında hidrogen ionları vardır. Turşulara xas olan bütün xassələr, məsələn, turşu dad, bənövşəyi lakmusun qırmızı rəngə boyanması, hidrogenin ayrılması ilə bəzi metalları həll etmək qabiliyyəti, əsasları neytrallaşdırmaq qabiliyyəti və s. məhz sərbəst hidrogen ionlarının olması ilə xarakterizə olunur. Ona görə də çox hidrogen ionları verən, daha doğrusu, qüvvətli dissosiasiya edən turşular qüvvətli elektrolitlər hesab olunur.

Turşular kimi qələvilər də suda həll edildikdə, bir çox ümumi xassələrə malik olurlar ki, bu da hidrosil ionları ilə xarakterizə edilir. Qələvilərin qüvvətləri, dissosiasiya edərək məhlula verdikləri hidrosil ionlarının miqdarı ilə təyin olunur. Əsaslara xas olan bütün xassələr, məsələn, qələvilik dadı, qırmızı lakmusun abı rəngə boyanması, turşuları neytrallaşdırmaq qabiliyyəti məhz sərbəst hidrosil ionlarının olması ilə xarakterizə olunur. Ona görə də əsasların qüvvətləri, dissosiasiya zamanı məhlula göndərdikləri  $OH'$  ionlarının qatılığı ilə təyin edilir.

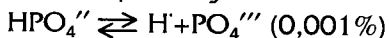
Çoxəsaslı turşular və əsaslar pilləli dissosiasiya edirlər. Məsələn, 0,1N üçəsaslı fosfat turşusu molekulu dissosiasiya edərək birinci növbədə yalnız bir hidrogen yonu ayrılır:



Əmələ gələn  $H_2PO_4'$  ionu aşağıdakı kimi dissosiasiya edir:

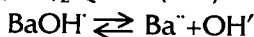


Nəyahət, ayrılan  $\text{HPO}_4''$  ionu yenə də dissosiasiya edir:

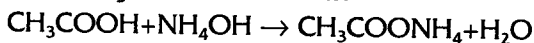


Buradan aydın görünür ki, 0,1N fosfat turşusu birinci pillədə daha çox (26%) dissosiasiya edir.  $\text{H}_2\text{PO}_4'$  ionu zəif,  $\text{HPO}_4''$  ionu isə daha zəif dissosiasiya edir. Beləliklə, fosfat turşusunun suda məhlulunda  $\text{H}^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4'$ ,  $\text{HPO}_4''$  və  $\text{PO}_4'''$  ionlarının hamısı az və ya çox miqdarda olur. Söz yox ki, yuxarıda göstərilən ionlardan məhlulda ən çox  $\text{H}_2\text{PO}_4'$ , ən azı isə  $\text{PO}_4'''$  olur.

Molekulunda birdən çox hidrosil qrupu olan əsaslar da pilləli dissosiasiya edirlər. Məsələn:



Duzlara kationla turşu qalıqlarından təşkil olunmuş elektrolit kimi baxmaq olar. Turşu və əsaslardan fərqli olaraq duzların əksəriyyəti qüvvətli elektrolitlərdir. Zəif turşularla zəif əsaslardan əmələ gələn duzların bəziləri də qüvvətli elektrolitlərdir. Məsələn,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  və s. Əgər asetat turşusu və ya ammonium-əsasının eyni qatılıqda olan məhlulları içərisindən ayrı-ayrılıqda elektrik cərəyanı keçirilərsə, o zaman dövrəyə daxil edilmiş elektrik lampası çox zəif qızaracaqdır. Göstərilən məhlulları bir-birinə qarışdırdıqdan sonra oraya elektrodlar salınaraq dövrə təşkil edilərsə, o zaman elektrik lampası parlaq qızaracaqdır. Bunun isə səbəbi aydındır. Belə ki, zəif dissosiasiya edən asetat turşusu ilə ammonium-hidroksid məhlulları bir-birilə qarışdırıldıqda, yaxşı dissosiasiya edən duz alınır:



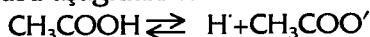
Lakin  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{HgBr}_2$ ,  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{J}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  və  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$  kimi duzlar vardır ki, onların dissosiasiya dərəcəsi çox azdır.

Hər hansı bir elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi şəraitdən asılıdır. Bu şərait birinci növbədə həll olan maddənin qatılığıdır. Məhlulu durulaşdırdıqca hər bir elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi artır. Məsələn, 1 l-də 10 q-mol (365 q) HCl olan xlorid turşusu 17% dissosiasiya etdiyi halda, həmin həcmdə 0,1 q-mol (3,65 q) HCl olan xlorid turşusu 91% dissosiasiya edir. Buradan aydın olur ki, məhlulu durulaşdırdıqca dissosiasiya dərəcəsi də artır.

Bunun səbəbini aydınlaşdırmaq üçün dissosiasianın döner proses olmasını xatırlamaq lazımdır. Məlumdur ki, məhlul nə qədər çox durulaşdırılarsa, bir o qədər də əks yüklü ionların rastlaşma ehtimalı azalar və nəticə etibarilə sərbəst ionlardan dissosiasiya etməmiş molekullar az əmələ gələr.

Elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi temperaturdan da asılıdır. Temperaturun dəyişməsi dissosiasiya dərəcəsinə müxtəlif cür təsir edir. Məsələn, zəif turşu və əsasların dissosiasiyası  $0^{\circ}$  ilə  $40^{\circ}$  arasında çoxalır, daha yüksək temperaturda isə azalır.

Elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi məhlulda eyni adlı ionu olan elektrolitin iştirakından da asılıdır. Eyni adlı ionu olan elektrolitlərə hər hansı bir turşunun və onun duzunun məhlulunu misal göstərmək olar (məsələn,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  və  $\text{CH}_3\text{COONa}$  kimi). Bunu aydınlaşdırmaq məqsədilə fərz edək ki, asetat turşusu məhlulu üzərinə natrium-asetat məhlulu tökülmüşdür. Məlumdur ki, asetat turşusu aşağıdakı tənlik üzrə dissosiasiya edir:



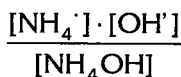
Asetat turşusu məhluluna natrium-asetat məhlulu əlavə etdikdə, biz  $\text{CH}_3\text{COO}'$  ionlarının miqdarını  $\text{H}^+$  ionlarının miqdarına nisbətən çox artırmış oluruq. Bunun nəticəsində

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}']}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

kəsrin sürəti çox artacaq və kəsrin qiyməti dissosiasiya sabitinin qiymətindən çox olacaq. Pozulmuş tarazlığın bərpa olunması  $\text{H}^+$  və  $\text{CH}_3\text{COO}'$  ionlarının birləşməsi nəticəsində baş verir. Nəticədə dissosiasiya etməyən molekulların  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sayı artır. Beləliklə, zəif elektrolit məhluluna (bizim halda  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) eyni adlı ionu olan hər hansı bir qüvvətli elektrolit ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  və s.) məhlulu əlavə edilərsə, zəif elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi azalar. Bununla əlaqədar olaraq asetat turşusu məhlulunda  $\text{H}^+$  ionlarının qatılığı çox azalır, nəticədə asetat turşusu öz duzunun iştirakı zamanı özünü daha zəif turşu kimi aparır. Bu qaydadan istifadə edərək, çox zaman analizdə məhlulun turşuluğunu azaldırlar.

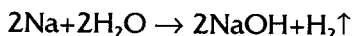
Zəif elektrolitin dissosiasiya tarazlığının yönəlməsinə nəinki məhlulda olan ionlardan birinin qatılığını artırmaqla, həmçinin onu azaltmaqla da nail olmaq olar. Məsələn, ammonium-

hidroksidin OH' ionlarını hər hansı bir turşu əlavə etməklə dissosiasiya etməyən H<sub>2</sub>O molekuluna çevirmək olar; beləliklə,



kəsrinin sürəti kəskin şəkildə azalacaq və yuxarıdakı kəsrin qiyməti K qiymətindən kiçik olacaq. Nəticədə NH<sub>4</sub>OH molekulunun dissosiasiya prosesi güclənəcək, OH' ionların qatılığı məhlulda artacaq və kəsrin qiyməti yenə də artacaq. Beləliklə, kimyəvi tarazlıqda olan maddələrin birini qarşılıqlı təsir dairəsindən kənar etdikdə biz həmin maddənin yeni miqdarlarının əmələ gəlməsinə şərait yaradırıq.

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə əsasən turşu, əsas və duzların suda məhlullarından elektrik cərəyanı keçirdikdə, məhlulda olan müsbət və mənfi ionlar əks işarəli qütblərə: müsbət ionlar katoda, mənfi ionlar isə anoda doğru hərəkət edirlər. İonlar elektrodlarda öz yüklərini itirərək elektroneytral atomlara çevrilirlər. Həmin elektroneytral atomlar isə ya elektrodun üzərinə çökür, ya qaz halında çıxır, ya yenidən reaksiyaya daxil olurlar. Məsələn, xlorid turşusu məhlulunu elektroliz etdikdə, katodda hidrogen, anodda isə xlor ayrılır. Xörək duzunun suda məhlulunu elektroliz etdikdə, anodda sərbəst xlor ayrılır; katodda isə natrium metalının ayrılmasını gözləmək olardı. Lakin katodda natrium yox, hidrogen ayrılır. Bunun səbəbi odur ki, natrium ionu katoda çatan kimi ondan bir elektron alır və sərbəst natrium atomuna çevrilir. Lakin natrium atomu dərhal su ilə reaksiyaya daxil olur və nəticədə natrium-əsas və sərbəst hidrogen ələmə gətirir.



Beləliklə, elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə görə elektroliz zamanı elektrik cərəyanı molekulları ionlara parçalamır; elektrik cərəyanı yalnız məhlulda olan ionları elektrodla doğru istiqamətləndirir.

Bəs elektrolitlərin suda dissosiasiya etməsinin səbəbi nədir?

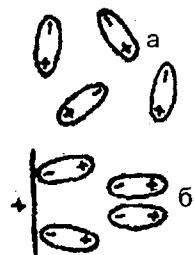
Elektrolit məhlulunun dissosiasiya etməsinə səbəb, məhlulda elektrolitin yaxınlığında olan oriyentasiya etmiş su molekullarının elektrolit molekulunu cəzb etməsidir. Məlumdur ki, su molekulu qeyri-simmetrik quruluşludur.

Ona görə də  $H_2O$  molekulunda mənfə və müsbət yüklərin elektrik ağırlıq mərkəzləri bir-birinin üzərinə düşür; onlar fəzədə iki müxtəlif nöqtədə yerləşirlər. Belə molekulara elektrik-dipol molekulalar və ya ümumi kimya kursundan məlum olduğu kimi, polyar molekulalar deyilir. Müxtəlif işarəli yüklərin elektrik ağırlıq mərkəzləri arasındakı məsafə müxtəlif molekulalarda müxtəlif olacaqdır. Bununla əlaqədar olaraq bu molekulaların polyarlığı da müxtəlif olacaqdır.

Molekulun nə dərəcədə polyar olmasını dipol məsafəsi anlayışı ilə müəyyən etmək olar. Dipol məsafəsi, molekulda olan müsbət və mənfə yüklərin mərkəzləri arasındakı məsafə deməkdir. Dipolun uzunluğu molekulun polyarlığını xarakterizə edir. Dipolların ədədi qiymətləri adətən anqstrom ilə göstərilir. Bir anqstrom  $10^{-8}$  santimetrə bərabərdir.

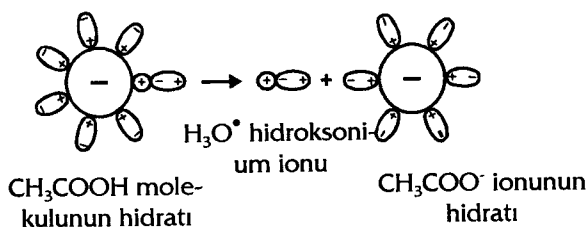
Qeyri-polyar molekulalar, şəraitdən asılı olaraq polyarlaşa bilərlər. Qeyri-polyar molekulalarda dipolun meydana çıxması, bilavasitə onun deformasiyası ilə əlaqədardır.

Polyar molekulalar sabit dipola malikdirlər. Onlara xaricdən təsir olmadan öz dipollarını dəyişməzlər. Nizamsız düzölmüş (şəkil, 31a) polyar molekulalar xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə öz dipollarının əks yüklü ucları ilə sahəyə doğru çevrilir. Yəni ona (sahəyə) doğru müəyyən şəkildə oriyentasiya edir (şəkil 31b).



Şəkil 31.

Qeyri-polyar molekulaların polyarlaşması

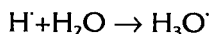


Şəkil 32.

Asetat turşusu molekulunun elektrolitik dissosiasiya sxemi

Zəif elektrolitlərin dissosiasiya prosesi 32-ci şəkildə asetat turşusu misalında göstərilmişdir. Burada (+) və (-) işarəli dairələrə, həll edilmiş maddə molekulunun ionları mənfi və müsbət qütblü ellipslə suyun dipolu göstərilmişdir.

Deyilənlərdən aydın olur ki, məhlula keçən ionlar heç zaman sərbəst olmurlar. Çünki dissosiasiyaya məruz qalmış və nəticədə məhlula keçmiş ionlar su dipolları ilə əhatə olunurlar. Suyun dipolu ilə ionların belə birləşmələri ion hidratı adlanır. Çox zaman belə hidratlaşmış ionların əmələ gəlməsi şübhəsizdir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, sulu məhlullarda sərbəst hidrogen ionu  $H^+$  (daha doğrusu, proton) ola bilməz; o dərhal su molekulu ilə birləşib hidrat əmələ gətirir ki, o da hidroksonium adlanır.



Metal ionları da tamamilə bunun kimi hidratlaşır. Beləliklə, elektrolitik dissosiasiya nəticəsində ionlar yox, ionların su ilə birləşmələri - hidratları alınır.

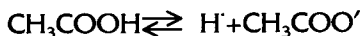
Görünür ki, turşuluq xassəsini törədən hidrogen ionları yox, məhlulda əmələ gələn hidroksonium ionlarıdır. Lakin reaksiya tənliliklərində, sadə olmaq üçün ionların hidratsız düsturlarını yazmaq qəbul edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, Arrenius nəzəriyyəsilə məhlullarda gedən bir çox hadisələri düzgün izah etmək mümkündür. Lakin həmin nəzəriyyədə bəzi nöqsanlar da vardır. Belə ki, Arrenius nəzəriyyəsi məhlulda olan ionlarla onların elektrik yükləri arasında olan qarşılıqlı təsiri nəzərə almır.

D.İ. Mendeleeyevin hidrat nəzəriyyəsinə əsaslanan İ.A. Kablukov göstərmişdir ki, məhlullara, həlledici ilə həll olan maddə hissəciklərinin qarşılıqlı təsiri olmayan sistem kimi baxmaq olmaz. Arrenius baxışlarından fərqli olaraq Kablukov göstərmişdir ki, həll olan maddənin ionları su molekulları ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq kimyəvi birləşmələr - hidratlar əmələ gətirir. Çox zaman hidratlaşmış ionlar hidratlaşmamış ionlardan, hətta fiziki əlamətlərinə görə də fərqlənirlər. Məsələn,  $Cu^{2+}$  ionu ağ rənglidir. Lakin onun hidratlaşmış ionu olan  $[Cu(OH_2)_4]^{2+}$  göy rənglidir; yaxud  $Co^{2+}$  ionu tutqun göy rəngli olduğu halda, hidratlaşmış ionu olan  $[Co(OH_2)_6]^{2+}$  açıq çəhrayı rənglidir.



Elektrolit molekulların dissosiasiya prosesi dönərdir: əks yüklü ionların solvatları məhlulda bir-birilə toqquşarkən onlarda olan müxtəlif yüklərin hesabına yenidən bir-birilə birləşib molekulların solvatlarını əmələ gətirirlər. Hidratlaşma suyunu nəzərə almasaq  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dissosiasiya prosesini aşağıdakı sadələşmiş tənliklə göstərmək olar.



Hər bir dönər proses kimi dissosiasiya da kimyəvi tarazlığa gətirib çıxarır və kütlələrin təsiri qanununa tabe olur.

Beləliklə,

$$\frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}']}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K$$

yazmaq olar və yaxud ümumi halda

$$\frac{C_k \cdot C_a}{C_m} = K \quad (1)$$

Burada  $C_k$  və  $C_a$  - kation və anionun uyğun qatılıqlarıdır,  $C_m$  isə verilmiş elektrolitin dissosiasiya etməyən molekulların qatılığıdır.  $K$  - elektrolitin dissosiasiya sabiti adlanır. O elektrolitin ionlara ayrılması meylliyinin ölçüsüdür. Həqiqətən birinci tənlikdən görünür ki,  $K$ -nın qiyməti nə qədər çox olarsa,  $C_k$  və  $C_a$  ionlarının qatılıqları bir o qədər çox olur, yəni verilmiş elektrolit bir o qədər çox dissosiasiya etmiş olur.

Binar elektrolit olduqda, (məsələn  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) onun hər bir molekulu ionlaşarkən bir kation ( $\text{H}^+$ ) və bir anion ( $\text{CH}_3\text{COO}'$ ) əmələ gətirdiyindən dissosiasiya sabiti tənliyini asanlıqla başqa şəkllə salmaq olar. Əgər məhlulda  $C$  mol asetat turşusu varsa və onun dissosiasiya dərəcəsi  $\alpha$ -ya bərabərdirsə, onda  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dissosiasiya edən mollarının qatılığı  $C \cdot \alpha$  bərabər olacaq və

$$C_k = C_a = C \cdot \alpha$$

Dissosiasiya etməyən asetat turşusu mollarının qatılığı  $C_m$ , turşunun ümumi qatılığından ( $C$ ) ionlaşan molların sayını çıxmaqla ( $C\alpha$ ) tapılır.

$$C_m = C - C\alpha = C(1 - \alpha)$$

(1) tənliyində alınan  $C_k$ ,  $C_a$  və  $C_m$  qiymətlərini yerinə qoydu-

$$\text{qda } \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} = K \text{ alarıq və yaxud}$$

$$\frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = K \quad (2)$$

Bu tənlik Ostvaldın durulaşdırma qanunu adı ilə məlum olan qanunu ifadə edir. O zəif elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi ilə onun qatılığı arasında asılılığı müəyyən edir.

Əgər elektrolit kifayət qədər zəif və məhlul çox duru deyilsə, onda onun dissosiasiya dərəcəsi  $\alpha$  kiçik olur və  $(1-\alpha)$  ədədi vahiddən az fərqlənir.

Belə hal üçün

$$C\alpha^2 \approx K \text{ və ya } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$$

yazmaq olar.

Buradan görünür ki, məhlul durulaşdırıldıqca, yəni  $C$  qiyməti azaldıqca dissosiasiya dərəcəsi artmalıdır.

Hər hansı bir verilmiş  $C$  qatılığı üçün elektrolitin dissosiasiya dərəcəsinə  $\alpha$  təcrübi yolla ölçüb və bu ədədləri (2) tənlikdə yerinə qoyduqda onun dissosiasiya sabitini təyin etmək asandır. Müəyyən edilmişdir ki, elektrolitin qatılığı azaldıqca dissosiasiya dərəcəsi artır, lakin dissosiasiya sabiti dəyişmir.

Kütlələrin təsiri qanunun da mahiyyəti ondadır ki, məhlulun qatılığı dəyişdikcə  $K$  qiyməti dəyişmir.

### 3.1.4. Qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəsi

Kütlələrin təsiri qanunu, ümumiyyətlə, qeyri-elektrolitlərə və durulaşdırılmış zəif elektrolit məhlullarına tətbiq edilə bilər. Qüvvətli elektrolitlər kütlələrin təsiri qanununa tabe olmurlar. Bu o deməkdir ki, əgər hər hansı bir qüvvətli elektrolitin müxtəlif

qatılıqları üçün  $\alpha$  ədədini təyin edib  $\frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = K$  tənliyində yerinə

qoysaq, o zaman  $K$ -nın qiyməti sabit olmaz.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, zəif elektrolitlərin elektrolitik dissosiasiya sabiti dəyişmir və təcrübi olaraq məhlulun qatılığından asılı deyildir. Məsələn, otaq temperaturunda 1; 0,1; 0,01N asetat turşusu məhlulunun dissosiasiya sabiti  $1,82 \cdot 10^{-5}$ -ə bərabərdir. Lakin, qüvvətli elektrolit olan kalium-xloridin müxtəlif qatılıqda məhlullarının dissosiasiya sabitləri müxtəlifdir.

Cədvəl 3. Müxtəlif qatılıqda KCl-in dissosiasiya dərəcəsi və sabiti ( $18^{\circ}\text{C}$ -də)

Məhlulun qatılığı (C), mol/l	Dissosiasiya dərəcəsi kəmiyyəti, $\alpha$	Hesablanmış dissosiasiya sabiti kəmiyyəti
2	0,712	3,52
1	0,756	2,34
0,5	0,788	1,46
0,1	0,862	0,536
0,01	0,942	0,152

3-cü cədvəldən aydın görünür ki, məhlul durulaşdırılıqda dissosiasiya dərəcəsi  $\alpha$  kəmiyyəti artır, lakin hesablanmış dissosiasiya sabiti kəmiyyəti azalır. Bunun kimi müxtəlif qatılıqlı başqa qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya sabitləri arasında da böyük fərq olduğu müəyyən edilmişdir. Deməli, zəif elektrolitlərdən fərqli olaraq qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya sabitləri yoxdur.

Qüvvətli elektrolit məhlullarının kütlələrin təsiri qanununa tabe olmaması və Arreniusun klassik elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə zidd olması uzun müddət izahını tapa bilməmişdir. Yalnız 1923-cü ildə Amerika alimləri P. Debay və E. Hükkel tərəfindən irəli sürülmüş qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəsi yuxarıdakı suala cavab verə bilməmişdir.

Həmin nəzəriyyəyə əsasən zəif elektrolitlərdən fərqli olaraq qüvvətli elektrolitlər suda həll edildikdə tamamilə, yəni 100% dissosiasiya edir. Bunu aşağıdakılar sübut edir:

1. Optik və spektroqrafik tədqiqat yolu ilə qüvvətli elektrolit məhlullarını analiz edərkən onlarda dissosiasiya etməmiş mole-

kulların xarakter xassələri tapılmamışdır. Qüvvətli elektrolit məhlullarında dissosiasiya etməmiş molekulara xas olan spektr xətləri müşahidə edilmir.

2. Müəyyən edilmişdir ki, bərk halda qüvvətli elektrolitlərin kristal quruluşları ion qəfəsinə malikdirlər. Ona görə də həmin duzları həll etdikdə məhlula ionlar keçir.

3.  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  və s. kimi rəngli hidratlaşmış ionların işıqudma intensivliyi, onların ümumi qatılığı ilə düz mütənasibdir ki, bu da həmin ion duzlarının məhlulda tamamilə dissosiasiya etməsini göstərir.

Göstərilənlərdən aydın olur ki, qüvvətli elektrolitlər suda 100% dissosiasiya edir. Belə olduğu halda, bəs nə üçün qüvvətli elektrolit məhlullarının elektrikkeçiriciliyini, osmos təzyiqini, donma temperaturunun aşağı düşməsinə və ya qaynama temperaturunun artmasını təyin edərkən məlum olur ki, onlar 100% dissosiasiya etmirlər? Bu məsələni qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəsi aşağıdakı kimi izah edir:

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, çox zaman elektrolitik dissosiasiya dərəcəsini məhlulun elektrikkeçiriciliyi ilə təyin edirlər. Məhlulun elektrikkeçiriciliyi isə nəinki dissosiasiya dərəcəsindən, eyni zamanda ionların hərəkət sürətindən də asılıdır. Bərabər şəraitdə ionlar nə qədər sürətlə hərəkət etsələr, onlar bir o qədər də çox elektrik cərəyanı keçirirlər.

Arrenius nəzəriyyəsində, ionların hərəkət sürətinin yalnız onların təbiətindən asılı olduğu göstərilir; məhlulun qatılığından asılı olması nəzərə alınmır. Bununla əlaqədar olaraq məhlulu durulaşdırmaqla ekvivalent elektrikkeçiriciliyin artması effektinə, Arrenius nəzəriyyəsi, yalnız dissosiasiya dərəcəsinin artması kimi baxır.

Lakin qüvvətli elektrolitlərdə ionların hərəkət sürətinin məhlulun qatılığından asılı olmaması fikri heç bir zaman inandırıcı ola bilməz. Məlumdur ki, qüvvətli elektrolitlər dissosiasiya

---

\* Məhlulun elektrikkeçirməsi onun müqavimətini əks kəmiyyətindən ibarət olub, əks OM ilə ölçülür. Məsələn, məhlulun müqaviməti 100 OM-dursa, o zaman onun elektrik keçirməsi 0,01 əks OM-dur.

edərkən çoxlu miqdarda ionlar əmələ gətirirlər. Ona görə də həmin ionlar bir-birinə o qədər yaxın olurlar ki, cəzb etmə və itələmə qüvvəsi daha çox olur. Həmin qüvvələrin təsiri nəticəsində ionların hərəkət sürəti azalır.

Həqiqətən, ionlararası qüvvənin olması nəticəsində hər bir ionun ətrafına əks işarə ilə yüklənmiş başqa ionlar qruplaşır və beləliklə ion atmosferi və ya ion buludu əmələ gətirir. Həmin ion buludu ionların məhluldakı hərəkətini yavaşdır.

Məsələn, kalium-xlorid məhlulunda kalium ionunun ətrafında xlorid ionları, xlorid ionunun ətrafında isə kalium ionları qruplaşaraq ion buludu əmələ gətirir.

Qüvvətli elektrolit məhlullarının elektrikkeçiriciliyini ölçərkən onların sanki tamamilə dissosiasiya etmədiyi həmin elektrolitin ionlararası cazibə qüvvəsi ilə izah edilir. Elektrolit məhlulunun qatılığı nə qədər çox olsa, bir o qədər ion buludu sıx olar, bununla da ionların hərəkəti və elektrolitin elektrikkeçiriciliyi az olar.

Aşağı təzyiqdə real qazların xassələri ideal qazların xassələrinə yaxınlaşdığı kimi, çox durulaşdırılmış qüvvətli elektrolit məhlullarının xassələri də ideal məhlulların xassələrinə yaxınlaşır. Başqa sözlə, durulaşdırılmış məhlullarda ionlar arasındakı məsafə o qədər böyükdür ki, tədqiq edilən ionların qarşılıqlı cazibə və ya itələmə qüvvəsi nəhayət dərəcədə az olur və praktiki cəhətcə sıfır hesab etmək mümkündür.

Beləliklə, qüvvətli elektrolit məhlulları durulaşdırıldıqda elektrikkeçirmələrinin çoxalması, ionların hərəkət sürətinin artması, bununla da ionlararası cazibə və itələmə qüvvəsinin zəifləməsi ilə izah edilir.

Elektrolit nə qədər az dissosiasiya edərsə və məhlul nə qədər çox durulaşdırılırsa, o qədər ionlararası elektrik təsiri az olar və kütlələrin təsiri qanunundan da kənara çıxmaq az müşahidə olunar. Əksinə, elektrolit nə qədər çox dissosiasiya edərsə və məhlulun qatılığı nə qədər çox olarsa, ionlararası elektrik təsiri bir o qədər çox olar və kütlələrin təsiri qanunundan kənara çıxmaq da çox müşahidə olunar. Beləliklə, qüvvətli elektrolitlərin

kütlələrin təsiri qanunundan kənara çıxması, ionların hərəkətlərinin dəyişməsilə əlaqədar olub, öz növbəsində qatılıqdan asılıdır.

İonlararası qüvvə nəinki məhlulun elektrikkeçiriciliyini azaldar, o eyni zamanda osmos təzyiqinə məhlulun donma və qaynama temperaturuna və ionların kimyəvi təsir qabiliyyətinə də təsir göstərir.

### 3.1.5. Fəallıq. Fəallıq əmsalı. Məhlulun ion qüvvəsi

Qüvvətli elektrolit məhlullarının, kütlələrin təsiri qanununa, habelə, F.Raul və Vant-Hoff qanunlarına tabe olmamasını, həmin qanunların ideal qaz və maye sistemlərində tətbiq oluna bilən "ideal" qanunlar xarakteri daşması ilə izah etmək olar. Həmin qanunların nəticələrində və ifadələrində hissəciklərin (ionların və molekulların) sahə qüvvəsi nəzərə alınmamışdır. Ona görə də həmin qanunlar yalnız qeyri-elektrolit və zəif elektrolit sistemlərə tətbiq edilə bilər. Çünki qeyri-elektrolit və zəif elektrolitlərdə hissəciklərin sahə qüvvəsi təsiri ya heç yoxdur, ya da çox azdır.

Kütlələrin təsiri qanununun şəklini dəyişdirmək yolu ilə qüvvətli elektrolit məhlullarına tətbiq etmək üçün edilən bütün cəhdlər müsbət nəticə vermədi. Yalnız 1907-ci ildə Amerika alimi Lyuis bu məsələni müsbət şəkildə həll edə bildi. O təklif etdi ki, kütlələrin təsiri qanunu düsturunda molyar qatılığı ( $c$ ) fəallıq qatılığı ( $a$ ) ilə əvəz edilsin. Beləliklə elmə "fəallıq" anlayışının daxil edilməsi ideal sistemlər üçün istifadə olunan qanunların mahiyyətini dəyişdirməsə də onları real sistemlərə tətbiq etməyə və hesablamalar aparmağa imkan verir.

Kütlələrin təsiri qanununa əsasən daha dəqiq hesablamalar aparmaq üçün, hal-hazırda "fəallıq" anlayışından istifadə edirlər. İonun fəallığı dedikdə, onun kimyəvi reaksiyalarda təsir etdiyinə uyğun olan effektiv qatılığı başa düşülür. Məsələn, 0,1 M HCl məhlulunda  $H^+$  və  $Cl^-$  ionlarının fəallığı 0,0814-ə bərabədirsə, bu o deməkdir ki, həmin ionlar kimyəvi reaksiyalarda 0,1 q-ion/l qatılığında yox, 0,0814 q-ion/l qatılığında təsir edirlər. Fəallığın

---

\* 0,0814 kəmiyyəti  $H^+$  və  $Cl^-$  ionlarının orta fəallığıdır. O, bərabərdir:

$$a = \sqrt{a_k \cdot a_a} \quad a_k \text{ və } a_a \text{ kation və anionun fəallığıdır.}$$

ionun həqiqi qatılığına olan nisbətində fəallıq əmsalı ( $f_a$ ) deyilir. Göstərdiyimiz təsadüf üçün

$$f_a = \frac{0,0814}{0,1} = 0,814$$

Ümumi şəkildə fəallığı ( $a$ ), ionun qatılığını isə ( $c$ ) ilə göstərək, aşağıdakı düsturu alarıq:

$$f_a = \frac{a}{c}$$

Buradan da  $a = f_a \cdot c$  alınır.

Beləliklə, ionun fəallığı onun qatılığının uyğun fəallıq əmsalına vurma hasilinə bərabərdir. Sonsuz durulaşdırma zamanı qatılıq və fəallıq bir-birinə uyğun gəlir və fəallıq əmsalı vahidə yaxınlaşır.

Əgər tarazlıq halında tənliklərdə müəyyən maddənin qatılığı əvəzinə həmin maddənin fəallığını qoysaq, o zaman fəallıq, həmin maddənin tarazlıq vəziyyətinə təsir göstərəcəkdir.

Məsələn,  $A+B \rightleftharpoons C+D$  reaksiya tənliyi üçün

$$\frac{a_C \cdot a_D}{a_A \cdot a_B} = K$$

alınır.

$$\text{Yaxud } a = C \cdot f \text{ qiymətini yerinə qoysaq, } \frac{C_C \cdot f_C \cdot C_D \cdot f_D}{C_A \cdot f_A \cdot C_B \cdot f_B} = K$$

alınır.

İonun fəallıq əmsalı nəinki müəyyən elektrolit məhlulunun qatılığından, eyni zamanda məhlulda iştirak edən kənar ionların qatılığından da asılıdır.

Təcrübə göstərir ki, məhlulda ion qüvvəsi eyni olduqda fəallıq əmsalı da bərabər olur.

İon qüvvəsi ( $\mu$ ) Q.N.Lyuis və M.Rendelin 1921-ci ildə təklif etdiyi düsturla hesablanır:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + C_3 Z_3^2 + \dots + C_n Z_n^2) \quad (10)$$

Burada,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  və  $C_n$  - məhlulda iştirak edən ayrı-ayrı ionların molyar qatılığını;  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  və  $Z_n$  - həmin ionların yüklərini göstərir.

(10) düsturundan aydın olur ki, məhlulun ion qüvvəsi ( $\mu$ ) ionların qatılığının onların yüklərinin kvadratına vurma hasilini cəminin yarısına bərabərdir. (10) düsturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 \quad (11)$$

Məhlulun ion qüvvəsini hesablamaq üçün bir neçə misal göstərək:

1. NaCl-un 0,01M məhlulunun ion qüvvəsi neçədir?

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot C_{\text{Na}^+} + 1^2 \cdot C_{\text{Cl}^-}) = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01) = 0,01$$

Nəticə. K<sup>+</sup>An<sup>-</sup> tipli (məsələn, NaCl, KNO<sub>3</sub> və s.) bütün binar elektrolit məhlullarının ion qüvvəsi həmin məhlulun molyar qatılığına bərabərdir.

$$\mu = C$$

2. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ün 0,4M məhlulunun ion qüvvəsi nəyə bərabərdir?

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot C_{\text{Na}^+} + 2^2 \cdot C_{\text{SO}_4^{2-}}) = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,8 + 2^2 \cdot 0,4) = \frac{1}{2} (0,8 + 1,6) = 1,2$$

Nəticə. K<sup>+</sup>An<sub>2</sub><sup>-</sup> və ya K<sub>2</sub>An<sup>-</sup> tipli (məsələn CaCl<sub>2</sub> və ya K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> və s.). Elektrolit məhlullarının ion qüvvəsi həmin məhlulların molyar qatılıqlarının üç mislinə bərabərdir:

$$\mu = 3 \cdot C$$

3. K<sup>+</sup>An<sup>-</sup> tipli (məsələn, CuSO<sub>4</sub> və s.) elektrolit məhlullarının ion qüvvəsi həmin məhlulların molyar qatılıqlarının dörd mislinə bərabərdir:

$$\mu = 4 \cdot C$$

4. K<sub>3</sub>An<sup>-</sup> və ya K<sub>3</sub>An<sup>-</sup> tipli (məsələn, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> və ya Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> və s.) elektrolit məhlullarının ion qüvvəsi həmin məhlulların molyar qatılıqlarının altı mislinə bərabərdir:

$$\mu = 6 \cdot C$$

0,005 M CuSO<sub>4</sub> və 0,01 M Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-dən ibarət olan məhlulun ion qüvvəsini hesablayaq:



$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{2}(2^2 \cdot 0,005 + 2^2 \cdot 0,005 + 3^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,03) = \\ &= \frac{1}{2}(0,02 + 0,02 + 0,09 + 0,03) = \frac{1}{2} \cdot 0,16 = 0,08\end{aligned}$$

Yuxarıda göstərdiyimiz sadələşdirilmiş üsulla hesablanmış ion qüvvəsi də eyni nəticəni verir. Məsələn:

$$\mu = 4 \cdot C_{\text{CuSO}_4} + 6 \cdot C_{\text{Al(NO}_3)_3} = 4 \cdot 0,005 + 6 \cdot 0,01 = 0,08$$

Yuxarıdakı misallara əsasən ümumi şəkildə  $Kt_a^{n^+} An_b^{m^-}$  tipli elektrolitlər üçün məhlulun ion qüvvəsini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\mu = \frac{1}{2}(a \cdot [Kt^{n^+}] \cdot n^2 + b[An^{m^-}] \cdot m^2)$$

Burada a və b - indeksləri;  $Kt^{n^+}$  və  $An^{m^-}$  - ionların qatılığını göstərir.

Məhlulda iki və ya daha çox elektrolit iştirak etdikdə o zaman məhlulun ion qüvvəsinin cəmi hesablanır.

Məsələn, 1l-də 0,01q-mol  $\text{BaCl}_2$  və 0,1 q-mol  $\text{NaNO}_3$  olan məhlulun ion qüvvəsi

$$\mu = \frac{1}{2}[\text{Ba}^{2+}] \cdot 2^2 + 2[\text{Cl}^-] \cdot 1^2 + [\text{Na}^+] \cdot 1^2 + [\text{NO}_3^-] \cdot 1^2$$

Qüvvətli elektrolit olan  $\text{BaCl}_2$  və  $\text{NaNO}_3$ -ün suda məhlullarını tamamilə dissosiasiya etmiş hesab etdikdə,

$$\mu = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,13$$

olar.

Elektrolit molekullarının tam dissosiasiyası zamanı məhlulda ionların qatılığı çoxalır, bununla da məhlulun ion qüvvəsi artır, ionların fəalliq əmsalı isə əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

1921-ci ildə Lyuis və Rendel ion qüvvəsi qanununu kəşf etdilər. Həmin qanuna görə ionların fəalliq əmsalı bütün valentliklərdə və bütün durulaşdırılmış məhlullarda eyni ion qüvvəsinə malikdir. Lakin həmin qanun yalnız ion qüvvəsi 0,02 q-ion/l olan durulaşdırılmış sulu məhlullara tətbiq edilə bilər. Məhlulun

qatılığını artırıqda onun ion qüvvəsi həmin qanundan kənara çıxmağa başlayır.

Hal-hazırda analitik hesablamalar aparmaq üçün fəallıq əmsalinin təxmini kəmiyyətindən istifadə edirlər ki, o da 4-cü cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 4. Fəallıq əmsallarının qiymətləri

Məhlulun ion qüvvəsi, $\mu$	Fəallıq əmsalı, $f_a$					
	Biryüklü ionlar	İkiyüklü ionlar	Üçyüklü ionlar	Dördyüklü ionlar	H <sup>+</sup> üçün	OH <sup>-</sup> üçün
0,0005	0,975	0,903	0,800	0,670	0,975	0,975
0,001	0,964	0,870	0,730	0,580	0,970	0,964
0,0025	0,950	0,805	0,640	0,450	0,950	0,946
0,005	0,930	0,742	0,510	0,350	0,930	0,926
0,010	0,900	0,670	0,440	0,250	0,910	0,900
0,025	0,850	0,550	0,320	0,150	0,880	0,850
0,050	0,810	0,450	0,240	0,100	0,860	0,810
0,100	0,760	0,370	0,180	0,060	0,830	0,760
0,200	0,700	0,240	0,080	0,030	0,760	0,700

İonların fəallıq əmsalı ( $f$ ) elektrolitlərin çox durulaşdırılmış məhlulları üçün ( $\mu$ -nün qiyməti 0,1-dən çox olmadıqda), məhlulun ion qüvvəsindən asılılığını nisbətən sadə şəkil almış Deby-Hükkelin düsturu ilə hesablanılır:

$$\lg f = \frac{A \cdot Z^2 \sqrt{\mu}}{1 + \mu}$$

A - əmsalı göstərir. Onun ədədi qiyməti temperaturdan asılıdır.

$$(15^\circ\text{C-də } A=0,5)$$

Z - ionun yükünü göstərir.

$\mu$ -nün ədədi qiyməti 0,005-ə qədər olduqda ( $1+\mu$ ) kəmiyyəti vahidə çox yaxın olur. Belə halda Deby-Hükkel düsturunu aşağıdakı sadələşdirilmiş şəkildə yazmaq olar:

$$\lg f = -0,5Z^2 \sqrt{\mu} \quad (12)$$

(12) düsturundan istifadə edərək məhlulda ionların fəallığını və fəallıq əmsalını hesablamaq üsulu ilə tanış olaq:

1-ci misal. 0,005 M ZnCl<sub>2</sub> məhlulunda ionların fəallığını və fəallıq əmsalını hesablayın.

Həlli: 1. Həmin məhlulun ion qüvvəsi tapılır:

$$\mu = \frac{1}{2} [Zn^{2+}] \cdot 2^2 + 2[Cl^-] \cdot 1^2 = \frac{1}{2} (0,005 \cdot 4 + 2 \cdot 0,005 \cdot 1) = 0,015$$

2.  $\lg f = -0,5Z^2\sqrt{\mu}$  düsturuna əsasən verilmiş ionların fəallıq əmsalı hesablanır:

$$a) \lg f_{Zn^{2+}} = -0,5 \cdot 2^2 \sqrt{0,015} = -2\sqrt{1,5 \cdot 10^{-2}} = -0,245$$

Mənfi loqarifmdən ədəd almaq üçün başqa şəkllə salmaq lazımdır. Bunun üçün xarakteristikadan vahid çıxmaq, mantissaya isə vahid əlavə etmək lazımdır.

O zaman:

$$(0-1)(-0,245+1) = \bar{1},755 \text{ alınır.}$$

Alınan kəmiyyətin ədədi:

$$0,5689 \approx 0,57 \text{ olar.}$$

3. Yuxarıdakı qayda ilə xlorid ionunun fəallıq əmsalı tapılır:

$$b) \lg f_{Cl^-} = -0,5 \cdot 1^2 \sqrt{0,015} = -0,06125$$

-0,06125 mənfi loqarifmanı dəyişdirdikdə  $\bar{1},9387$  loqarifmi alınır ki, onun da ədədi  $\approx 0,87$  olar.

İonun tapılan fəallıq əmsalı 4-cü cədvəldə göstərilən təxmini fəallıq əmsalına tamamilə uyğun gəlir.

4. İonun fəallığının, onun molyar qatılığı ilə fəallıq əmsalının vurma hasilinə bərabər olduğunu bildiyimiz üçün aşağıdakıları yazmaq olar:

$$a_{Zn^{2+}} = C \cdot f = 0,005 \cdot 0,57 = 0,00285 = 2,85 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

$$a_{Cl^-} = C \cdot f = 0,005 \cdot 2 \cdot 0,87 = 0,0087 = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

2-ci misal. 1 l-də 0,001 mol  $(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3$  olan məhlulda ionların fəallığını hesablayın.

Həlli: 1. Məhlulun ion qüvvəsi hesablanır:

$$\mu = \frac{1}{2} ([NH_4^+]) \cdot 1^2 + [Fe^{3+}] \cdot 3^2 + [SO_4^{2-}] \cdot 2^2 =$$

$$= \frac{1}{2} [0,001(2 \cdot 1^2 + 2 \cdot 3^2 + 4 \cdot 2^2)] = \frac{1}{2} (0,001 \cdot 36) = 0,018 \approx 0,02$$

2. 4-cü cədvəldən istifadə edərək  $\mu=0,02$  olduqda, fəallıq əmsalının ( $f$ ) yuvarlaşdırılmış qiyməti tapılır:

$$f_{\text{NH}_4^+} = 0,87; f_{\text{Fe}^{3+}} = 0,28; f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,57$$

Buna əsasən

$$a_{\text{NH}_4^+} = 0,001 \cdot 2 \cdot 0,87 \approx 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

$$a_{\text{Fe}^{3+}} = 0,001 \cdot 2 \cdot 0,28 \approx 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ q-ion/l}$$

$$a_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,001 \cdot 4 \cdot 0,57 \approx 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

3-cü misal. 0,001 M  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  məhlulunun fəallıq əmsalını və fəallığını hesablayın.

Həlli: 1. Məhlulun ion qüvvəsi kəmiyyəti tapılır.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} ([\text{Fe}^{3+}] \cdot 3^2 + [\text{SO}_4^{2-}] \cdot 2^2) = \frac{1}{2} [0,001(2 \cdot 3^2 + 3 \cdot 2^2)] = \\ &= \frac{1}{2} (0,001 \cdot 30) = 0,015 \end{aligned}$$

2. Verilmiş ionların fəallıq əmsalı hesablanır:

$$\lg f_{\text{Fe}^{3+}} = -0,5 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{0,015} = -0,5880 = \bar{1},4510; f_{\text{Fe}^{3+}} \approx 0,28$$

$$\lg f_{\text{SO}_4^{2-}} = -0,5 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{0,015} = -0,2608 = \bar{1},7560; f_{\text{SO}_4^{2-}} \approx 0,57$$

Beləliklə,

$$a_{\text{Fe}^{3+}} = 0,001 \cdot 2 \cdot 0,28 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ q-ion/l}$$

$$a_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,001 \cdot 3 \cdot 0,57 = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

### 3.1.6. Real məhlullara tətbiq edilən tənlik

İdeal sistemlər üçün ifadə olunan qanunları real sistemlərə tətbiq etmək üçün "fəallıq" anlayışı elmə daxil edilmişdir. Kimyəvi tarazlığı xarakterizə edən tənliklərdə maddənin molyar qatılığı yerinə onun fəallığını qoysaq, o zaman fəallıq maddənin elektrostatik qarşılıqlı təsirini, bununla da tarazlıq vəziyyətini dəqiq xarakterizə edər. Beləliklə, fəallıq kəmiyyətini kütlələrin təsiri qanunu tənliyində molyar qatılıq yerinə qoymaqla, həmin tənliyi real məhlullara tətbiq etmək mümkündür.

Məsələn:  $A+B \rightleftharpoons C+D$  dönər reaksiya tənliyində, molyar qatılığı fəallıqla əvəz etdikdə,

$$K = \frac{a_C \cdot a_D}{a_A \cdot a_B}$$

alınar.

Fəallığın əvəzinə onun  $a=s \cdot f$  qiymətini qoyduqda,

$$K_{tar} = \frac{C_C \cdot f_C \cdot C_D \cdot f_D}{C_A \cdot b_A \cdot C_B \cdot f_B} \text{ alınar.}$$

Eləcə də dissosiasiya sabiti tənliyində tarazlıq qatılığını ionların fəallığı ilə əvəz etdikdə, tənlik həm zəif və qüvvətli elektrolit məhlullarına, həm zəif elektrolitlərin qatı məhlullarına, həm də qüvvətli elektrolitlər iştirak etdikdə zəif elektrolit məhlullarına tətbiq edilə bilər.

Məsələn,  $Kt_3An$  tipli qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiya sabiti tənliyində, molyar qatılığı ionların fəallıq qatılığı ilə əvəz etdikdə, tənlik aşağıdakı şəkildə alar.

$$K_{Kt_3An} = \frac{a_{Kt}^3 \cdot a_{An}'''}{a_{Kt_3An}}$$

Fəallıqla hesablanılan elektrolitik dissosiasiya sabiti həqiqi və ya termodinamik sabit adlanır. Termodinamik sabit kəmiyyəti məhlulun qatılığından asılı deyildir; ona görə də o kütlələrin təsiri qanununa tabe olur.

Termodinamik sabit kəmiyyətindən istifadə edərək, məhlulda ionların fəallığını tapmaq olar, bununla da bir sıra başqa məsələləri həll etmək olar.

Dissosiasiyanın termodinamik sabitinə əsasən ionların fəallığını hesablamaq üsulu ilə tanış olaq:

Misal. 1 l-də 0,1 mol  $CH_3COOH$  və 0,2M  $CH_3COONa$  olan məhlulda hidrogen ionları fəallığını  $a_{H^+}$  hesablayaq.

Həlli:

$$\frac{a_{H^+} \cdot a_{CH_3COO^-}}{a_{CH_3COOH}} = K_a$$

Dissosiasiyanın termodinamik sabiti

$$K_{a\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,75 \cdot 10^{-3}$$

Həmin tənlikdən görünür ki,

$$a_{\text{H}^+} = K_a \cdot \frac{a_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{a_{\text{CH}_3\text{COO}'}} = K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot f_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{[\text{CH}_3\text{COO}'] \cdot f_{\text{CH}_3\text{COO}'}}$$

Dissosiasiya etməmiş molekulların fəallıq əmsalı (bizim misalda  $f_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ ) vahid hesab edilir. Belə olduqda məhlulun qatılığını, praktiki olaraq, ümumi qatılığa (bizim misalda 0,1 M) bərabər hesab etmək olar. Anionların qatılığını  $[\text{CH}_3\text{COO}']$  isə natrium-asetatın qatılığına (bizim misalda 0,2 M) bərabər etmək olar. Çünki asetat turşusunun dissosiasiyasından alınan  $\text{CH}_3\text{COO}'$  anionları çox az olur. Fəallıq əmsalını  $f_{\text{CH}_3\text{COO}'}$  tapmaq üçün məhlulun ion qüvvəsini ( $\mu$ ) hesablamaq lazımdır.

$$\mu = \frac{1}{2} [\text{Na}^+] \cdot 1^2 + [\text{CH}_3\text{COO}'] \cdot 1^2 = \frac{1}{2} (0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1) = 0,2$$

3-cü cədvəldən ion qüvvəsi 0,2 olduqda hidrogen ionlarının fəallıq əmsalının 0,76 olması tapılır.

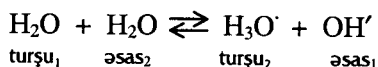
$$a_{\text{H}^+} = 1,75 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,1 \cdot 1}{0,2 \cdot 0,76} = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,658 = 1,1515 \cdot 10^{-5} \text{ q-ion/l}$$

Beləliklə, həmin məhlul turşu xassəlidir; çünki orada hidrogen ionları qatılığı  $1,1515 \cdot 10^{-5}$  q-ion/l-ə bərabərdir. Lakin hidrogen ionları qatılığını  $[\text{H}^+] = C \cdot \alpha$  düsturu ilə hesab etdikdə ( $\alpha = 1,35\%$  olduqda)  $0,1 \cdot 0,0135 = 0,00135$  və ya  $1,35 \cdot 10^{-3}$  q-ion/l alınır. Həmin məhlulda hidrogenin fəallığı asetat turşusunun hesablanmış molyar qatılığından 117 dəfə az olur.

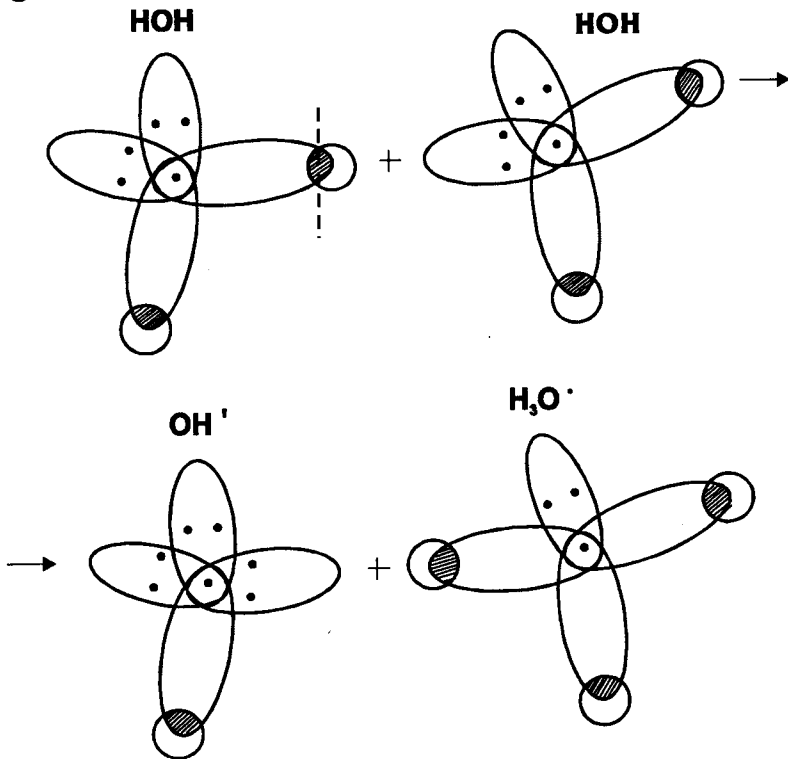
### 3.1.7. Suyun ion hasilı

Suyun elektrikkeçirmə qabiliyyətinin öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, o çox zəif elektrolitdir. Ona görə də o kimyəvi reaksiyaların gedişinə təsir edə bilmir.

Turşu və əsasların təbiəti haqqındakı müasir təsəvvürlərə əsasən su tipik amfoter elektrolitdir və aşağıdakı sxem üzrə dissosiasiya edir:



Oksigenin xarici elektron təbəqəsində qoşalaşmamış elektronlardan başqa, istifadə olunmamış iki elektron cütü yerləşir. Məlumdur ki, suyun molekulu üç atom nüvəsindən və 10 elektrondan ibarətdir. Bunlardan oksigen atomunun 1s-orbitalında yerləşən elektron cütü onun nüvəsi ətrafında çevrə şəklində göstərilmişdir. Qalan dörd elektron cütünün buludları isə tetraedrin dörd təpəsinə doğru yönəlmişdir. Bunlardan iki elektron cütü O–H rabitələrinin yaranmasına sərf olunur. O–H rabitəsi polyar olduğundan tetraedrin iki təpəsi müsbət yüklə, istifadə olunmamış iki elektron cütü isə yalnız oksigen atomuna aid olduğundan tetraedrin digər iki təpəsi mənfi yüklə yüklənmiş olur.



Şəkil 33. Suyun öz-özünə ionlaşması sxemi

Tarazlıq vəziyyətində buxar halında su molekulu aşağıdakı xarakteristikaya malikdir:

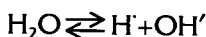
1. O və H atomları arasındakı məsafə  $0,9584 \text{ \AA}$  -ə bərabərdir.
2. Hidrogen atomları arasındakı məsafə  $1,515 \text{ \AA}$  -ə bərabərdir.
3. H-O-H bucağı  $104^{\circ}27'$ -yə bərabərdir.
4. Su molekulunun dipol momenti  $1,86D$  (Debay), yaxud  $1,86 \cdot 10^{-18}$  el.st.vahidə bərabərdir.

Suyun iki molekulunun qarşılıqlı orientasiyası zamanı oksigenin sərbəst elektron cütlərindən biri tərəfindən digər su molekulunun protonunun cəzb edilməsi nəticəsində oksigen  $O''$  və proton  $H'$  arasındakı əlaqə zəifləyir və reaksiyanın aşağıdakı sxemlə (şəkil 33) getməsinə şərait yaranır.

Ona görə də su molekullarında hidrogen ionları  $H'$  hidroksonium  $H_3O'$  ionları şəklində olur. Lakin hidrogen ionlarını yazarkən sadə olması üçün  $H_3O'$  əvəzinə  $H'$  yazırıq ki, o da aparılan hesablamalara mənfi təsir göstərmir.

Elektrik keçiriciliyinə əsasən  $H'$  və  $OH'$  ionlarının fəallığını və suyun dissosiasiya sabitini hesablamaq olar.

Məlumdur ki, suyun dissosiasiyası döner prosesdir və onu aşağıdakı tənlik üzrə göstərmək olar:



Həmin tənliyə kütlələrin təsiri qanununu tətbiq edib, suyun dissosiasiya sabiti tənliyini çıxarmaq olar:

$$\frac{a_{H'} \cdot a_{OH'}}{a_{H_2O}} = K_a$$

Burada  $K_a$  - suyun dissosiasiyasının termodinamik sabitidir. Praktiki olaraq müəyyən edilmişdir ki,  $25^{\circ}C$ -də  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-16}$ .

Suyun bir litrində  $\frac{1000}{18,016} = 55,50$  q-mol su vardır. Göstərilən

miqdar suyun  $1 \cdot 10^{-7}$  q-mol-u dissosiasiya edir, qalanı isə dissosiasiya etmir. Buradan dissosiasiya etməmiş q-mol-ların sayını tapmaq olar:  $55,50 - 1 \cdot 10^{-7}$ .

Buradan aydın olur ki, dissosiasiya etməmiş molekulların qatılığı dissosiasiya etmiş molekulların sayından 555 milyon dəfə çoxdur.



Suyun dissosiasiya sabiti tənliyini dəyişdirib, oraya praktiki olaraq tapılmış  $K_a$  kəmiyyətini və dissosiasiya etməmiş molekulların qatılığını qoysaq:

$$a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = K_a \cdot a_{H_2O} = K_{H_2O} \text{ alınar.}$$

$$K_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,50 = 1 \cdot 10^{-14} \quad (t=25^{\circ}C)$$

Sabit  $K_{H_2O}$  hidrogen və hidroksil ionlarının fəallıqları hasilinə bərabərdir ki, ona da suyun ion hasilini deyilir.  $25^{\circ}C$  temperaturda suyun ion hasilini  $1 \cdot 10^{-14}$ -ə bərabərdir.

Kimyəvi saf suda  $H^+$  və  $OH^-$  ionları qatılığı çox kiçik ( $1 \cdot 10^{-7}$  q-ion/l) olduğu üçün onların fəallığını, praktiki olaraq, qatılıqlarına bərabər hesab etmək olar. Beləliklə, saf su üçün:

$$a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad (t=25^{\circ}C)$$

İonların göstərilən fəallıq və qatılıq nisbətləri, qatılığı  $10^{-4}$  mol/l-dən aşağı olan çox durulaşdırılmış elektrolit məhlulları üçün də mümkündür. Göstərilən qatılıqda olan məhlullardakı ionların fəallıq əmsalı ( $f$ ) vahidə yaxınlaşır. Ona görə də saf su və çox durulaşdırılmış elektrolit məhlulları üçün hidrogen və hidroksil ionları qatılıqlarının vurma hasiləri, praktiki olaraq suyun ion hasilinə bərabər olar:

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O}$$

Elektrolit məhlullarının adi qatılıqları üçün, aşağıdakı tənlik daha dəqiqdir:

$$a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = [H^+] \cdot [OH^-] \cdot f_{H^+} \cdot f_{OH^-} = K_{H_2O}$$

Həmin tənlikdən aydın olur ki, sabit temperaturda, bütün su məhlullarında hidrogen və hidroksil ionlarının fəallıq əmsalları hasilini, suyun ion hasilinə bərabər olub sabit kəmiyyətdir.

Suyun dissosiasiyası endotermik prosesdir. Ona görə də Le-Şatlye prinsipinə uyğun olaraq temperaturu artırıqda maddənin dissosiasiya tarazlığı ionların əmələ gəlməsi tərəfə yönəlir ki, bu da  $K_{H_2O}$ -un artmasına səbəb olur.

Suyun ion hasilini kəmiyyətinə temperaturun təsiri 5-ci cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 5. Müxtəlif temperaturda suyun ion hasilı

$$K_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}, \quad \sqrt{K_{H_2O}} = a_{H^+} = a_{OH^-}$$

t°C	$K_{H_2O}$	$\sqrt{K_{H_2O}}$	t°C	$K_{H_2O}$	$\sqrt{K_{H_2O}}$
0	$0,11 \cdot 10^{-14}$	$0,33 \cdot 10^{-7}$	35	$2,09 \cdot 10^{-14}$	$1,45 \cdot 10^{-7}$
5	$0,17 \cdot 10^{-14}$	$0,42 \cdot 10^{-7}$	40	$2,95 \cdot 10^{-14}$	$1,70 \cdot 10^{-7}$
10	$0,30 \cdot 10^{-14}$	$0,54 \cdot 10^{-7}$	50	$5,50 \cdot 10^{-14}$	$2,34 \cdot 10^{-7}$
15	$0,46 \cdot 10^{-14}$	$0,68 \cdot 10^{-7}$	60	$9,55 \cdot 10^{-14}$	$3,09 \cdot 10^{-7}$
18	$0,60 \cdot 10^{-14}$	$0,77 \cdot 10^{-7}$	70	$15,80 \cdot 10^{-14}$	$3,98 \cdot 10^{-7}$
20	$0,69 \cdot 10^{-14}$	$0,83 \cdot 10^{-7}$	80	$25,1 \cdot 10^{-14}$	$5,01 \cdot 10^{-7}$
22	$0,81 \cdot 10^{-14}$	$0,89 \cdot 10^{-7}$	90	$38,0 \cdot 10^{-14}$	$6,17 \cdot 10^{-7}$
25	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$	100	$55,0 \cdot 10^{-14}$	$7,41 \cdot 10^{-7}$
30	$1,48 \cdot 10^{-14}$	$1,22 \cdot 10^{-7}$			

5-ci cədvəldən görünür ki, temperatur 0°C-dən 100°C-yə qədər artdıqda suyun ion hasilı 500 dəfə artır.

$$55,0 \cdot 10^{-14} : 0,11 \cdot 10^{-14} = 500$$

İon hasilinə aid məsələ həll edərkən, mütləq temperaturun  $K_{H_2O}$  kəmiyyətinə təsiri nəzərə alınmalıdır. Məsələnin şərtində temperatur göstərilmədikdə, onu 25°C qəbul edib,  $K_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-14}$  götürmək lazımdır.

Məsələnin şərtində müəyyən temperatur göstərildikdə, o zaman  $K_{H_2O}$  kəmiyyəti cədvəldən tapılır, sonra da hesablama aparılır.

Hər mol suyun dissosiasiyası nəticəsində bir hidrogen ionu və bir də hidrosil ionu alınır. Saf su üçün yazmaq olar:

$$a_{H^+} = a_{OH^-} = \sqrt{K_{H_2O}} = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ q-ion/l} \quad (t=25^\circ\text{C})$$

Hidrogen və hidrosil ionlarının qatılığı bərabər olan məhlullar neytral məhlullar adlanır. Neytral məhlullarda  $a_{H^+} = a_{OH^-} = 1 \cdot 10^{-7}$  q-ion/l. Turş məhlullarda hidrogen ionlarının fəallığı  $1 \cdot 10^{-5}$ -ə bərabədirsə, belə məhlulun hidrosil ionlarının fəallığı  $1 \cdot 10^{-9}$  olar. Suyun ion hasilı düsturundan məlumdur ki,  $a_{H^+}$  və  $a_{OH^-}$  ionları fəallıqlarının birinin digərindən asılılığı tərs mütənəsbdir. Onlardan birini artırıqda, digəri mütənəsb olaraq

azalır. Lakin heç zaman sifıra bərabər olmur. Çünki, hər hansı kəmiyyəti sifıra vurduqda, sifır verməlidir ki, onun da fiziki mənası yoxdur.

Məsələn, 25°C-də məhlulda hidrogen və hidroksil ionları qatılığı bərabərdir:

$$a_{H^+} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{a_{OH^-}}; \quad a_{OH^-} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{a_{H^+}}$$

50°C-də:

$$a_{H^+} = \frac{5,5 \cdot 10^{-14}}{a_{OH^-}}; \quad a_{OH^-} = \frac{5,5 \cdot 10^{-14}}{a_{H^+}}$$

Suda və su məhlullarında ionların fəallıqlarının qarşılıqlı əlaqəsini bilməklə, müxtəlif məsələ həll etmək olar. Məsələn, bir ionun məlum fəallığı ilə başqa ionun fəallığını tapmaq olar. Belə hesablamaların həll üsulu ilə tanış olaq:

1-ci misal: Suda  $a_{H^+} = 2 \cdot 10^{-4}$  q-ion/l. 20°C temperaturda  $a_{OH^-}$ -ni hesablayın:

Həlli: 4-cü cədvəldən, 20°C-də tapılır ki,  $K_{H_2O} = 0,69 \cdot 10^{-14}$

$$a_{OH^-} = \frac{K_{H_2O}}{a_{H^+}} \text{ düsturu ilə}$$

$$a_{OH^-} = \frac{0,69 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 10^{-4}} = 0,345 \cdot 10^{-10} \text{ və ya } 3,45 \cdot 10^{-11} \text{ q-ion/l tapılır.}$$

2-ci misal: Suyu NaOH əlavə etdikdə, məhlulda hidroksil ionları qatılığı ( $a_{OH^-}$ )  $5 \cdot 10^{-2}$  q-ion/l olur. 40°C temperaturda məhlulun  $a_{H^+}$  kəmiyyətini hesablayın:

Həlli: 5-ci cədvəldən, 40°C-də  $K_{H_2O} = 2,95 \cdot 10^{-14}$  olması tapılır:

$$a_{H^+} = \frac{K_{H_2O}}{a_{OH^-}} = \frac{2,95 \cdot 10^{-14}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,59 \cdot 10^{-12} = 5,9 \cdot 10^{-13} \text{ q-ion/l}$$

3-cü misal. Suyu 18°C-dən 80°C-yə qədər qızdırdıqda hidrogen ionları qatılığı və fəallığı neçə dəfə artar.

Həlli: 5-ci cədvəldən 18°C və 80°C-də  $K_{H_2O}$  kəmiyyəti tapılır:

$$K_{H_2O} (18^\circ C) = 0,6 \cdot 10^{-14}$$

$$K_{H_2O} (80^\circ C) = 25,1 \cdot 10^{-14}$$

$$a_{H^+} = a_{OH^-} (18^\circ C) = \sqrt{K_{H_2O}} = \sqrt{0,6 \cdot 10^{-14}} = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ q-ion/l}$$

$$a_{H^+} = a_{OH^-} (80^\circ C) = \sqrt{25,1 \cdot 10^{-14}} = 5,01 \cdot 10^{-7} \text{ q-ion/l}$$

$H^+$  ionlarının 80°C-dəki fəallığını 18°C-dəki fəallığına böldükdə,  $\frac{a_{H^+}(80^\circ C)}{a_{H^+}(18^\circ C)} = \frac{5,01 \cdot 10^{-7}}{0,77 \cdot 10^{-7}} \approx 6,5$  (dəfə) alınır.

Beləliklə, saf suda, ionların fəallığı və qatılığı praktiki olaraq bir-birinə bərabərdir. Suyu 18°C-dən 80°C-yə qədər qızdırdıqda  $[H^+]$  və  $[OH^-]$  ionları qatılığı 6,5 dəfə artır.

### 3.1.8. Hidrogen və hidroksil ionlarının fəallıq göstəricisi

Hidrogen və hidroksil ionlarının fəallığı qoşa kəmiyyətlərdir. Həqiqətən hidrogen ionu fəallığı verildikdə hidroksil ionu fəallığını, və ya əksinə tapmaq olar. Ona görə də çox zaman hidrogen və ya hidroksil ionlarından birinin fəallığını göstərmək kifayət edir. Lakin məhlulun turşuluğunu və qələvliliyini hidrogen ionları fəallığı ilə göstərmək, praktiki baxımdan əlverişli deyildir. Ona görə də sulu məhlulların reaksiyasını (turşuluq dərəcəsini) hidrogen ionları fəallığı ilə yox, başqa sözlə desək,  $a_{H^+}$  əvəzinə onun əks işarəli onluq loqarifmini götürürlər. Hidrogen ionları fəallığının əks işarəli onluq loqarifmi hidrogen ionlarının fəallıq göstəricisi adlanır və  $p_a H$  ilə göstərilir. Ona görə də:

$$p_a H = -\lg a_{H^+}$$

Son vaxtlara qədər suda məhlullarda turşuluğu hidrogen ionları göstəricisi pH ilə göstərirdilər. pH dedikdə isə hidrogen ionları qatılığının əks işarəli onluq loqarifmi nəzərdə tutulurdu.

$$pH = -\lg [H^+]$$

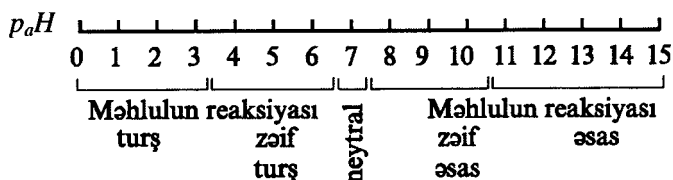
Lakin hidrogen ionları qatılığını, tədqiq edilən məhlulların əksəriyyətində, praktiki olaraq təyin etmirlər. Bundan əlavə, o məhlulun termodinamik xassələrini xarakterizə etmir. Bununla əlaqədar olaraq, hal-hazırda məhlulun turşuluğunu hidrogen ionları fəallığı  $p_aH$  ilə xarakterizə etmək qəbul edilmişdir.

Yalnız çox durulaşdırılmış elektrolit məhlullarında qatılığı  $10^{-5}$  q-ekv/l-dən az olan məhlullarda  $a_{H^+} \approx [H^+]$  hesab etmək olar ki,  $p_aH = -\lg[H^+]$ .

Neytral mühitdə (25°C-də)  $p_aH=7$ , turş mühitdə  $p_aH < 7$  olur (məsələn, 6-0): Qələvi mühitdə  $p_aH > 7$  olur (məsələn, 8-14):

$p_aH$  kəmiyyəti nə qədər az olsa, hidrogen ionları fəallığı da o qədər çox olar, bununla da məhlulun turşuluğu çox olar. Bunu əyani olaraq 34-cü şəkildə görmək olar.

Analizdə, habelə məhlulların tətbiqi ilə əlaqədar olan bir çox texnoloji proseslərdə hidrogen ionlarının fəallığı böyük əhəmiyyətə malikdir. Ona görə də analitik məhlulun  $p_aH$  kəmiyyətini hesablayırlar. Belə hesablamaları aparmaq üsulu ilə tanış olaq.



Şəkil 34.

Məhlulun reaksiyasının  $p_aH$  kəmiyyətindən asılılığı

Hidroksil ionlarının fəallıq göstəricisi, hidroksil ionları fəallığının əks işarəli onluq loqarifminə deyilir:

$$p_aOH = -\lg a_{OH^-}$$

$p_aH$  və  $p_aOH$  arasındakı nisbəti aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$p_aH + p_aOH = 14 \quad (25^\circ\text{C-də})$$

Göstərilən formulu, suyun ion hasilini tənliyini loqarifmləyib, sonra da onun işarəsinin əksini göstərməklə almaq mümkündür:

$$\lg a_{H^+} + \lg a_{OH^-} = \lg 1 \cdot 10^{-14} \quad (25^\circ\text{C-də})$$

$$(-\lg a_{\text{H}^+}) + (-\lg a_{\text{OH}^-}) = -\lg 1 \cdot 10^{-14}$$

Buradan:

$$p_a\text{H} + p_a\text{OH} = 14$$

Məhlulda reaksiya göstəricilərindən birini  $p_a\text{H}$  və ya  $p_a\text{OH}$  bildikdə asanlıqla digər göstəricini tapmaq olar.

1-ci misal.  $a_{\text{H}^+} = 5 \cdot 10^{-2}$  q-ion/l-dir. Məhlulun  $p_a\text{H}$ -ni hesablayın.

$$\text{Həlli: } p_a\text{H} = -\lg a_{\text{H}^+} = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = -(\lg 5 + \lg 10^{-2}) = 1,3.$$

2-ci misal.  $a_{\text{H}^+} = 7,45 \cdot 10^{-4}$  q-ion/l.  $p_a\text{H}$ -ı hesablayın və məhlulun reaksiyasını göstərin:

$$\text{Həlli: } p_a\text{H} = -\lg a_{\text{H}^+} = -\lg 7,45 \cdot 10^{-4} = -(\lg 7,45 + \lg 10^{-4}) = 3,13.$$

Məhlulun reaksiyası turşudur.

Qüvvətli turşuların durulaşdırılmış məhlullarından istifadə edərək, hidrogen ionları qatılığını hesablamaq olar. Hidrogen ionları qatılığını  $[\text{H}^+]$  bildikdə,  $a_{\text{H}^+}$  və  $p_a\text{H}$  fəallığını asanlıqla hesablamaq olar.

3-cü misal. 0,001 M xlorid turşusu məhlulunda  $a_{\text{H}^+}$  və  $p_a\text{H}$ -ı hesablayın.

Həlli: HCl - qüvvətli birəsaslı turşu olub, ionlara tam dissosiasiya edir. Ona görə  $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{HCl}] = 0,001$  q-ion/l.

$a_{\text{H}^+}$ -ı təyin etmək üçün HCl məhlulunun ion qüvvəsini tapmaq:

$$\mu = \frac{1}{2}([\text{H}^+] \cdot 1^2 + [\text{Cl}^-] \cdot 1^2) = \frac{1}{2}(0,001 + 0,001) = 0,001$$

Cədvəldən  $f_{\text{H}^+} = 0,97$  tapılır.

Ona görə də  $a_{\text{H}^+} = 0,001 \cdot 0,97 = 9,7 \cdot 10^{-4}$  q-ion/l.

$$p_a\text{H} = -\lg a_{\text{H}^+} = -\lg 9,7 \cdot 10^{-4} = -(\lg 9,7 + \lg 10^{-4}) = -(0,984) = 3,02$$

Çox durulaşdırılmış qüvvətli turşu məhlullarında hidrogen ionları fəallığı onların qatılığına bərabər olduğundan,  $[\text{H}^+]$  bil-məklə pH kəmiyyətini hesablamaq olar.

4-cü misal. Məhlulda hidrosil ionları qatılığı  $5,1 \cdot 10^{-5}$  q/l-dir. Məhlulun  $p_a\text{OH}$  və  $p_a\text{H}$  hesablayın.

Həlli: OH' ionları qatılığı q/l ilə verilmişdir.  $p_a\text{OH}$ -ı hesablaşmaq üçün hidrosil ionları qatılığını mütləq q-ion/l ilə ifadə etmək lazımdır. 1 q-ion OH' = 17q. Buradan:

$$[\text{OH}'] = \frac{5,1 \cdot 10^{-5}}{17} = \frac{51 \cdot 10^{-6}}{17} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ q-ion/l}$$

[OH'] qatılığı məhlulda çox az olduğu üçün, böyük xəta etmədən  $[\text{OH}'] = a_{\text{OH}'}$ , daha doğrusu  $a_{\text{OH}'} = 3 \cdot 10^{-6}$  q-ion/l qəbul etmək olar.

$$p_a\text{OH} = -\lg a_{\text{OH}'} = -\lg 3 \cdot 10^{-6} = -(\lg 3 + \lg 10^{-6}) = 5,52;$$

$$p_a\text{H} = 14 - p_a\text{OH} = 14 - 5,52 = 8,48$$

Məhlulun reaksiyası zəif qələvidir.

İndi də  $p_a\text{H}$  və  $p_a\text{OH}$  kəmiyyətlərinə əsasən  $a_{\text{H}'}$  və  $a_{\text{OH}'}$  hesablanması üsulu ilə tanış olun.

5-ci misal. Məhlulun  $p_a\text{H}$ -ı 7,52-yə bərabərdir.  $a_{\text{H}'}$  tapın.

Həlli:  $p_a\text{H} = -\lg a_{\text{H}'}$  bildikdə

$$\lg a_{\text{H}'} = -p_a\text{H} = -7,52 \text{ tapılır.}$$

Yuxarıdakı tənliyi aşağıdakı şəkllə salaq:

$$\lg a_{\text{H}'} = -7,52 = (-7-1) - (-0,52+1) = -8+0,48 = \bar{8},48$$

Cədvəldən antiloqarifmi tapaq:

$$\lg a_{\text{H}'} = \bar{8},48; a_{\text{H}'} = 3,02 \cdot 10^{-8} \text{ q-ion/l}$$

$a_{\text{H}'}$  kəmiyyətinin göstərilən qədər az olması ilə əlaqədar olaraq, onu hidrogen ionları qatılığına bərabər hesab etmək olar. Başqa sözlə,  $[\text{H}'] = 3,02 \cdot 10^{-8}$  q-ion/l.

6-cı misal.  $p_a\text{OH} = 4,7$  olan məhlulda  $a_{\text{OH}'}$  və  $a_{\text{H}'}$  hesablayın.

Həlli:  $p_a\text{OH}' = -\lg a_{\text{OH}'}$

Ona görə də:  $-\lg a_{\text{OH}'} = 4,7$

$$\lg a_{\text{OH}'} = -4,7 = (-4-1) + (-0,7+1) = \bar{5},3$$

Cədvəldən tapırıq:

$$a_{\text{OH}'} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ q-ion/l}$$

Suyun ion hasilı tənliyindən tapırıq:

$$a_{\text{H}'} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{a_{\text{OH}'}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 10^{-5}} = \frac{10 \cdot 10^{-15}}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \cdot 10^{-10} \text{ q-ion/l}$$

7-ci misal: 0,1 n asetat turşusu məhlulunun  $p_aH$  və  $p_aOH$  -ni hesablayın.

Həlli: Cədvəldən asetat turşusunun termodinamik sabiti tapılır:  $K_{CH_3COOH} = 1,74 \cdot 10^{-5}$ .

Məlumdur ki,

$$K_a = \frac{a_{H^+} \cdot a_{CH_3COO^-}}{a_{CH_3COOH}}$$

Buradan

$$a_{H^+} = a_{CH_3COO^-}$$

o zaman

$$a_{H^+}^2 = K_a \cdot a_{CH_3COOH}$$

$$a_{H^+} = \sqrt{K_a \cdot a_{CH_3COOH}}$$

Zəif asetat turşusunun dissosiasiya etməmiş molekullarının fəalliq əmsalını vahid götürürlər. Ona görə:

$$a_{CH_3COOH} = [CH_3COOH] \cdot f_{CH_3COOH} = [CH_3COOH] \cdot f = 0,1 \text{ q-mol/l}$$

Buradan

$$a_{H^+} = \sqrt{K_a \cdot a_{CH_3COOH}} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-1}} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l.}$$

$$p_aH = -1g a_{H^+} = -lg (lg 1,32 + lg 10^{-3}) = -(0,12 - 3) = 2,88$$

$$p_aOH = 14 - p_aH = 14 - 2,88 = 11,12$$

8-ci misal: Zəif əsas məhlullarında  $p_aOH$  və  $p_aH$  hesablamaq üçün formulu çıxarın və ondan istifadə edərək 0,1 N  $NH_4OH$  məhlulunda  $p_aOH$  və  $p_aH$ -i hesablayın ( $K_{NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$ ).

Həlli: Məlumdur ki,

$$K_{NH_4OH} = \frac{a_{NH_4^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{NH_4OH}}; a_{NH_4^+} = a_{OH^-}$$

Onda

$$a_{OH^-}^2 = K_{NH_4OH} \cdot a_{NH_4OH}; a_{OH^-} = \sqrt{K_{NH_4OH} \cdot a_{NH_4OH}}$$

Buradan:

$$a_{OH^-} = \sqrt{K_{NH_4OH} \cdot C_{\text{əsas}}} \text{ yazmaq olar.}$$

Zəif əsaslar üçün  $p_aOH$  formulunu alaq:



$$\lg a_{\text{OH}'} = \frac{1}{2} \lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{əsas}};$$

$$-\lg a_{\text{OH}'} = \frac{1}{2} \lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{əsas}}.$$

Ona görə yazmaq olar:

$$p_a\text{OH} = \frac{1}{2} \lg pK_{\text{NH}_4\text{OH}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{əsas}}$$

$$p_a\text{H} = 14 - \left( \frac{1}{2} \lg pK_{\text{NH}_4\text{OH}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{əsas}} \right)$$

Formuldan istifadə edərək tapırıq:

$$pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = -\lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} = -\lg 1,76 \cdot 10^{-5} = -(\lg 1,76 + \lg 10^{-5}) = \\ = (0,245 - 5) = 4,755$$

$$\frac{1}{2} pK_{\text{NH}_4\text{OH}} = 2,37 - \frac{1}{2} \lg 10^{-1} = 0,5$$

Ona görə də

$$p_a\text{OH} = 2,37 + 0,5 = 2,87$$

$$p_a\text{H} = 14 - 2,87 = 11,13$$

### 3.1.9. Bufer məhlullar

Məhlulda kimyəvi reaksiyaların bu və ya digər istiqamətə doğru getməsinə, hidrogen ionları qatılığının böyük təsiri vardır.

Məhlulda hidrogen ionlarının istənilən qatılığını əldə etmək və həmin qatılığı müəyyən həddə saxlamaq üçün bufer qarışığından istifadə edirlər. Bufer qarışığı mövcud olan məhlula artıq miqdarda turşu və ya qələvi əlavə etdikdə məhlulun pH-ı çox az dəyişir.

Bufer qarışıqlarının mahiyyətini aşağıdakı kimi izah etmək olar:

Əgər 1 l suda 0,001 mol HCl həll edilərsə, onda 0,001N xlorid turşusu məhlulu alınar və H<sup>+</sup> ionlarının qatılığı bu məhlulda 10<sup>-3</sup> q-ion/l olar. Deməli, məhlulun pH 7-dən ~ 3-ə qədər kəçiriləcək.

Həmçinin 1 l suda 0,001 mol natrium-hidroksid həll olunarsa, 0,001N NaOH məhlulu alınar və OH<sup>'</sup> ionlarının qatılığı 10<sup>-3</sup>

q-ion/l bərabər olar. Onda H<sup>+</sup> ionlarının qatılığı 10<sup>-11</sup> və məhlulun pH≈11. Deməli məhlulunun pH 7-dən ~ 11 qədər artacaq.

Saf su əvəzinə, məsələn, 0,1 N CH<sub>3</sub>COOH və CH<sub>3</sub>COONa məhlulu götürüb, üzərinə yenə də yuxarıdakı qədər (məsələn, 0,001 N) mineral turşu əlavə edilərsə, o zaman pH şaf suda olduğuna nisbətən çox az dəyişir. Çünki asetat turşusunun dissosiasiyası nəticəsində ayrılan H<sup>+</sup> ionları, natrium-asetatın dissosiasiyası nəticəsində ayrılan CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> ionları ilə birləşər və zəif dissosiasiya edən CH<sub>3</sub>COOH əmələ gətirər. Ona görə də asetat turşusu ilə natrium-asetatın məlum qatılığı üzərinə mineral turşu əlavə etdikdə məhlulda H<sup>+</sup> ionları qatılığı saf suya nisbətən çox az dəyişilmiş olar.

Asetat turşusu ilə natrium-asetatın 0,1N məhluluna 0,001 N qələvi əlavə məhlul edilərsə, onun OH<sup>-</sup> ionu dərhal asetat turşusunun H<sup>+</sup> ionları ilə birləşər. Hidrogen ionlarının miqdarı məhlulda azalan kimi, CH<sub>3</sub>COOH dissosiasiya edərək ayrılan H<sup>+</sup> ionları əlavə edilən qələvinin OH<sup>-</sup> ionları ilə reaksiyaya girib neytral su molekulu əmələ gətirər. Beləliklə, yenə də məhlulun pH-ı çox az dəyişir.

Tutaq ki, asetat turşusu və natrium-asetatdan ibarət məhlul 100 dəfə durulaşdırılır. İlk əvvəl elə gələ bilər ki, asetat turşusunun qatılığı azaldığından H<sup>+</sup> ionlarının da qatılığı azalmalıdır. Lakin yaddan çıxarmaq lazım deyil ki, məhlul nə qədər durulaşdırılırsa CH<sub>3</sub>COOH dissosiasiya dərəcəsi də təxminən o qədər artacaq, çünki özünün eyniadlı ionları ilə (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>) asetat turşusunun dissosiasiyasını azaldan CH<sub>3</sub>COONa qatılığı 100 dəfə azalacaq.

Beləliklə, zəif turşu və onun duzunun qarışığının məhlulda olması, məhlulun pH-nı dəyişdirə bilən müxtəlif faktorların təsirini azaldaraq H<sup>+</sup> ionların qatılığını sanki nizamlayır. Bu cür qarışıqlara bufer məhlullar deyilir.

Bufer məhlullarına zəif turşular, zəif əsaslar və onların duzlarının qarışıqları, müxtəlif əsaslılığa malik turşu duzlarının qarışıqları daxildir, məsələn, CH<sub>3</sub>COOH+CH<sub>3</sub>COONa; NH<sub>4</sub>OH+NH<sub>4</sub>Cl; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>+Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> və s.

Nəhayət bufer təsirə qatılıqları kifayət qədər böyük olan qüvvətli turşu və qələvilərin məhlulları malikdir. Bu cür məhlulların bufer təsiri mexanizmi tamamilə başqadır. Turşu və ya qələvinin məhlulda qatılığı çox olduqda məhlulun pH-nın hiss olunan dərəcədə dəyişilməsi üçün oraya nisbətən çox miqdarda turşu və ya qələvi əlavə etmək lazım gəlir.

Bu və ya digər bufer məhlulun pH-nı nəzəri cəhətdən hesablamaq asandır.

1. Zəif turşularla onların duzlarının qarışıqları. Tutaq ki, zəif turşu  $\text{CH}_3\text{COOH}$  və onun duzu  $\text{CH}_3\text{COONa}$  qarışığı verilmişdir. Asetat turşusunun dissosiasiyası sabiti tənliyindən  $[\text{H}^+]$  təyin edək:

$$[\text{H}^+] = K \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$\text{CH}_3\text{COOH}$  - zəif turşudur və məhlulda əsasən dissosiasiya etməmiş molekul şəklində mövcud olur. Ona görə də dissosiasiya etməmiş asetat turşusunun qatılığını məhlulda olan turşunun ümumi qatılığına bərabər götürə bilərik, yəni  $[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx C_T$ .

Lakin  $\text{CH}_3\text{COONa}$  duzu tam dissosiasiya etdiyindən və turşunun dissosiasiyasından əmələ gələn  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionun qatılığı çox az olduğunu nəzərə alaraq deyə bilərik ki, məhlulda olan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionlarının demək olar ki, hamısı duzun dissosiasiyasından əmələ gəlmişdir. Duzun hər bir dissosiasiya edən molekulu bir  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionu verdiyindən:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx C_D$$

Deyilənləri nəzərə alaraq yuxarıdakı tənlik aşağıdakı şəkil alır:

$$[\text{H}^+] = K \cdot \frac{C_T}{C_D}$$

və yaxud

$$\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_T}{C_D}$$

burada  $\text{pK} = -\lg K$  turşunun gücünün göstəricisidir.

2. Zəif əsaslarla onların duzlarının qarışıqları. Tutaq ki,  $\text{NH}_4\text{OH}$  və onun duzu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  qarışığı verilib. Bu zaman  $\text{NH}_4\text{OH}$ -in dissosiasiyası sabiti tənliyindən alarıq:

$$[\text{OH}'] = K \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]} = K \cdot \frac{C_a}{C_D}$$

Buradan yuxarıdakı kimi mülahizə edərək taparıq:

$$\text{pOH} = \text{pK} - \lg \frac{C_a}{C_D}$$

Lakin bildiyiniz kimi  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ . Deməli:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \text{pK} + \lg \frac{C_a}{C_D}$$

Bufer məhlulların pH-ı praktiki olaraq sabit saxlamaq qabiliyyəti, onların ayrı-ayrı komponentlərinin məhlula daxil edilən (və ya reaksiya nəticəsində əmələ gələn) turşu və ya əsasların  $\text{H}^+$  və ya  $\text{OH}'$  ionları ilə birləşmələrinə əsaslanır.

Əlbəttə, bu qabiliyyət sonsuz olmayıb bufer qarışığı təşkil edən komponentlərin qatılığından asılıdır.

Yuxarıda deyilənlərə əsasən aşağıdakı mühüm nəticələri çıxarmaq olar.

1. Hər hansı bir bufer qarışığı praktiki olaraq pH-nı oraya yalnız müəyyən miqdar turşu və ya qələvi tökülənə qədər sabit saxlaya bilir, yəni bufer tutumuna malikdir.

2. Bufer qarışığını təşkil edən komponentlərin qatılığı çox olduqca bir o qədər məhlulun bufer tutumu çox olur.

3. Bufer məhluluna turşu və ya qələvi əlavə etdikcə məhlulun pH dəyişməsinə qarşı davamlılığı tədricən azalır.

Analiz zamanı bufer qarışıqlardan istifadə edərkən onların tutumlarının nəzərə alınması vacibdir. Əgər məhlulda  $\text{H}^+$  ionlarının toplanması ilə müşayiət olunan müəyyən praktiki sabit pH-da hər-hansı bir reaksiyanı aparmaq istədikdə, lazımı pH-ı olan bufer qarışığının məhlula daxil edilməsi kifayət deyil; qarışığın bufer tutumunun yüksək olmasına çalışmaq lazımdır. Belə ki, yalnız bu vəziyyətdə məhlulun pH-ı praktiki olaraq sabit saxlanılacaq.

Bufer məhlullarının analitik kimya praktikasında böyük əhəmiyyəti vardır.

Ən çox istifadə olunan bufer qarışıqlar aşağıdakılardır:

Qarışığın adı	Tərkibi	pH
Formiat	Qarışıq turşusu ilə $\text{HCOOH}$ natrium formiatın $\text{NaCOOH}$ qarışığı	3,7
Benzoat	Benzoy turşusu $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ və natrium-benzoatın $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ qarışığı	4,2
Asetat	Asetat turşusu ilə $\text{CH}_3\text{COOH}$ natrium-asetatın $\text{CH}_3\text{COONa}$ qarışığı	4,7
Fosfat	Natrium-dihidrofosfatla $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ natrium-hidrofosfatın $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ qarışığı	6,8
Ammonyak	Ammonium-hidroksidlə $\text{NH}_4\text{OH}$ ammonium-xloridin $\text{NH}_4\text{Cl}$ qarışığı	9,2

Bufer qarışığın komponentlərinin qatılıqlarını dəyişdikdə pH-in qiymətini də dəyişmək olar. Bu zaman bufer tutumunun çox dəyişməməsi üçün yəni buferin təsiri kifayət qədər effektiv olması üçün komponentlərin birinin qatılığı digər komponentin qatılığından 10 dəfədən çox olmamalıdır. Komponentlərin birinin qatılığı 10 dəfə dəyişdikdə göstərilən pH-in qiyməti bir vahid dəyişdiyi üçün, aydındır ki, bufer qarışıqlarının effektiv təsir sahəsi yuxarıda göstərilən pH-in qiymətindən hər iki tərəfə bir vahid genişlənəcək. Belə ki,  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$  ibarət müxtəlif bufer qarışıqları hazırlamaq mümkündür ki, onlarda pH-in qiyməti 3,7-dən ( $\text{CH}_3\text{COONa}$  nisbətən  $\text{CH}_3\text{COOH}$  qatılığı 10 dəfə artıq olduqda) 5,7-yə qədər ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  nisbətən natrium-asetatın qatılığı 10 dəfə artıq olduqda) olmuş olsun.

Benzoat bufer qarışığının effektiv təsir sahəsi  $\text{pH}=3,2-5,2$  intervalındadır və s.

Bufer məhlullarının analitik kimya praktikasında böyük əhəmiyyəti vardır. Məsələn, barium kationunu stronsium və kalsium kationlarından ayırmaq üçün kalium-bixromat məhlulu ilə təsir edirlər. O zaman reaksiya nəticəsində əmələ gələn xlorid turşu-

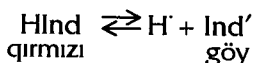
\* pH-in göstərilən qiymətlər, bufer qarışığı təşkil edən komponentlərin qatılıqları eyni olan hallara aid edilir.

su, ayrılan barium-xromat çöküntüsünü həll edir. Bununla da barium-xromat tamamilə çökmür. Barium ionunu bixromat ionu ilə tamamilə çökdürmək üçün üzərinə natrium-asetat məhlulu tökülür. Nəticədə qüvvətli xlorid turşusu zəif asetat turşusu ilə əvəz olunur. Alınan asetat turşusu ilə tökülən natrium-asetat qarışığı bufer qarışığı rolunu oynayır. Məhlulda hidrogen ionları qatılığı azalır və nəticə etibarilə barium-xromat miqdarən çökür. Onu da qeyd edək ki, zəif əsasi mühitdə stronsium ionu da xromat şəklində çökə bilər. Lakin  $\text{pH} \approx 5$ -də  $\text{Ba}^{2+}$  ionları xromat şəklində çökür,  $\text{Sr}^{2+}$  kationları isə məhlulda qalır.

### 3.1.10. Vəsfı analizdə mühitin pH-nın təyini

Əksər analitik reaksiyaları apararkən mühitin pH qiymətinin mühüm əhəmiyyəti olduğundan analiz prosesində onu çox vaxt praktiki olaraq təyin etmək lazım gəlir. pH-ın təyininin müxtəlif üsulları vardır. Analiz zamanı əksərən kolorimetrik üsuldən istifadə edilir. Bu üsul öz rəngini hidrogen ionların qatılığından asılı olaraq dəyişən reaktivlərin tətbiqinə əsaslanır. Bu cür reaktivlərə (məsələn lakmus) turşu-əsas indikatorları deyilir. Onlar zəif üzvi turşu və ya əsaslardır. Onların dissosiasiya etməmiş molekulları ilə əmələ gətirdikləri ionların rəngləri və quruluşları müxtəlifdir.

Əgər hər hansı bir indikator turşusu  $\text{HInd}$ , onun anionunu isə  $\text{Ind}'$  ilə işarə etsək, onda lakmusun məhlullarda dissosiasiyasını aşağıdakı sxemlə göstərmək olar:



Lakmusu suda həll etdikdə onun molekulları  $\text{HInd}$ , anionlarla  $\text{Ind}'$  birlikdə məhlulda olub, ona aralıq, yəni bənövşəyi rəng verirlər. Əgər bu məhlulda hər hansı bir turşudan bir az əlavə etsək, onda tarazlıq sola doğru yönəlir. Turşu ilə daxil edilən  $\text{H}^+$  ionları məhlulda olan  $\text{Ind}'$  anionlarının, demək olar ki, hamısı ilə birləşərək dissosiasiya etməyən  $\text{HInd}$  molekulları əmələ gətirirlər və məhlul qırmızı rəngə boyanır. Əgər lakmusun neytral məhluluna bir az qələvi töksək, onda onun  $\text{OH}'$  ionları indikatorun  $\text{H}^+$  ionları ilə birləşərək dissosiasiya etməyən  $\text{H}_2\text{O}$  molekulları əmələ

gətirər. Nəticədə indikatorun dissosiasiya tarazlığı sağa doğru, yəni  $\text{Ind}^-$  anionların toplanması istiqamətinə doğru yönələr və məhlul göy rəngə boyanar.

Digər indikatorların rənglərinin dəyişməsi analogi olaraq izah edilir.

Aydındır ki, məhlula turşu və ya qələvinin əlavə edilməsi, məhlulun pH qiymətini dəyişdirir ki, indikatorların rənglərinin dəyişməsi də bununla bağlıdır. Rəngin dəyişməsi hər bir indikator üçün xarakterik olan pH qiymətlərinin müəyyən intervalında baş verir ki, ona indikatorun keçid sahəsi deyilir. Belə ki, lakmus pH-ın 5-dən kiçik olan bütün qiymətlərində tamamilə eyni qırmızı rəngə malik olur. pH 5-dən yuxarı artdıqda isə rəng dəyişir və  $\text{pH}=8$  olduqda göy rəngə boyanır. pH-ın qiymətinin sonrakı artımı indikatorun rənginə təsir etmir, yəni məhlula nə qədər qələvi əlavə etsək də onun rəngi  $\text{pH}=8$ -də olduğu kimi göy olaraq qalacaq. 5-8 pH intervalı lakmus üçün keçid sahəni təşkil edir. Digər indikatorlarda keçid sahə pH-ın digər qiymətlərinə cavab verir. Bu müxtəlif indikator turşuların dissosiasiya sabitinin müxtəlifliyindən asılıdır. Məsələn, fenolftaleinin keçid sahəsi  $\text{pH}=8-10$  cavab verir;  $\text{pH}\leq 8$  bu indikator rəngsizdir,  $\text{pH}\geq 10$  olduqda isə - intensiv qırmızı rəngdədir. Keçid sahənin daxilində rəngsiz məhlulun tədricən qızarması müşahidə olunur; rəngin maksimum intensivliyi  $\text{pH}=10$  baş verir.

Məhlulun mühitinin təyininin ən sadə üsulu isə lakmus məhlulu və ya lakmus kağızından istifadə olunmasıdır. Lakmus kağızı lakmus məhlulu ilə hopdurulmuş süzgəc kağızı parçasıdır; onun üzərinə azacıq miqdarda turşu əlavə edildikdə "qırmızı lakmus kağızı", - və ya qələvi əlavə edildikdə isə "göy lakmus kağızı" alınır və qurudulur. Əgər tədqiq edilən məhluldan 1-2 damcı göy lakmus kağızı üzərinə əlavə edildikdə o qızarırsa, deməli məhlul turş reaksiyaya malikdir ( $\text{pH}\leq 5$ ). Qırmızı lakmus kağızının tədqiq edilən məhlulun bir damcısından göyəməsi onu göstərir ki, məhlul qələvi reaksiyaya malik olur ( $\text{pH}\geq 8$ ). Əgər tədqiq edilən məhlulun təsirindən nə qırmızı, nə də göy lakmus kağızları rənglərini dəyişmirlərsə, bu o deməkdir ki, məhlul neytraldır ( $\text{pH}\approx 7$ ).

Bəzən mühitin bu cür təxmini təyini kifayət edir. Bir sıra hallarda isə məhlulun pH qiymətinin dəqiq təyini lazım gəlir. Bunu, keçid sahələri müxtəlif pH qiymətlərinə cavab verən bir neçə müxtəlif indikatorlara tətbiq etmək olar.

Lakmusla yanaşı aşağıdakı indikatorları tətbiq etmək olar:

Timol göyü (pH=1,2-2,8; qırmızı-sarı)

Timol göyü (pH=8,0-9,6; sarı-göy)\*

Metil narıncı (pH=3,1-4,4; çəhrayı-narıncı)\*\*

Metil qırmızı (pH=4,4-6,2; qırmızı-sarı)

Fenol qırmızı (pH=6,8-8,0; sarı-qırmızı)

Fenolftalein (pH=8,0-10; rəngsiz-qırmızı)

Metil bənövşəyi (pH=0-2; yaşıl-bənövşəyi; pH=1-göy)

Timolftalein (pH=9,3-10,5; rəngsiz-göy)

Tutaq ki, tədqiq edilən məhlula indikatorun təsirindən aşağıdakı rənglər alınmışdır.

İndikator	Rəng
Timol göyü	Sarı
Metil narıncı	Narıncı (və ya sarı)
Metil qırmızı	Sarı
Fenol qırmızı	Sarı
Fenolftalein	Rəngsiz

Alınan nəticələrə görə aşağıdakı mülahizələri yürütmək olar:

Timol göyün sarı rəngi bildirir ki, məhlulun pH-ı 2,8-8,0 intervalındadır. Fenolftaleinin rəngsiz qalması göstərir ki, pH-ın qiyməti 8,0-dən böyük deyil. Metil narıncının narıncı rəngi  $pH \geq 4,4$ ; metil qırmızının sarı rəngi isə  $pH \geq 6,2$  olduğunu sübut edir. Lakin fenol qırmızı sarı rəngə boyandığından deyə bilərik ki,  $pH < 6,8$ . Beləliklə pH-ın qiyməti 6,2-6,8 intervalındadır, yəni  $pH \approx 6,5$ .

\* Timol göyü indikatorunun iki keçid sahəsi var.  $pH \leq 1,2$  olduqda, o qırmızı rəngdədir;  $2,8 \leq pH \leq 8$  sarı rəngdə olur. pH artırıldıqda isə o tədricən göyərir və pH=9,6-da göy rəngdə olur.

\*\* İndikatorun qatılığı kiçik olduqda  $pH \geq 4,4$  metil narıncının rəngi sarı olur.



Əgər hər hansı bir indikator göstərilən rənglərin heç birini vermirsə, aralıq rənglərə malik olursa, bu o deməkdir ki, məhlulun pH-ı indikatorun keçid sahəsinə uyğun olur. Məsələn, əgər timol göyü sarı və göy rəng əvəzinə iki rəngin qarışığı olan yaşıl rəng verirsə, belə nəticəyə gəlmək olar ki, pH-ın qiyməti 8,0 ilə 9,6 arasında, yəni 9-a yaxın olacaq.

İndikatorların məhlulları əvəzinə uyğun indikator kağızlarından istifadə etmək daha rahatdır; bu zaman tədqiq edilən məhlul şüşə çubuq vasitəsilə indikator kağızı üzərində yerləşir və əmələ gələn rəng müşahidə olunur.

Yuxarıda göstərilən indikatorların əvəzində, ayrı-ayrı indikatorların qarışığından ibarət olan "universal indikatorlardan" istifadə etmək məsləhətdir; onlar öz rənglərini pH-ın geniş intervalında dəyişirlər.

Məsələn, Koltqofun universal indikatoru beş müxtəlif indikatorun qarışığı olub, pH=2-10 intervalında rənglərini aşağıdakı kimi dəyişir:

pH	Rəng	pH	Rəng
2 (və kiçik)	qırmızımtıl-çəhrayı	7	sarımtıl-yaşıl
3	qırmızımtıl-narıncı	8	yaşıl
4	narıncı	9	göyümtül yaşıl
5	sarımtıl-narıncı	10 (və böyük)	bənövşəyi
6	sarı limon		

İndikatoru ya məhlul halda, ya da universal indikator məhlulu ilə hopturulmuş və qurudulmuş indikator kağızı şəklində istifadə etmək olar. Kağız dəstəsinə pH-ın müxtəlif qiymətlərində kağızın hansı rəng almasını göstərən rəngli şkala əlavə olunur.

Məhlulların pH-nı təyin edərkən nəzərə almaq lazımdır ki, onların hazırlanması üçün istifadə edilən distillə suyu mütləq təmiz deyil; tərkibində havadan udduğu CO<sub>2</sub> və şüşə qablardan ayrılan, məsələn, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> kimi maddələr mövcuddur. Nəticədə təcrübədə təyin olunmuş distillə edilmiş suyun pH-ı 7-yə bərabər olmur; o adətən, bir qədər kiçik olur (pH=5-6). Əgər bu cür su ilə NaCl, KNO<sub>3</sub> və s. kimi neytral duzların məhlullarını hazırlasaq, onların pH-ı 7-yə bərabər olmayıb, suyun pH-na uyğun olacaq (yəni pH=5-6).

Bu duzların dəqiq neytral reaksiyalı məhlullarını hazırlamaq üçün, uzun müddət qaynadılmaqla  $\text{CO}_2$ -dən azad olmuş sudan istifadə etmək lazımdır. Soyuduqda suyun yenidən  $\text{CO}_2$ -ni ud-maması üçün qabın ağzını mantarla bağlayırlar; mantardan natron əhənglə ( $\text{NaOH}$  ilə  $\text{CaO}$  qızardılmış qarışığı) doldurulmuş boru keçirilir. Borudan hava keçərkən orada olan  $\text{CO}_2$  natron qarışığı tərəfindən udularaq bərk halda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  və  $\text{CaCO}_3$  əmələ gətirir. Duzların məhlullarının pH-ın 7-yə bərabər olması üçün onları da  $\text{CO}_2$ -dən qorumaq lazımdır. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, məhlulları uzun müddət saxladıqda onların pH-ı qabın şüşəsindəki həll olunan silikatların məhlula keçməsi və hidrolizi hesabına arta bilər. Bunun qarşısını almaq üçün qabın divarları daxildən parafin təbəqəsilə örtülür.

### 3.1.11. Turşular və əsasların təbiəti haqqında anlayış və müasir təsəvvürlər

Kimyanın nailiyyətləri və onun inkişafı turşu və əsasların xassələrini öyrənməkdən çox asılı olmuşdur.

Turşu və əsaslar haqqında olan nəzəriyyələrin xülasəsini vermək məqsədəuyğun olardı.

Turşuların oksigen nəzəriyyəsi. Çoxdan bəridir ki, turşuları onlar üçün səciyyəvi olan bəzi xassələri ilə təyin edirlər. Həmin xassələrdən ən mühümləri, onların metallara və indikatorlara təsiri və qələviləri neytrallaşdırmalarıdır.

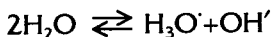
Turşu nəzəriyyəsini ilk dəfə XVIII əsrin axırlarında Lavuazye söyləmişdir. Həmin nəzəriyyəyə əsasən turşuluq xassəsi, birləşmədə olan oksigendən asılıdır. Bir az sonra Bersellius da oksigen nəzəriyyəsinin tərəfdarı olmuşdur. Getdikcə faktlar çoxalır və nəhayət XIX əsrin əvvəllərində kimyaçıların əksəriyyəti Lavuazye nəzəriyyəsini rədd edirlər. Hətta uzun müddət Lavuazye nəzəriyyəsinin qızğın tərəfdarı olan Bersellius da həmin nəzəriyyədən əl çəkir.

Turşuların oksigen nəzəriyyəsinin yanlışlığını ilk dəfə 1789-cu ildə Bertolle sianid və sulfid turşularında oksigen olmadığını göstərməklə sübut etmişdir. 1808-ci və 1811-ci illərdə Fransada Gey-Lüssak və Tenar, İngiltərədə isə Hemfri Devi xlorid turşusu-

nun tərkibini müəyyən edərək qəti sübut etdilər ki, turşuların oksigen nəzəriyyəsi doğru deyildir.

**Turşuların hidrogen nəzəriyyəsi.** Turşuların hidrogen nəzəriyyəsini ilk dəfə Devi və Dyulon vermişdir. Həmin nəzəriyyənin yüz ildən artıq bir vaxtda irəli sürülməsinə baxmayaraq, bu günə qədər öz əhəmiyyətini itirməmişdir. Arreniusun elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi əsasında söylənilmiş həmin nəzəriyyəyə görə turşular məhlulda dissosiasiya edərək hidrogen, əsaslar isə məhlulda dissosiasiya edərək hidrosil ionları əmələ gətirmələrinə görə xarakterizə olunurlar. Beləliklə, turşular (eləcə də əsaslar) götürülən maddələrin xassələrinə görə yox, həmin maddələrin məhlulda, həm də ancaq sulu məhlulda (bu nəzəriyyənin əleyhdarları da bununla əlaqədardır) olan xassələri ilə müəyyən edilir. Doğrudur, su ən çox yayılmış və çox mühüm həlledicidir; lakin o yeganə həlledici deyildir. Bundan əlavə, suyun ionlaşma məhsulu olan hidrogen və hidrosil ionlarına bu qədər böyük əhəmiyyət verilməsinə də ehtiyac yoxdur. Çünki bir sıra başqa həlledicilər də vardır ki, onlar ionlaşma nəticəsində lion və liat adlanan ionlar əmələ gətirirlər.\* Güman etmək olar ki, həmin həlledicilərdə də turş və əsasi reaksiyalar su mühitində olduğu kimi gedir.

**Solvasistem nəzəriyyəsi.** 1905-ci ildə ilk dəfə Franklin turşularda hidrogen nəzəriyyəsi əleyhinə çıxış edir və özünün həlledici olaraq, maye ammoniyakda turşu-əsas sistemlər nəzəriyyəsini irəli sürür. Həmin nəzəriyyə solvasistem adlanan nəzəriyyənin əsasını təşkil edir. Franklin müəyyən etmişdir ki, maye ammoniyak mühitində gedən reaksiyalar, suda gedən reaksiyalara çox oxşar olur. Su kimi, maye ammoniyak da zəif ionlaşan həlledici olub, ammonium və amid ionuna dissosiasiya edir:

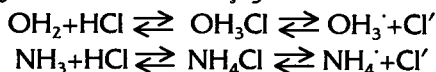


Qələvi metallar maye ammoniyakda həll olaraq  $\text{MeNH}_2$  tərkibli birləşmələr əmələ gətirir. Bu zaman alınan məhlul, qüvvətli qələvi məhlulların bütün səciyyəvi xassələrinə malik olur. Belə məhlullar fenolftaleinlə ilə qırmızı-moruğu rəngə boyanır, turşu-

---

\* Solvatlaşmış protona lion, solvatlaşmış anionlara liat deyilir.

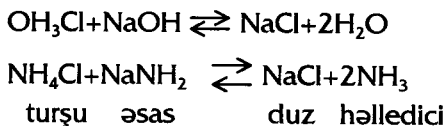
ları neytrallaşdırır və yüksək elektrikkeçirmə xassəsinə malik olurlar. Onlar özlərini kalium hidrosidin suda məhlulu kimi aparırlar; başqa sözlə desək, kalium-amidin  $\text{KNH}_2$  maye ammoniyakdakı məhlulu, özünü qüvvətli qələvi kimi aparır. Digər tərəfdən ammonium duzlarının maye ammoniyakda məhlulu, bir çox metallara turşular təsir etdiyi kimi təsir edir, metal amidləri məhlullarını neytrallaşdıraraq duz və həlledici əmələ gətirir. Hidrogen-xlorid maye ammoniyakda həll edildikdə ammonium duzları alınır. Hal-hazırda güman edilir ki, hidrogen-xloridin suda məhlulunda tamamilə ionlaşan oksonium duzu vardır. Beləliklə, xlorid turşusu ilə suyun və xlorid turşusu ilə maye ammoniyakın qarşılıqlı reaksiyaları bir-birinə oxşayır:



Yuxarıdakı reaksiya nəticəsində müsbət yüklü ionlar ( $\text{OH}_3^+$  və  $\text{NH}_4^+$ ) alınır ki, onlar da həlledicilərin özlərinin ionlaşması məhsuludur. Digər tərəfdən, metal hidrosidləri suda və metal amidləri maye ammoniyakda həll edildikdə, məhlulda mənfi yüklü ionların qatılığı ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{NH}_2^-$ ) artır. Turşu və əsasların solvasitem nəzəriyyəsinin əsasını da həmin cəhət təşkil edir. Həmin nəzəriyyəyə görə turşular elə maddələrdir ki, onların əmələ gətirdikləri müsbət yüklü ionu, həm də həlledici əmələ gətirir; əsaslar isə elə maddələrdir ki, onların əmələ gətirdikləri mənfi yüklü ionu, həm də həlledici əmələ gətirir. Beləliklə, HCl-i (ya xud  $\text{OH}_3\text{Cl}$ ) akvoturşu, NaOH-i isə akvoəsas adlandırmaq mümkün olduğu kimi,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -i də ammonoturşu,  $\text{NaNH}_2$ -ni isə ammonoəsas adlandırmaq olar.

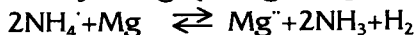
Suda və maye ammoniyakda gedən müxtəlif reaksiyaların bir-birinə çox oxşar olmasını, aşağıdakı tənliklərdən görmək olar:

Neytrallaşma:

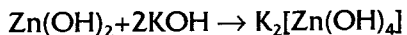


Hidroliz:  $\text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOPbCl} + \text{HCl}$

ammonoliz:  $\text{HgCl}_2 + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{NHgCl} + \text{HCl}$



Maddənin amfoterlik xassəsinin büruzə verilməsi:



suda həll olur



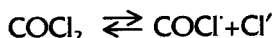
Maye ammoniyakda həll olur

Beləliklə, maye ammoniyak mühitində bir sıra səciyyəvi turşu-əsas reaksiyaları alınır.

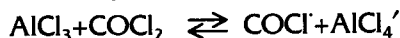
Dissosiasiya edərək lion və liat əmələ gətirə bilən bütün həlledicilərdə turşu və əsasların yuxarıda göstərilən reaksiyalarına rast gəlmək olar. Özü ionlaşan hər bir həlledicinin özünün səciyyəvi turşu və əsas sistemi vardır. Bu hal hidrogeni olan və hidrogeni olmayan həlledicilərin hamısına aiddir.

Solvasistem nəzəriyyəsi  $\text{N}_2\text{H}_4$ , HF,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  və s. kimi hidrogeni olan həlledicilərə; fosgen, maye kükürd 4-oksidi, selenoksilorid, sulfurilxlorid, tionilxlorid və s. kimi hidrogeni olmayan həlledicilərə tətbiq edilir.

Solvasistem nəzəriyyəsinin mahiyyətini aşağıdakı tənliklərdən daha aydın görmək olar:



maye fosgen



$\text{AlCl}_3$  fosgendə özünü turşu kimi aparır. Çünki, o həlledicinin əsas tərkib hissəsi olan  $\text{COCl}^+$  kationunun qatılığını artırır.

$\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  və s.  $\text{AlCl}_3$  ilə qarşılıqlı təsirdə özlərini əsas kimi aparır və  $\text{AlCl}_3$ -i neytrallaşdırır.

Smit solvasistem nəzəriyyəsini azacıq dəyişdirərək aşağıdakı nəticəyə gəlmişdir:

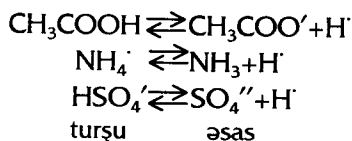
Həlledicidən elektron cütü qəbul edən maddələrə turşu, həllediciyə elektron cütü verən maddələrə əsas deyilir. Solvasistem nəzəriyyəsinin çatışmayan cəhəti həlledicinin ionlaşmasına (amfoter həlledicilərdə) üstünlük verməsi və onu zəruri hesab etməsidir. Lakin həmin nəzəriyyə ionlaşmayan həllediciləri, hətta heç həlledici olmayan halları nəzərə almır.

Proton nəzəriyyəsi. Turşu və əsasların solvasistem nəzəriyyəsi yenicə kök salan zaman, 1923-cü ildə bir-birindən asılı

olmayaraq Brensted və Louri yeni nəzəriyyə irəli sürmüşlər. Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə görə, bütün turşularda hidrogen ionları, bütün əsaslarda isə hidroksil ionları olur. Beləliklə, qəbul edilmişdir ki, turşular hidrogen ionlarının, əsaslar isə hidroksil ionlarının donorudur. Lakin bəzi tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, turşuluq qüvvəsinin onların ionlaşma dərəcəsiindən asılı olması zəruri deyildir. Belə ki, turşular suda həll edildikdə qüvvətli, lakin praktiki ionlaşmayan karbohidrogenlərdə həll edildikdə daha qüvvətli ola bilərlər. Bundan başqa, müəyyən edilmişdir ki, tərkibində oksigen olan bəzi həlledicilərin, xüsusilə mürəkkəb efiirlər turşuluğu azaldır. Göstərilənlərdən və bir sıra başqa faktlardan aydın olur ki, turşuların hidrogen nəzəriyyəsi ətrafı əsaslandırılmamışdır.

Proton nəzəriyyəsi əslində, hidrogen nəzəriyyəsinin təkmilləşdirilmiş forması olub, rus-kimya ədəbiyyatında protolitik nəzəriyyə adı ilə məşhurdur.

Proton nəzəriyyəsinə görə, proton verən maddələrə turşu, proton qəbul edən maddələrə isə əsas deyilir. Həmin nəzəriyyəyə əsasən, turşu və ya əsas həm neytral molekullar, həm də ionlar ola bilər. Neytrallaşma protonun turşudan əsasa keçməsi ilə gedir. Bu zaman turşuluq və ya əsaslıq həlledicinin təbiətindən yox, molekul və ionlarının xassələrindən asılıdır. Məsələn:

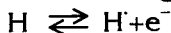


Yuxarıdakı tənliklərin sol tərəfində yazılan neytral turşu molekulu, kation və habelə anion, proton verməyə qabil olduqları üçün onlar turşudurlar. Tənliklərin sağ tərəflərində yazılanlar proton qəbul edərək uyğun turşular əmələ gətirməyə qabil olduqları üçün əsaslardır. Beləliklə, hər bir turşu (proton ayrılma nəticəsində əmələ gəlir) onunla əlaqədar olan əsasa; hər bir əsas (proton ilə birləşmə nəticəsində əmələ gəlir) onunla əlaqədar olan turşuya malikdir.

Proton nəzəriyyəsi aşağıdakı sxem üzrə əsasları turşularla əlaqələndirir:

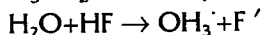
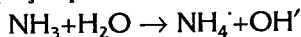
əsas+proton=turşu

Beləliklə, həmin nəzəriyyəyə görə proton ayrılmaqla turşular onlarla əlaqədar olan əsaslara çevrilir. Proton elektronunu itirmiş hidrogen atomuna, başqa sözlə, hidrogen ionuna deyilir:

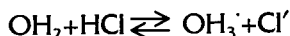


Elektromənfiliyi yüksək olan bütün atomlar turşu, əmələ gətirə bilirlər; çünki onlar elektronu protondan daha çox qüvvə ilə cəzb edirlər. Əksinə, elektromənfiliyi aşağı olan atomlar əsas əmələ gətirə bilirlər; çünki onlar protonu elektrondan daha çox qüvvə ilə cəzb edir. Buradan belə nəticə çıxarmaq olar ki, yüksək oksidləşmə dərəcəsinə malik olan elementlər turşular əmələ gətirməlidirlər, çünki kimyəvi elementin valentliyi artdıqca, kompleks əmələ gətirən mərkəzi atomun elektromənfiliyi artır. Məsələn, iki və üç valentli manqan birləşmələri amfoter xassəli, lakin altı və yeddi valentli manqan birləşmələri turşu xassəli olur. Bunun kimi də xrom, vanadium və başqa yüksək valentli elementlər ola bilər. Bu nəzəriyyəyə əsasən demək olar ki, əsaslara xas olan xüsusiyyət, onların hidrosil ionları ayırmağa qadir olması yox, ayrılan hidrosil ionlarının proton birləşdirərək su molekulu əmələ gətirməyə qadir olmasıdır.

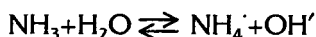
Yuxarıda deyildiyi kimi, əsaslara o birləşmələr aiddir ki, onlar proton ilə möhkəm birləşir; turşulara o birləşmələr aiddir ki, onlar asanlıqla özlərindən proton ayrırırlar. Məsələn, ammoniyakdan hidrogen-flüoridə doğru getdikcə protonla qarşılıqlı təsir zəifləyir. Ona görə də  $\text{H}_2\text{O}$  və  $\text{NH}_3$  qarışığı əsas,  $\text{H}_2\text{O}$  və  $\text{HF}$  qarışığı turşu olub, onların qarşılıqlı təsirindən isə düz əmələ gəlir:



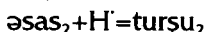
Protolitik nəzəriyyənin və ya protolitik reaksiyanın adı proton sözündən götürülmüşdür ki, bu da protonun ayrılması və birləşməsi ilə əlaqədardır. Turşu və əsaslar elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinə görə elektrolitlər adlandırıldığı kimi, protolitik nəzəriyyəyə görə də protolitlər adlanır. Elektroneytral sudan fərqli olaraq hər turşunun suda məhlulunda artıq miqdarda oksonium ionları olur. Məsələn:



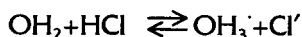
Hər əsasın suda məhlulunda isə artıq miqdarda hidroksil ionları olur. Məsələn:



Beləliklə, HA turşusu, nəinki yüksək dielektrik mühitdə H' və A' ionlarına dissosiasiya edir, eyni zamanda suyun dipol molekulları ilə kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olur və protolit əmələ gətirir. Bu zaman yeni cüt hissəcik əmələ gəlir ki, onların da bir hissəsi turşu, digər hissəsi isə əsas olur. Protolit reaksiyanın ümumi sxemini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

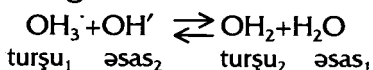


Hər turşu-əsas cütünün üzvləri turşu və əsasla əlaqədar olurlar:

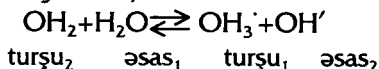


Tənlikdə HCl molekulu turşu<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>O molekulu isə əsas<sub>2</sub>, OH<sub>3</sub><sup>+</sup> ionu turşu<sub>2</sub>, Cl' ionu əsas<sub>1</sub> olur.

Protolitik nəzəriyyəyə əsasən, elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsinin əksinə olaraq, molekulların ionlara dissosiasiya etməsi prosesi öz-özünə yox, molekulların öz aralarında qarşılıqlı təsiri nəticəsində gedir. Həll olan maddə ilə həlledici molekulları arasında gedən reaksiya, suyun ionlaşmasında olduğu kimi, avto-protoliz, birləşmə isə amfolit adlanır. Suyun amfoterliyi neytrallaşma tənliyindən irəli gəlir:

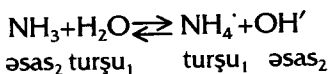
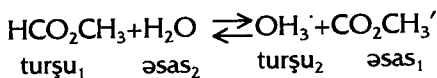


Həmin reaksiya, aşağıdakı tənlik üzrə su molekulunun ionlaşmasının (dissosiasiyasının) əksidir:



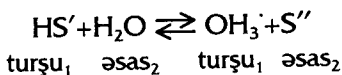
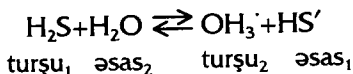
Yuxardakı tənlikdə suyun bir molekulu proton akseptoru (əsas), o biri molekulu isə proton donoru (turşu) vəzifəsini görür. Turşu və əsasların məhlulda ionlaşma prosesi, bir tərəfdən turşu və ya əsas molekulları ilə, digər tərəfdən həlledici olmaq etibarilə su molekulları arasında gedən protolitik reaksiyanın nəticəsidir. Məsələn:





Yuxarıda göstərilən tənliklərdə su amfolit olmaq etibarı ilə birinci halda əsas, ikinci halda isə turşu vəzifəsini ifa edir.

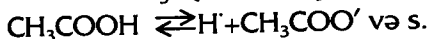
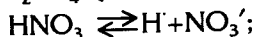
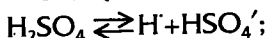
Turşu və əsaslar neytral molekullar, sadə və ya mürəkkəb ionlar da ola bilərlər. Məsələn:



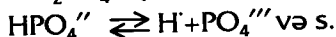
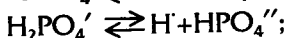
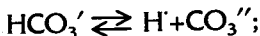
Asetat ionu  $\text{CO}_2\text{CH}_3'$  əsasi ion, ammonium ionu  $\text{NH}_4^+$  isə turşu ionudur. Hidrosulfid ionunun  $\text{HS}^-$  həm əsas ionu, həm də turşu ionu olması mümkün olduğu üçün amfolitdir.

Brensted nəzəriyyəsinə əsasən, aşağıdakı tip turşular ola bilər:

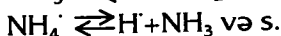
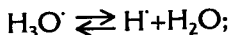
1. Neytral turşular:



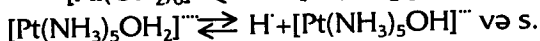
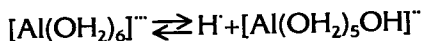
2. Anion turşular:



3. Kation turşular:



Kation turşularına metalların hidratlaşmış kationları da daxildir. Məsələn:



Bunun kimi də iki qrup əsaslar ola bilər:

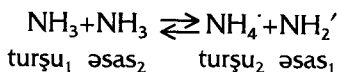
1. Neytral əsaslar:  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $C_6H_5NH_2$  və s.

2. Anion əsaslar:  $Cl'$ ,  $Br'$ ,  $J'$ ,  $NO_3'$ ,  $OH'$  və s.

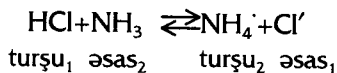
Çoxəsaslı turşu molekullarından hidrogen ionları tədricən ayrıldıqda "anion turşuları" adlanır. Metalların hidratlaşmış kationları "kation turşuları" adlanır, məsələn  $[Al(OH_2)_6]^{3+}$  proton verərək  $[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$ .

Bunun kimi də  $[Fe(OH_2)_6]^{3+}$  və  $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$  proton verərək  $[Fe(H_2O)_5(OH)]^{2+}$  və  $[Cu(H_2O)_3(OH)]^{+}$  çevrilirlər.

Protolitik reaksiya su olmayan, məsələn, maye ammoniyak məhlulunda da gedir. Maye ammoniyak molekulları öz aralarında qarşılıqlı təsirdə olaraq, suda olduğu kimi dissosiasiya edir:



Hidrogen-xlorid maye ammoniyakda həll olur və protolitik reaksiya gedir:



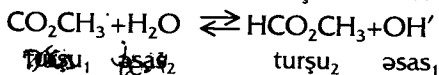
Burada aydın olur ki,  $NH_4Cl$  maye ammoniyakda özünü turşu kimi aparır, çünki  $OH_3'$  ionu vəzifəsini burada  $NH_4'$  ionu görür.

Protolitik nəzəriyyə turşu, əsas və duzların dissosiasiya reaksiyalarını, həmçinin neytrallaşma və hidroliz reaksiyalarını vahid bir sistemdə birləşdirir.

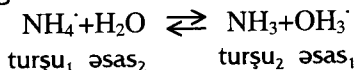
Brenstedin protolitik nəzəriyyəsinə görə bir turşu bir əsasa və hər bir əsas bir turşuya uyğun gəlir.

Həm molekullar, həm də ionlar proton ala bilirlər və ya proton verə bilirlər. Məhlulda sərbəst protonların və elektronların yaşaması (qalması) mümkün deyildir. Protonlar və elektronlar bir molekul və ya iondan başqasına keçə bilirlər. Beləliklə, protolitik nəzəriyyə, oksidləşmə-reduksiya proseslərində elektron nəzəriyyəsinə oxşayır.

Protolitik nəzəriyyə, hidroliz prosesini turşu və ya əsas ionu ilə su molekulu arasında protolitik reaksiya kimi izah edir. Məsələn: əsas ion asetat ionu su ilə turşu kimi reaksiyaya girir:



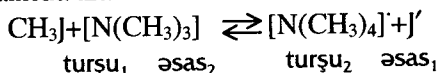
Yaxud, turşu ionu olan ammonium kationu  $\text{NH}_4^+$  su ilə əsas kimi reaksiyaya girir:



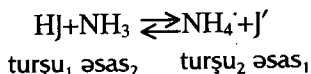
Brenstedin protolitik nəzəriyyəsinə əsasən, neytrallaşma reaksiyası protoliz reaksiyası adlandırılmışdır. Protoliz reaksiyaları su olmayan məhlullarda böyük əhəmiyyətə malikdir.

Proton turşusu olmayan zaman, daha doğrusu, proton olmayan maddələrdə proton vəzifəsini o hissəciklər görürlər ki, onlar bir molekuldan başqasına keçmək qabiliyyətinə malik olsun. Məsələn, metil qrupu  $\text{CH}_3$ , etil qrupu  $\text{C}_2\text{H}_5$  və s. kimi.

Bunu, metil-iodid  $\text{CH}_3\text{I}$  ilə trimetiaminin  $[\text{N}(\text{CH}_3)_3]$  qarşılıqlı təsiri nəticəsində tetrametil ammonium yodid  $[\text{N}(\text{CH}_3)_4]^+\text{I}^-$  duzunun alınması misalında izah etmək olar:



Həmin tənlik hidrogen-yodidlə ammoniyakin qarşılıqlı təsiri tənliyinə oxşayır:



Brensted nəzəriyyəsinə görə katalizatorun rolu, protonu katalizator hissəciyindən maddəyə (turşu kataliz), yaxud maddədən katalizator hissəciyinə (əsas kataliz) köçürməkdən ibarətdir. Katalitik fəallıq, protonun maddəyə asanlıqla birləşməsindən və ya ondan asanlıqla ayrılmasından asılıdır.

Bu nəzəriyyəyə görə, bütün turşular və əsaslar katalizator ola bilərlər. Turşu və əsasların katalitik fəallığı, onların ən əsas xüsusiyyətlərindən biridir. Turşu və əsasların qüvvələri ilə onların katalitik fəallığı arasında yaxın bir asılılıq vardır.

Yuxarıdakılardan aydın olur ki, turşu və əsasların qüvvələri, onların həlledicilərlə nə dərəcədə qarşılıqlı təsirdə olmalarından asılıdır. Bu da həlledicinin özünün turşu və ya əsas olmasından asılıdır. Beləliklə, bütün qüvvətli turşular ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  və s.) su mühitində tamamilə dissosiasiya edirlər. Həmin turşuların axıra qədər dissosiasiya etmələrinin səbəbi də suyun özündə, turşu molekulunun bütün protonları ilə birləşə bilən əsasın ol-

maşıdır. Əgər suyu, əsaslığı az olan həlledici ilə, məsələn, asetat turşusu ilə əvəz etsək, o zaman reaksiya tam getməz.

Proton nəzəriyyəsi hamıya məlum olan faktların hamısını əhatə etmir. Oksidləşdircilər dedikdə, tərkibində oksigen olan maddələr nəzərdə tutulması ehtimalı kimi, bu nəzəriyyə də çox məhduddur.

Lyuis nəzəriyyəsi. Lyuis turşu və əsasları dörd əsas xüsusiyyətləri ilə xarakterizə etmişdir:

1. Turşu və əsaslar bir-birini neytrallaşdırmaq qabiliyyətinə malikdirlər;

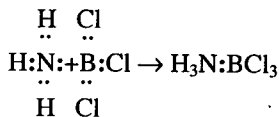
2. Turşu və əsaslar indikatorun iştirakı ilə titrlənə bilirlər.

3. Qüvvətli turşu və əsaslar, zəif türşü və əsasları onların duzlarından sıxışdırıb çıxarırlar.

4. Turşu və əsaslar kimyəvi reaksiyaya katalitik təsir göstərə bilirlər.

Turşu və əsaslar haqqında Lyuis nəzəriyyəsi, eksperimentdən çıxan nəticələrə əsaslanır. Bundan əlavə, həmin nəzəriyyə klassik nəzəriyyədə və solvosistemdə olduğu kimi göstərilən maddələrdən alınan məhsulların termininə yox, onların özlərinə əsaslanır. Bununla da Lyuis nəzəriyyəsi "turşu" anlayışına daha geniş yer verir.

Lyuisə görə bütün turşularda başqa molekulardan elektron cütü qəbul etməyə qadir olan atomlar vardır. Digər tərəfdən əsaslar da elektron cütü verməyə qadir olur. Beləliklə, Lyuisə görə turşulara elektronların akseptoru kimi baxmaq olar. Məsələn  $\text{BCl}_3$  və  $\text{NH}_3$  molekulaları arasında gedən reaksiya tipik neytrallaşma reaksiyası olub, donor-akseptor rabitənin əmələ gəlməsi ilə gedir.



Beləliklə, donor-akseptor rabitənin yaranması neytrallaşmanın çox mühüm və əsas prosesidir.

Elektron nəzəriyyəsi eksperimentə əsaslandığı üçün daha çox məntiqli və əsaslı nəzəriyyədir.

Buradan da demək olar ki, Lyuis nəzəriyyəsi daha geniş və ardıcıl bir nəzəriyyədir.

Lyuis nəzəriyyəsinin mənfə cəhəti onun turşu və əsasların qüvvələri haqqında müəyyən fikir söyləyə bilməməsidir. Xüsusən, Lyuis protonun turşuların qüvvələrinin yeganə kriteriyası olmasını inkar edir. Lyuisə görə məsələn, gümüş ionu turşudur, çünki həmin ion əsasla möhkəm birləşir (məsələn, amonyakla) və möhkəm kompleks əmələ gətirir. Lakin OH' kimi bir sıra qüvvətli əsaslar da var ki, gümüş ionu ilə birləşib kompleks əmələ gətirmir.

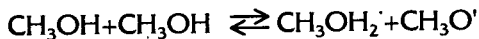
### 3.1.12. Turşuların qüvvəsinə differensial təsirinə görə susuz həlledicilərin təsnifatı

Bütün susuz həllediciləri onların protonlarla qarşılıqlı təsirinə görə təsnif etmək olar. Bu əlamətə görə həlledicilər aproton və protolitik olmaqla iki qrupa bölünür.

Aproton həlledicilərin molekulları protonları nə verə, nə də birləşdirə bilmirlər: onlar ionlaşmamış vəziyyətdə olurlar. Aproton həlledicilərdə həll olmuş turşu və əsaslar da dissosiasiya edə bilmirlər. Aproton həlledicilərə misal olaraq benzolu göstərmək olar.

Protolitik həlledicilərin molekulları protonları həm birləşdirə, həm də ayıra bilirlər. Onlar aşağıdakı qruplara bölünürlər.

1. Amfiprot (amfoter) həlledicilər. Onların molekulları protonları həm verə, həm də birləşdirə bilirlər. Onlara su, metanol, etanol, fenol və s. aiddir. Metanolun dissosiasiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu prosesdə metanolun amfoter xassələri özünü biruzə verir. Dissosiasiya zamanı metoksonium kationları və CH<sub>3</sub>O<sup>-</sup> anionları əmələ gəlir.

Təxminən eyni dərəcədə protonların donoru və akseptoru olan amfiprot həlledicilərdə həm turşular, həm əsaslar dissosiasiya edirlər.

2. Molekulları protonları çox asan birləşdirən - protofil (əsas) həlledicilər. Bu cür həlledicilərdə turşuların dissosiasiyası

güclənir. Misal olaraq piridini, hidrazini göstərmək olar.

3. Molekulları protonları özlərinə birləşdirmək meylləri az olan, lakin onları asanlıqla ayıran - protogen (turşu) həlledicilər. Bu cür həlledicilərdə əsaslar asanlıqla dissosiasiya edir, lakin turşuların dissosiasiyası cüzdür. Bu tip həlledicilərə misal olaraq susuz karbon turşularını - asetat, yağı, qarışqa və s. turşularını göstərmək olar.

Analitik kimya üçün həlledicilərin turşu və əsasların qüvvələrinə differensial təsirinə görə onların təsnif edilməsi daha mühümdür. Bu əlamətə görə bütün həllediciləri iki qrupa bölürlər.

Birinci qrup həlledicilərdə turşu və ya əsasların qüvvələrinin nisbəti sulu məhlullarda qüvvələrinin nisbəti kimi qalır. Bu cür həlledicilərə ilk növbədə tərkibində hidrosil qrupları olan kimyəvi birləşmələr, məsələn, spirtlər, fenollar və b. aiddir.

İkinci qrup həlledicilər differensasiya edən həlledicilərdir. Bu həlledicilərdə turşu və əsasların qüvvələrində böyük fərqlər nəzərə çarpır. Bu cür həlledicilərdə elektrolitlərin qüvvələrindəki nisbət sulu məhlullardakından fərqlidir.

Adətən bu cür həlledicilər aydın ifadə olunan protonların donoru və ya akseptoru xassəsinə malik olmur.

Differensasiya edən həlledicilər (aldehidlər, ketonlar və nitrillər) analitik kimyada böyük tətbiq sahəsi tapmışdır. Həlledicilərin differensasiya təsirinin bir neçə tipi vardır.

Birinci tip - müxtəlif kimyəvi təbiəti olan turşuların nisbi qüvvələrinin dəyişdirilməsi. Praktiki olaraq bütün həlledicilər turşulara qarşı differensasiya təsiri göstərilər. Parlaq misal kimi benzoy turşusu və 2,6-dinitrofenolun, xlorid turşusunun və mono- və ya dixlorasetat turşularının nisbi qüvvələrinin dəyişdirilməsini göstərə bilərik. Benzoy turşusu və fenol (və ya fenolun törəmələri) turşudurlar, lakin öz kimyəvi xassələrinə görə onlar müxtəlif siniflərə mənsub olan birləşmələrdir. Benzoy turşusu məhlulların turşuluğunu karboksil qrupunun mövcud olması, fenol məhlulların turşuluğunu isə - hidrosid qruplarının olması təmin edir. Xlorid və xlorasetat turşuları da öz kimyəvi təbiətlərinə görə çox fərqlənirlər: HCl - mineral turşudur, xlorasetat turşusu isə üzvi karbon turşuları sinfinə aiddir. Onların differensa-

siya təsirləri aşağıdakı kimi özünü göstərir. Suda benzoy turşusu və 2,6-dinitrofenol - təxminən bərabər qüvvəli turşulardır. Lakin etanolda benzoy turşusu 2,6-dinitrofenola nisbətən təxminən on dəfə zəif olur. Daha çox differensasiya təsiri aseton göstərir. Onda həll edilmiş adları çəkilən turşular öz qüvvələrinə görə təxminən 45 dəfə fərqlənirlər. Suda xlorid turşusu xlorasetat turşusundan 25 dəfə güclü dissosiasiya edir. Lakin asetonda xlorid turşusu xlorasetat turşusundan  $9 \cdot 10^5$  dəfə qüvvətli olur.

Həlledicilərin differensasiya təsirini ikinci tipi - protogen həlledicilərdə mineral turşuların nisbi qüvvələrinin dəyişdirilməsidir. Belə ki, suda adları aşağıda çəkilən turşular qüvvətli olub, praktiki tam dissosiasiya edirlər. Lakin həllədici kimi asetat turşusu götürüldükdə onlar öz dissosiasiya sabitlərinə görə çox fərqlənirlər:

Turşular	HClO <sub>4</sub>	HBr	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	HNO <sub>3</sub>
pK	5,8	6,4	8,2	8,9	9,4

Asetat turşusunun dielektrik nüfuzluğu 6,1 bərabərdir. Deməli, qüvvətli turşuların dissosiasiyası suda məhlullardan asetat turşusu məhlullarına keçdikdə zəifləməlidir. Həllədici kimi asetat turşusunun protogen xassələri də turşuların dissosiasiyalarının zəifləməsinə təmin etməlidir. Göstərilənlərdən aydın olur ki, dissosiasiyanın zəifləməsindən başqa həmçinin turşuların qüvvələrinin differensasiyası da baş verir. Asetat turşusunda HClO<sub>4</sub> və HNO<sub>3</sub> turşuları üçün pK qiymətlərinin fərqi 3,6-dır, yəni bu turşular dissosiasiya qabiliyyətlərinə görə təxminən 65 dəfə fərqlənirlər.

Həlledicilərin differensasiya təsirinin üçüncü tipi - dielektrik nüfuzluğu kiçik olan əsasi (protofil) həlledicilərdə mineral turşuların nisbi qüvvələrinin dəyişməsidir. Belə ki, piridində mineral turşular üçün pK aşağıdakı qiymətlərə malikdirlər:

Turşular	HJ	HClO <sub>4</sub>	HBr	HCl	HF
pK	2,5	3,2	4,0	5,4	8,5

Suda bu turşuların hamısı, HF müstəsna olmaqla, qüvvətli-dilər. Piridin turşuların qüvvələrini zəiflədir. Burada həllədicinin dielektrik nüfuzluğunun təsiri özünü göstərir.

Lakin turşuların piridində qüvvələri asetat turşusuna nisbətən az zəifləyir. Bu asetat turşusu və piridin mütəxəlif kimyəvi təbiətə malik olması ilə izah edilir. Asetat turşusu - protonları birləşdirməyə az meyilli olan protogen həlledicidir, piridin isə əksinə, protonları asanlıqla birləşdirə bilən protofil həlledicilər qrupuna aiddir. Ona görə də piridində həll olan turşuların dissosiasiyası güclənir. Turşuların qüvvələri eyni dərəcədə azalmır: piridin həm də turşuların qüvvələrini differensasiya edir.

### 3.2. BİRİNCİ QRUP KATIÖNLARININ REAKSİYALARI VƏ ANALİZİN GEDİŞİ

#### 3.2.1. Birinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

Birinci qrupa  $\text{Ag}^+$ ;  $\text{Pb}^{2+}$  və  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  kationları daxildir. Bu elementlər D.İ.Mendeleyevin dövrü sisteminin mütəxəlif qruplarında yerləşirlər. Birinci qrup kationlarının axırdan II elektron təbəqələrində tamamlanmış 18 elektron vardır ki, bu da onların halogenid-ionlarına qarşı eyni münasibətini təmin edir.

Birinci analitik qrupun qrup reaktivi 2N xlorid turşusudur; o bu qrupun kationlarını xloridlər şəklində  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$  çökdürür.

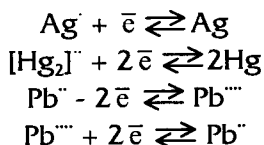
Birinci qrup kationlarının bir çox birləşmələri rəngsizdir; onlar suda az həll olurlar. Rəngli anionlarla əmələ gətirdikləri bütün birləşmələri rənglidir.

Bütün nitratları, nitritləri və gümüş-flüorid suda həll olur. Bütün flüoridlər ( $\text{AgF}$ -dən başqa), sulfatlar, sulfidlər, arsenatlar, fosfatlar, arsenitlər, silikatlar, xromatlar, bromatlar, yodidlər və hidrosidlər suda həll olmur.

Bu qrupun kationları  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{AgJ}_4]^-$ ;  $[\text{PbJ}_4]^-$ ,  $[\text{AgCl}_3]^-$ ,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  və s. tipli kompleks birləşmələr əmələ gətirməyə meyillidirlər.

Birinci analitik qrupun kationları asanlıqla oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarına daxil olurlar. Onlardan aşağıdakılar ən xarakterikdir.

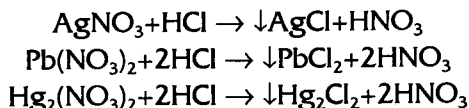




Birinci analitik qrupa bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi 6-cı cədvəldə göstərilmişdir.

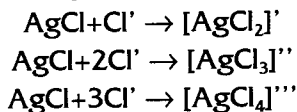
### 3.2.2 Qrup reaktivinin təsiri

Durulaşdırılmış xlorid turşusu (həmçinin xloridlərin məhlulları)  $\text{Ag}^+$ ;  $\text{Hg}_2^{2+}$  və  $\text{Pb}^{2+}$  ionları ilə xloridlərdən ibarət ağ rəngli  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  və  $\text{PbCl}_2$  çöküntüləri əmələ gətirir. Qurğuşun 2-xlorid kristallıq, gümüş-xlorid və civə 1-xlorid süd çürüntüsünə oxşar amorf çöküntüdür:



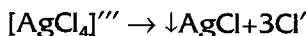
1-ci qrup kationları xloridlərinin həll olmaları müxtəlifdir. Məsələn, 20°C-də  $\text{PbCl}_2$  - 11,0 q/l;  $\text{AgCl}$  - 0,0018 q/l;  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  - 0,0002 q/l-dir. 100°C-də isə  $\text{PbCl}_2$  - 32,0 q/l;  $\text{AgCl}$  - 0,0022 q/l;  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  - 0,0016 q/l-dir.

$\text{AgCl}$  çöküntüsü işıqda bənövşəyi rəngə boyanır və hətta qaralır (parçalanma gedir). Qüvvətli turşudan əmələ gələn duzlar kimi gümüş-xlorid durulaşdırılmış turşularda ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) həll olmur. Lakin qatı xlorid turşusunda, qatı natrium-xlorid və kalium-xlorid məhlullarında asanlıqla həll olaraq  $[\text{AgCl}_2]'$ ,  $[\text{AgCl}_3]''$  və  $[\text{AgCl}_4]'''$  tərkibdə kompleks ionlar əmələ gətirir:



Deyiləndən görünür ki, birinci qrup kationları çökdürülərkən xlorid turşusunun qatılığını çox artırmaq olmaz, çünki  $\text{AgCl}$  qismən həll ola bilər.

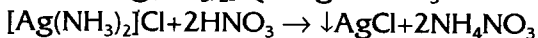
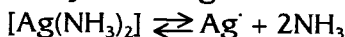
Əmələ gəlmiş kompleks birləşmələr sabit deyildir. Su ilə durulaşdırıldıqda yenidən gümüş-xlorid çöküntüsü alınır; məsələn:



Gümüş-xlorid ammonium-hidroksid məhlulunun artığında həll olaraq ammoniyakat kompleksi əmələ gətirir. Bunu çöküntünün məhlula verdiyi  $\text{Ag}'$  ionlarının ammonium-hidroksid məhlulunda olan  $\text{NH}_3$ -lə birləşib  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]'$  kompleks ionu əmələ gətirməsilə izah etmək olar:



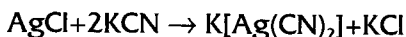
Alınan məhlulun üzərinə hər-hansı bir turşu, məsələn  $\text{HNO}_3$  ilə turş reaksiya alınincaya qədər təsir etsək, turşunun hidrogen ionları  $\text{NH}_3$  molekulları ilə birləşib daha davamlı  $\text{NH}_4'$  kompleksi əmələ gətirir və  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]'$  ionunun dissosiasiya tarazlığı sağa doğru yönəlir, nəticədə yenidən  $\text{AgCl}$  alınır:



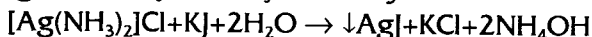
Bu reaksiya gümüş ionu üçün səciyyəvidir.

Analizin gedişində  $\text{AgCl}$ -i  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ -dən ayırmaq üçün  $\text{NH}_4\text{OH}$ -in təsirindən istifadə edilir.

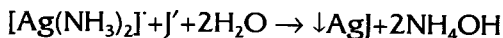
Gümüş-xlorid habelə kalium-sianid və natrium-tiosulfatda yaxşı həll olur:



Gümüş ionlarını həmçinin  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  məhluluna  $\text{KJ}$  ilə təsir etməklə təyin etmək olar.  $\text{Ag}'$  ionları  $\text{J}'$  ionları ilə çox az həll olan  $\text{AgJ}$  çöküntüsünü əmələ gətirir. Gümüş-yodidin həllolma hasili ( $h_h = 1,5 \cdot 10^{-16}$ )  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]'$  kompleksin davamsızlıq sabitindən ( $K_{\text{davamsızlıq}} = 6,8 \cdot 10^{-8}$ ) müqayisə edilməyən dərəcədə kiçikdir. Ona görə də diamminarkenta xlorid kompleks məhlulunda olan  $\text{Ag}'$  ionlarının qatılığı  $\text{AgJ}$ -in həllolma hasilinə üstün gəlmək üçün kifayət olduğundan, o çöküntü şəklində ayrılır:



və yaxud



$\text{AgJ}$  çöküntüsü sarı rəngdədir;  $\text{KJ}$  artığında o  $\text{K}[\text{AgJ}_2]$  kompleks duzun əmələ gəlməsi ilə həll ola bilər.

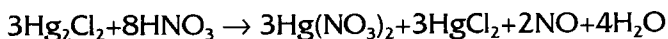
Civə 1-xlorid (kalmel) ağ rəngli çöküntü olub xlorid turşusunun artığında həll olmur; lakin gümüş-xloriddən fərqli olaraq nitrat turşusunda həll olur:

Cədvəl 6. Birinci analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinə xülasəsi

Reaktivlər	Kationlar	
	Ag <sup>+</sup>	[Hg <sub>2</sub> ] <sup>2+</sup>
HCl	↓AgCl - ağdır, NH <sub>4</sub> OH-da həll olur	↓Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> - ağdır, HNO <sub>3</sub> -də həll olur
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	↓Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - ağdır. Qaynar suda həll olur.	↓Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - ağdır
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	↓Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> - sarıdır, NH <sub>4</sub> OH və HNO <sub>3</sub> -də həll olur	↓Hg <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> - ağdır.
NaOH və ya KOH	↓Ag <sub>2</sub> O - qonurdur, NH <sub>4</sub> OH, mineral turşularda və asetat turşusunda həll olur.	↓Hg <sub>2</sub> O - qaradır, nitrat və asetat turşularında həll olur.
NH <sub>4</sub> OH	↓Ag <sub>2</sub> O - qonurdur.	$\left[ \begin{array}{c} \text{Hg} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} < \quad > \text{NH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Hg} \end{array} \right] \text{NO}_3 + \downarrow \text{Hg}$ ağdır qaradır zərhdə həll olur.
H <sub>2</sub> S və ya (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	↓Ag <sub>2</sub> S - qəhvəyi qaradır, HNO <sub>3</sub> -də həll olur.	↓HgS+Hg - qaradır, zərhdə və Na <sub>2</sub> S-də həll olur.
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> və ya K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	↓Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - ağdır. NH <sub>4</sub> OH və HNO <sub>3</sub> -də həll olur.	↓Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - sarıdır, HNO <sub>3</sub> -də həll olur.
		↓Pb(OH) <sub>2</sub> - ağdır.
		↓PbS - qaradır, HNO <sub>3</sub> -də həll olur.
		Pb <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> - ağdır, qələvilərdə və HNO <sub>3</sub> -də həll olur.

Cədvəl 6-in davamı

Reaktivlər	Kationlar	
	Ag	[Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> ]
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (turlaşdırıcıda və qızdırılıqda)	↓Ag <sub>2</sub> S - qatadır	↓qatadır
KCN	↓AgCN - ağdır, reaktiv artığında və mineral turşularda həll olur.	↓Hg və Hg(CN) <sub>2</sub> - qatadır.
KJ	↓AgJ - sarımtıldır, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -də həll olur.	↓Hg <sub>2</sub> J <sub>2</sub> -yaşıldır, reaktiv artığında həll olur.
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	↓Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> - kərpici qırmızıdır, nitrat turşusunda və ammonium əsasında yaxşı, asetat turşusunda isə çətin həll olur.	↓Hg <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> - qırmızıdır, nitrat turşusunda çətin həll olur.
Oksidləşdiricilər	↓Ag <sub>2</sub> O - qonurdur	Hg <sup>2+</sup> - ionlarını
Reduksiyaediciilər	↓Ag - bozuntul-qatadır	↓Hg - qatadır.
		Pb <sup>2+</sup> - ionlarını
		↓PbS+↓PbSO <sub>4</sub> qatadır ağdır
		↓Pb(CN) <sub>2</sub> - ağdır, reaktiv artığında və mineral turşularda həll olur.
		↓PbJ <sub>2</sub> - sarıdır, qaynar suda, KJ artığında və asetat turşusunda həll olur.
		↓PbCrO <sub>4</sub> - sarıdır, qələvilərdə asan, duru nitrat turşusunda isə çətin həll olur.
		Pb <sup>4+</sup> - ionlarını
		↓Pb - göyümtül-bozdur.

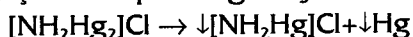


AgCl-dən fərqli olaraq civə 1-xlorid ammonium hidroksidin təsirindən həll olmayıb, qərarlı. Bu zaman əvvəlcə birvalentli civənin ağ rəngli kompleks birləşməsi əmələ gəlir:



$[\text{NH}_2\text{Hg}_2]\text{Cl}$  birləşməsi öz tərkibinə görə  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -ə uyğun gəlir; orada iki hidrogen atomu iki birvalentli civə atomları ilə əvəz olunublar.

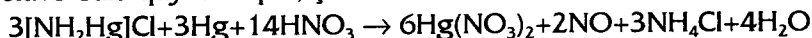
Əmələ gəlmiş dihidrarqo-amino-xlorid davamsızdır, dərhal parçalanır və nəticədə hidrarqo-amino-xlorid və sərbəst civə alınır. Ona görə də çöküntü qara rəngə boyanır:



Reaksiya aşağıdakı qayda ilə aparılır.

Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı civə 1-nitrat və 3-4 damcı da 2N xlorid turşusu töküüb sentrifüq ilə çöküntünü ayırın. Alınan ağ rəngli çöküntünün üzərinə bir neçə damcı 2N ammonium-hidroksid məhlulu tökün. Çöküntü qaralacaqdır. Bu birvalentli civə ionunun təyin edilməsi üçün çox mühüm reaksiyadır.

Əmələ gəlmiş maddənin üzərinə nitrat turşusu və ya zərhlə əlavə edib qaynatdıqda, çöküntü həll olur:



$\text{PbCl}_2$  qələvilərdə və isti suda həll olur.  $\text{PbCl}_2$ -in isti suda həll olmasından istifadə edərək onu AgCl və  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ -dən ayırmaq mümkün olur.

Qurğuşun 2-xlorid qatı xlorid turşusunda həll olur; o həmçinin soyuq suda kifayət qədər (otaq temperaturunda 11 q/l) həll olur. Ona görə də  $\text{Pb}^{2+}$  ionları xlorid turşusu ilə tam ayrılmaz; onların bir qismi məhlulda qalaraq sonralar ikinci qrup kationları ilə sulfatlar şəklində çökür.

### 3.2.3. Gümüş

Gümüş parıldayan ağ rəngli metaldir. Adi temperaturda havanın oksigeni ilə reaksiyaya daxil olmur.

Gümüşün  $\text{Ag}_2\text{O}$ -dan ibarət bir oksidi və  $\text{Ag}_2\text{O}_2$ -dən ibarət bir peroksidi məlumdur. Gümüşə turşularla təsir etdikdə əvəzetmə yolu ilə hidrogen ayrılmaz. O xlorid və durulaşdırılmış sulfat tur-

şularında həll olmur. Gümüş nitrat və qatı sulfat turşularında qızdırmaqla həll olur. Gümüşün həll olmayan birləşmələri içərisində  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{AgCN}$ ,  $\text{AgCNS}$ ,  $\text{Ag}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Ag}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$  və s. göstərmək olar.

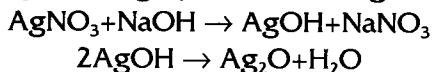
Gümüş ionunun metala qədər reduksiya olmaq və kompleks birləşmə əmələ gətirmək qabiliyyəti səciyyəvidir. Gümüş ionunun bir sıra üzvi reaktivlərlə əmələ gətirdiyi daxili kompleks birləşmələr çətin həll olur.

Gümüş duzlarının suda məhlulu hidroliz edir.

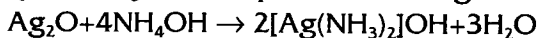
Gümüş ionu qüvvətli oksidləşdiricilərdən biri hesab olunur. O, asanlıqla bir elektron qəbul edərək sərbəst metala qədər reduksiya olunur.

*Ag<sup>+</sup> ionunun reaksiyaları.* Gümüş ionu rəngsizdir.

1. Qələvilər  $\text{NaOH}$  və  $\text{KOH}$  gümüş duzları ilə gümüş 1-oksiddən ibarət qonur rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında həll olmur; lakin durulaşdırılmış nitrat turşusunda və ammonium- hidroksiddə həll olur. Gümüş 1-oksidi ammonium-hidroksiddə həll olmasına səbəb, nəticədə gümüş-ammonyakat kompleksinin əmələ gəlməsidir:

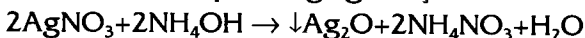


Gümüş 1-oksidi ammonium hidroksiddə həll edərkən, mütləq ammonium duzları əlavə etmək lazımdır;

Əks halda  $\text{Ag}_3\text{N}$  tərkibli guruldıyıcı qaz alınar ki, o da yavaşca silkələnməklə partlaya bilər.

$\text{Ag}_2\text{O}$  nitrat və qatı asetat turşularında həll olur və uyğun duzlar əmələ gətirir.

2. Ammonium-hiproksidi  $\text{NH}_4\text{OH}$  damcı-damcı gümüş duzu məhluluna əlavə etdikdə qara rəngli gümüş 1-oksidi əmələ gəlir:

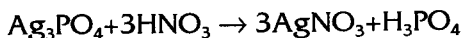


Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında dərhal həll olur.

3. Natrium-monohidrofosfat  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  gümüş ionu ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

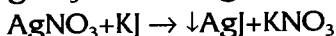
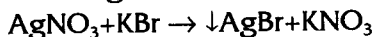


Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksiddə həll olur:



4. Durulaşdırılmış sulfat turşusu və həll olan sulfatlar gümüş kationu ilə  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ -dən ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir. Bu çöküntü gümüş ionu 5 q/l-dən az olmadıqda əmələ gəlir.

5. Həll olan bromidlər və yodidlər gümüş kationu ilə solğun sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



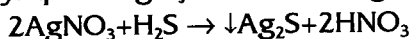
Gümüş-xloriddən fərqli olaraq gümüş-yodid ammonium hidroksiddə həll olmur; gümüş-bromid isə bir az həll olur. Gümüş-xlorid, bromid və yodidin ammonium-hidroksiddə müxtəlif şəkildə həll olmalarının səbəbi onların müxtəlif həllolma hasilinə malik olmasıdır. Lakin  $\text{AgBr}$  və  $\text{AgJ}$  çöküntülərinə natrium-tiosulfat məhlulu ilə təsir etdikdə, o zaman həmin çöküntülərin hər ikisi də həll olur. Bunun səbəbi, nəticədə nisbətən zəif dissosiasiya edən  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]'$  kompleks ionunun alınmasıdır.

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Üç sınaq şüşəsinin hər birinə 2-3 damcı gümüş-nitrat məhlulu tökün. Birinci sınaq şüşəsinə bir qədər kalium-xlorid, ikinciyə kalium-bromid və üçüncüyə kalium-yodid məhlulu töküb, alınan çöküntülərin rəngini diqqətlə müşahidə edin. Sonra da hər üç çöküntünün üzərinə azacıq artıq miqdarda ammonium hidroksid məhlulu əlavə edin və müşahidənizin nəticələrini iş dəftərinə qeyd edin. Ondan sonra yuxarıda təsvir edilən qayda ilə yenidən gümüş-xlorid, gümüş-bromid və gümüş-yodid çöküntüsünü alın və hər birinin üzərinə artıq miqdarda natrium-tiosulfat məhlulu tökün və müşahidənizin nəticəsini dəftərinizə qeyd edin.

Gümüşün halogenli birləşmələrindən ammonium-hidroksiddə yalnız gümüş-xlorid həll olduğu halda, natrium-tiosulfatda hər üçü həll olur.

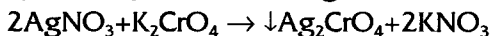
6. Hidrogen-sulfid həm turş, həm də qələvi mühitdə gümüş ionları ilə qəhvəyi-qara rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış xlorid turşusunda və ammonium-hidroksiddə həll olmur; lakin 2N nitrat turşusunda həll olur:

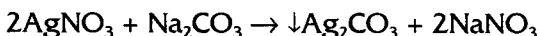


7. Kalium-xromat məhlulu gümüş ionları ilə kərpici-qırmızı rəngli  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  tərkibli çöküntü əmələ gətirir:

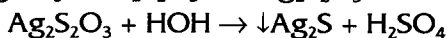
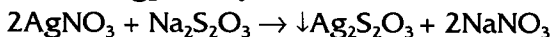


Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksiddə yaxşı, lakin asetat turşusunda çətin həll olur.

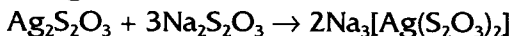
8. Qələvi metal karbonatları məhlulu ilə gümüş kationlarına təsir etdikdə, səciyyəvi olmayan ağ rəngli  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  çöküntüsü əmələ gəlir:



9. Natrium-tiosulfat məhlulu ilə gümüş kationlarına təsir etdikdə, gümüş-tiosulfatdan ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gəlir. Alınmış çöküntü, bir qədər qaldıqda, parcalandığı üçün tədricən saralır, sonra qızarır, qonurlaşır və nəhayət, qaralır. Çöküntünün qaralmasına səbəb  $\text{Ag}_2\text{S}$  birləşməsinin alınmasıdır.

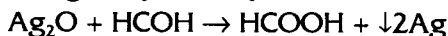


Natrium-tiosulfat reaktivinin artığı olduqda gümüş-tiosulfat həll olur və natrium-ditiosulfato-arqentaatdan ibarət davamlı kompleks əmələ gətirir:



10. Gümüş ionunun reduksiya reaksiyası.

a) Sınaq şüşəsinə 4-5 damcı tədqiq edilən gümüş duzu məhlulu, 4-5 damcı ammonium-hidroksid və 1-2 damcı da durulaşdırılmış formaldehid məhlulu tökün. İçərisində qarışıq olan sınaq şüşəsinə bir az su hamamında saxlayın. O zaman sınaq şüşəsinin divarında gümüş metalı çökəcəkdir.

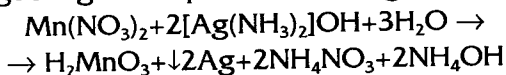


Reduksiyaedici olaraq formaldehiddən əlavə dəmir metalı, maqnezium, sink, qalay 2-xlorid, qarışqa turşusu, qlükoza və s. götürmək olar.

b) Süzgəc kağızına bir damcı xlorid turşusu və bir damcı da gümüş duzu məhlulu əlavə edin. Gümüş ionu olduqda, gümüş-xloriddən ibarət çöküntü əmələ gəlir. Həmin çöküntünü, süzgəc

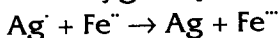


kağızının üstündə xlorid turşusunun artığı və distillə edilmiş su ilə yuyun. Çöküntü əmələ gəlmiş yerə bir damcı manqan 2-nitrat və bir damcı da ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edin. O zaman gümüş ionları sərbəst metala qədər reduksiya olur. Ona görə də süzgəc kağızında qara ləkə əmələ gəlir:

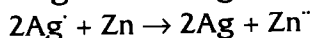
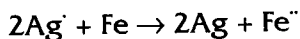


Göstərilən reaksiyanın aparılmasına civə duzları və rəngli hidroksid çöküntüsü əmələ gətirən kationlar mane olurlar.

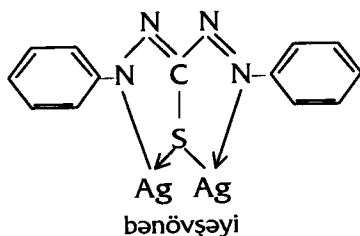
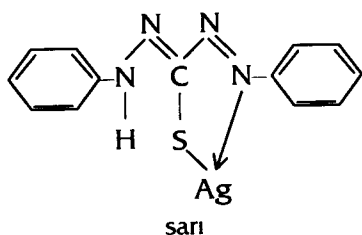
v) Dəmir (II) – sulfat gümüş duzu məhlullarından bozumtul-qara rəngli reduksiya olunmuş gümüşün tozunu ayırır:



q) Gümüş duzu məhluluna bir parça dəmir və ya sink daxil edilir; bu zaman reduksiya olunmuş gümüşün bozumtul-qara rəngli çöküntüsü ayrılır:



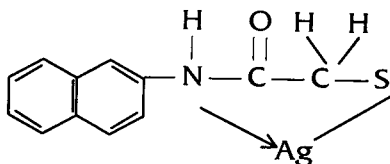
11. Ditizon  $\text{C}_6\text{H}_5(\text{NH})_2\text{CSH}-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$  və yaxud difeniltio-karbazon gümüş ionu üçün çox həssas reaktivdir. Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı gümüş duzu məhlulu və 1-2 damcı da ditizonun karbon 4-xloriddə məhlulunu töküb çalxalayın. Bir az gözlədikdən sonra karbon 4-xlorid layı rənglənir. Reaksiyanı zəif turş mühitdə apardıqda, açıq sarı rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gəlir. Reaksiyanı qələvi mühitdə apardıqda başqa quruluşlu, bənövşəyi rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gəlir. Sarı rəngli gümüş-ditizonat daxili kompleksi karbon 4-xloriddə yaxşı həll olduğu halda, bənövşəyi rəngli birləşmə çox çətin həll olur:



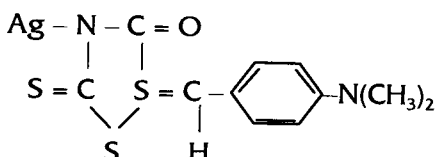
12. Tionalidin (tioqlikol turşusunun 2-aminonaftilamidi)  $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{C}_{10}\text{H}_7$  spirtə 1%-li məhlulu mineral turşularla

turşulaşdırılmış gümüş duzu məhlullarından gümüşü çətin həll olan daxili kompleks duz şəklində çökdürür.

Bu duzun quruluşu görünür ki, aşağıdakı kimidir:



13. Rodanin  $\text{CS-NH-CO-C=CH-C}_6\text{H}_4\text{-N(CH}_3)_2$  gümüş duzu məhlullarından qırmızımtıl-bənövşəyi rəngli aşağıdakı quruluşda duz ayırır:



Hg<sup>+</sup> və Cu<sup>+</sup> ionları reaksiyaya maneçilik edirlər.

### 3.2.4. Civə

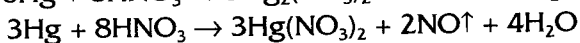
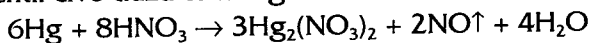
Gümüş kimi civə də boz rəngli metaldir. Civə adi temperaturda maye haldadır. Civə uçucu, havada möhkəm və 300<sup>o</sup> qızdırdıqda civə 2-oksida qədər oksidləşən metaldir.

Civə Hg<sub>2</sub>O və HgO-dan ibarət iki oksid əmələ gətirir. Civə 1-oksidi qara rəngli ufaq halda olur. Civə 1-oksidi qələvilərdə həll olmur. O nitrat turşusunda və qatı asetat turşusunda həll olur. Civə 1-oksidi xlorid turşusu ilə Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-dən ibarət həll olmayan çöküntü əmələ gətirir.

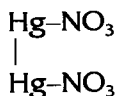
Civə 2-oksidi nitrat turşusunda həll olaraq nitrat duzu əmələ gətirir. Bundan əlavə civə 2-oksidi, qələvi metalların xlorid və bromid duzları məhlulunda da həll olur. Civə 2-oksidi qələvi metalların xloridləri ilə HgCl<sub>2</sub>, yodidləri ilə [Hg<sub>4</sub>]<sup>++</sup> tərkibli kompleks ion əmələ gətirir.

Civə ilə turşuların qarşılıqlı təsirindən hidrogen ayrılır. Civə-xlorid sulfat turşusunda həll olmur. Civə üçün ən yaxşı həlle-

dici (1:2) nisbətində durulaşdırılmış nitrat turşusudur. Otaq temperaturunda götürülən turşunun miqdarından asılı olaraq bir-və ya ikivalentli civə duzu əmələ gəlir:

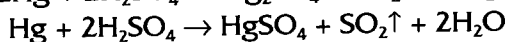
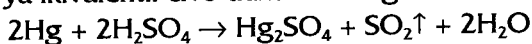


Civə 1-nitrat duzu məhlulunda  $\text{Hg}_2^{2+}$  kationları mövcuddur; burada civə birvalentlidir, çünki iki müsbət yük iki Hg atomuna uyğun gəlir:



Civəni qatı nitrat turşusu ilə qaynatdıqda, ikivalentli civə duzu alınır.

Civə qatı sulfat turşusunda qızdırıldıqda həll olur, nəticədə  $\text{SO}_2$ , bir və ya ikivalentli civə duzu əmələ gəlir:



Civənin bütün birləşmələri asan uçucudurlar. Civə duzlarının çoxu çətin həll olur. Civənin  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  və  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  duzları nisbətən yaxşı həll olur. Civə duzları suda həll edildikdə, hidroliz olur və nəticədə nəzərə çarpacaq dərəcədə turş reaksiya əmələ gətirir.

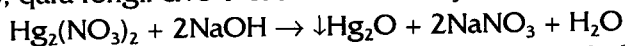
Birvalentli civə duzlarını suda həll etmək üçün əvvəlcə həmin duzu nitrat turşusu ilə islatmaq, sonra da su əlavə etmək lazımdır.

Civə 2-xloridin dissosiasiya dərəcəsi çox azdır; ona görə də civə 2-xloridi həll edərkən, məhlulda civə ionlarının qatılığı olduqca az olur.

Birvalentli civə duzları qüvvətli reduksiyaedicidir.

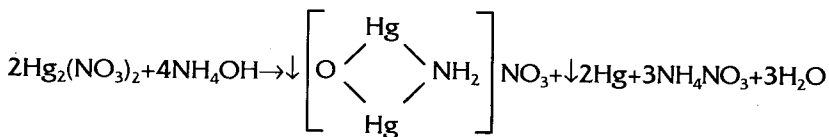
*Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* Civə ionu rəngsizdir. Yaddan çıxarmayın ki, civə duzları zəhərlidir.

1. Qələvilərlə NaOH, KOH birvalentli civə duzlarına təsir etdikdə, qara rəngli civə 1-oksiddən ibarət çöküntü alınır:

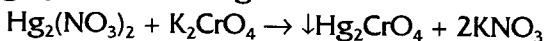


Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat və asetat turşularında həll olur və müvafiq duzlar əmələ gətirir.

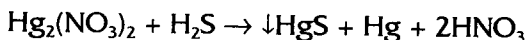
2. Ammonium-hidroksid birvalentli civə duzları ilə ağ rəngli oksid-dihidrarqo-aminonitrat və qara rəngli sərbəst civə əmələ gətirir:



3. Kalium-xromat  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  birvalentli civə duzları ilə qələvi-lərdə və durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmayan, kərpici-qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



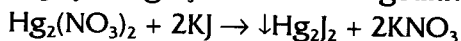
4. Hidrogen-sulfidlə birvalentli civə duzlarına təsir etdikdə civə 2-sulfidlə metal civə qarışığından ibarət qara rəngli çöküntü alınır:



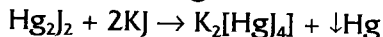
Bu reaksiyada birvalentli civə həm ikivalentə qədər oksidləşir, həm də metal civəyə qədər reduksiya olunur.

Göstərilən reaksiya tənliyindən ilk baxışda nəticədə civə 1-sulfid alınacağını gözləmək olardı. Lakin civə 2-sulfidin həllolma hasilini çox az olduğu üçün HgS alınır.

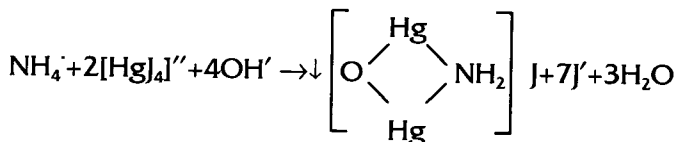
5. Kalium-yodid məhlulu birvalentli civə duzları ilə çox çətin həll olan sarımtıl-yaşıl rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü reaktivin artığı ilə parçalanır və nəticədə kalium-tetrayodo-hidrarqoat kompleksi ilə sərbəst civə qarışığından ibarət çöküntü əmələ gətirir:

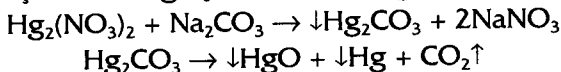


Əgər alınan məhlulun üzərinə bir damcı  $\text{NH}_4\text{OH}$  və ya hər hansı bir ammonium duzu məhlulu və bir neçə damcı qatı qələvi məhlulu əlavə etsək, xarakter qırmızımtıl-qonur rəngli merkurammonium-yodid çöküntüsü ayrılacaq:

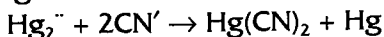


Bu reaksiyanı Nesler reaksiyası adı altında  $\text{NH}_4^+$  ionların tayıni üçün tətbiq etmək olar. O həmçinin  $\text{Hg}^{2+}$  ionlarının tayıni üçün istifadə oluna bilər.

6. Qələvi metal karbonatları birvalentli cıvə ionları ilə sarı rəngli  $\text{Hg}_2\text{CO}_3$  əmələ gətirir ki, o da tezliklə parçalanma nəticəsində tutqunlaşan sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



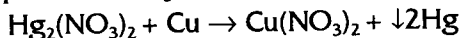
7. Qələvi metalların sianidləri cıvə (I) duzu məhlulları ilə həll olan sianid əmələ gətirirlər. Bu zaman metallik cıvə ayrılır:



8. Kalium-ferrosianid  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  və kalium-ferrisianid  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  uyğun olaraq açıq sarı rəngli həlməksikvari  $\text{Hg}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  çöküntüsünü və sarımtıl-yaşıl rəngli ferrisianid çöküntüsünü əmələ gətirir.

9. Natrium-hidrofosfat nitrat turşusunda həll olan ağ rəngli  $\text{Hg}_2[\text{PO}_4]_2$  çöküntüsü əmələ gətirir.

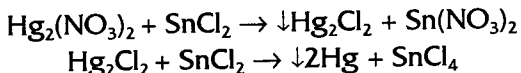
10. Mis metalı bir və ikivalentli cıvə ionlarını qara rəngli metal cıvəyə qədər reduksiya edir:



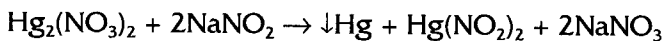
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Səthi yaxşı təmizlənmiş mis lövhəsi üzərinə bir damcı bir-və ya ikivalentli cıvə məhlulu damızdırıb, 2-3 dəqiqə gözlədikdən sonra həmin damcını su ilə yuyun. Ləkənin yerini yun parçası və ya süzgeç kağızı ilə silin. Mis lövhəsi üzərində gümüşü - ağ rəngli ləkənin alınması analiz edilən məhlulda cıvə ionlarının olmasını göstərir. Həmin təcrübəni mis pul üzərində də aparmaq olar.

11. Qalay 2-xloridin yeni hazırlanmış məhlulunun 2-3 damcısını bir damcı birvalentli cıvə duzu məhluluna əlavə etdikdə ağ rəngli çöküntü alınır. Vaxt keçdikcə birvalentli cıvə ionunun reduksiyası nəticəsində metallik cıvənin alınması üzündən çöküntü tutqunlaşır:



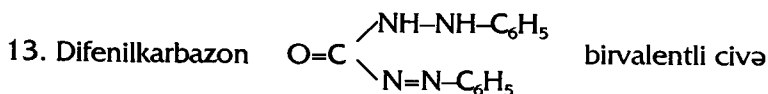
12. Gümüş-nitrat və natrium-nitrit məhlullarının təsiri ilə birvalentli cıvə sərbəst cıvəyə reduksiya olunur, həm də ikivalentli cıvəyə qədər oksidləşir:



Burada gümüş ionları yalnız reaksiyanın həssaslığını artırmaq üçündür.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Süzgəc kağızı üzərinə bir damcı natrium-nitritin doymuş məhlulu və bir damcı da gümüş-nitrat məhlulu damızdırın. O zaman süzgəc kağızında gümüş-nitritdən ibarət ağ rəngli çöküntü alınır. Əmələ gəlmiş ləkənin üzərinə bir damcı analiz edilən məhluldan əlavə edin. Ləkənin dərhal qaralması bivalentli civənin olmasını göstərir.



duzları məhlulu ilə bənövşəyi və ya göy rəngli birləşmə əmələ gətirir. Reaksiyanı aşağıdakı kimi aparın:

Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı analiz edilən məhlul, bir damcı 2%-li nitrat turşusu məhlulu və bir damcı da difenilkarbazon məhlulu tökün. Qarışıqın göy və ya bənövşəyi rəngə boyanması bivalentli civənin olmasını göstərir. Bu üsulla bivalentli civənin təyin edilməsinə  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Fe}^+$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Cr}^{+++}$ ,  $\text{Co}^+$  və  $\text{CrO}_4^{--}$  ionları mane olurlar.

### 3.2.5. Qurğuşun

Qurğuşun göyümtül-boz rəngli metaldır, havada oksidləşir və nazik oksid pərdəsinə bürünür. Həmin pərdə metalı sonrakı oksidləşmədən qoruyur. Lakin qızdırıldıqda oksid pərdəsi mexaniki olaraq parçalanır və oksidləşmə axıra qədər gedir.

Qurğuşun  $\text{PbO}$  və  $\text{PbO}_2$ -dən ibarət oksidlər əmələ gətirir. Bunlardan əlavə qurğuşunun  $\text{Pb}_2\text{O}_3$  və  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ -dən ibarət qarışıq oksidləri məlumdur.

$\text{PbO}$  amfoter oksid olub, sarı rənglidir. Qurğuşun 2-oksidi asanlıqla turşularda həll olur və uyğun duzlar əmələ gətirir. Qurğuşun 2-oksidi qələvilərdə tədricən həll olur və nəticədə plümbitlər əmələ gətirir.

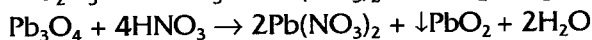
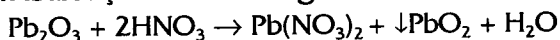
Qurğuşun 4-oksidi qəhvəyi rəngli olub, qüvvətli oksidləşdirici xassəyə malikdir. Qurğuşun 4-oksidi amfoter xassəyə malik

olub, qələvilərlə qarşılıqlı təsiri zamanı metaplümbat turşusu  $H_2PbO_3$  və ortoplümbat turşusu  $H_4PbO_4$  əmələ gətirir. Bu turşuların duzları plümbatlar adlanır. Məsələn, natrium-metaplümbat  $Na_2PbO_3$  və kalsium-ortoplümbat  $Ca_2PbO_4$  kimi.

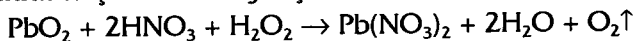
$Pb_2O_3$  - qarışıq oksid olub, qırmızımtıl-sarı rəngli, toz halında maddədir. Ona qurğuşun-metaplümbat  $PbPbO_3$  kimi baxmaq olar

$Pb_3O_4$  – qurğuşun-ortoplümbata uyğun gələn qırmızı-narıncı rəngli boyadır.

Göstərilən qarışıq oksidlərin hər ikisi durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olur və nəticədə tutqun-qəhvəyi rəngli qurğuşun 4-oksiddən ibarət çöküntü əmələ gətirir:



Qurğuşun 4-oksiddə durulaşdırılmış turşularda həll olmur. O, qatı qələvilərdə bir az, hidrogen-peroksidin iştirakı ilə durulaşdırılmış nitrat turşusunda isə yaxşı həll olur.



Qurğuşun metalının ən yaxşı həlledicisi durulaşdırılmış nitrat turşusudur:



Qurğuşun 2-hidroksid  $Pb(OH)_2$  amfoter xassəyə malik olub, turşu və əsaslarda həll olur. Qurğuşun 2-hidroksid əsaslarda həll olaraq plümbitlər əmələ gətirir.

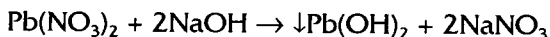
Qurğuşun duzlarının əksəriyyəti suda çətinliklə həll olur. Qurğuşunun suda həll olan nitrat və asetatları məlumdur.

Qurğuşun 2-yodidinin həll olması qurğuşun 2-xloridə nisbətən çox pisdir; ona görə də qurğuşun 2-xloridinin doymuş məhluluna kalium-yodid məhlulu əlavə etdikdə sarı rəngli qurğuşun 2-yodid çöküntüsü alınır.

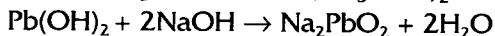
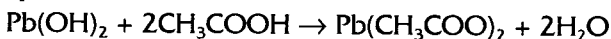
Qurğuşun 2-sulfat praktiki olaraq suda həll olmur; lakin o, qatı sulfat turşusunda, qələvilərdə, ammonium-asetatda və ammonium-tartratda həll olur. Qurğuşun 2-sulfat çöküntüsünün qələvilərdə, ammonium-tartratda həll olmasından istifadə edərək onu barium, stronsium və kalium sulfatlardan ayırırlar.

*Pb<sup>2+</sup> ionunun reaksiyan.* Qurğuşun ionu rəngsizdir:

1. Qələvilərin NaOH və ya KOH ekvivalent miqdarı ilə qurğuşun ionuna təsir etdikdə ağ rəngli qurğuşun 2-hidroksid çöküntüsü alınır:



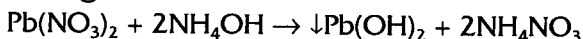
Əmələ gəlmiş qurğuşun 2-hidroksid amfoter xassəli olub, turşu və qələvilərdə həll olur:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

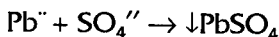
2 sınaq şüşəsinin hər birinə 2-3 damcı qurğuşun 2-nitrat məhlulu və 1-2 damcı da durulaşdırılmış natrium-hidroksid və ya kalium-hidroksid məhlulu tökün. Əmələ gələn ağ rəngli çöküntü həll oluncaya qədər birinə natrium və ya kalium-hidroksid, digərinə isə durulaşdırılmış nitrat və ya asetat turşusu əlavə edin.

2. Ammonium-hidroksid qurğuşun duzları ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



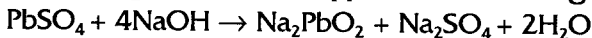
Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında həll olmur.

3. Durulaşdırılmış sulfat turşusu və ya həll olan sulfatlar qurğuşun ionu ilə ağ rəngli qurğuşun-sulfatdan ibarət çöküntü əmələ gətirir:

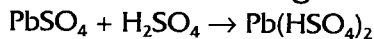


Əmələ gəlmiş çöküntü qələvilərdə, qaynatdıqda qatı sulfat turşusunda, 30%-li ammonium-asetatda və ammonium-tartratda həll olur:

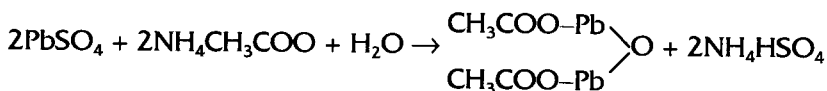
Qələvilərin artığında həll olaraq plümbitlər əmələ gətirir:



Qurğuşun-sulfat qatı sulfat turşusu ilə qaynadıldıqda həll olur və nəticədə qurğuşun-hidrosulfat əmələ gətirir:

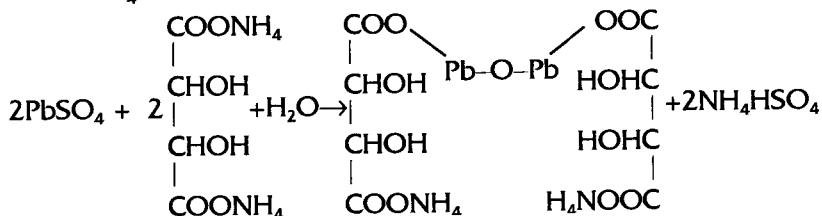


$\text{PbSO}_4$  bir çox üzvi turşuların ammonium duzlarında həll olaraq zəif elektrolitlər əmələ gətirir; ammonium-asetatda aşağıdakı reaksiya tənliyi üzrə həll olur:

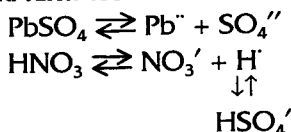




$PbSO_4$  ammonium-tartratda da eyni mexanizm ilə həll olur.



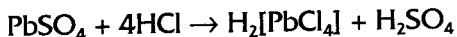
Nitrat və xlorid turşularının iştirakı ilə qurğuşun 2-sulfatın həll olması bir qədər artır. Qurğuşun-sulfatın nitrat turşusunda həll olmasını aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar:



Göstərilən reaksiya tənliyini molekul halında aşağıdakı kimi yazmaq olar:

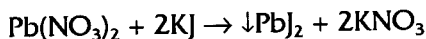


Qurğuşun-sulfatın xlorid turşusunun artığında həll olmasını, nəticədə  $H_2[PbCl_4]$  kompleks birləşməsinin alınması ilə izah etmək olar:

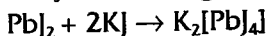


Göstərilənlərdən aydın olur ki, qurğuşun ionunu  $PbSO_4$  şəklində miqdarən ayırmaq üçün xlorid və nitrat turşularını, habelə ammonium-asetat, ammonium-tartrat duzlarını əvvəlcədən kənar etmək lazımdır.

4. Kalium-yodid qurğuşun duzları ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Alınan çöküntü nəzərə çarpacaq dərəcədə reaktiv artığında həll olaraq kompleks birləşmə əmələ gətirir:



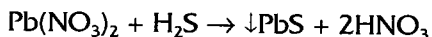
Qurğuşun-yodid çöküntüsü qaynar suda həll olur; lakin soyutduqda qızılı-sarı kristallar yenidən ayrılır:

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı qurğuşun-nitrat və o qədər də kalium-yodid məhlulu tökün. Alınan sarı rəngli qurğuşun-yodid çöküntüsünü su hamamında qızdırın. Çöküntünün hamısı həll olmadıqda 1-2 damcı su töküüb yenidən qızdırın. Alınan məhlulu

tədricən soyudun. Bu zaman əmələ gələn qızıla oxşar sarı rəngli qurğuşun-yodid kristallarını müşahidə edin.

5. Hidrogen-sulfid qurğuşun duzları ilə qara rəngli çöküntü əmələ gətirir:



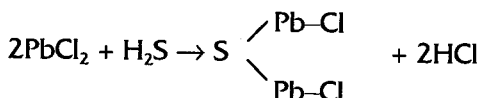
Əmələ gəlmiş PbS durulaşdırılmış xlorid və sulfat turşularında həll olmur. Lakin o durulaşdırılmış nitrat turşusunda qaynadıldıqda asanlıqla həll olur:



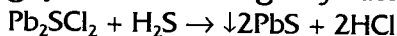
Qaynadıldıqda, qatı nitrat turşusu qurğuşun-sulfidi qurğuşun-sulfata qədər oksidləşdirir, nitrat turşusu isə azot 4-oksidi qədər reduksiya olunur:



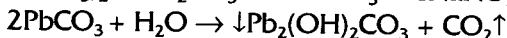
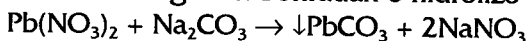
Qurğuşun-xloridə sulfat turşusu ilə təsir etdikdə, qurğuşun tioklorid  $\text{Pb}_2\text{SCl}_2$ -dən ibarət narıncı-qırmızı rəngli çöküntü əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş çöküntüyə hidrogen-sulfidin artıq miqdarı ilə təsir etdikdə, qurğuşun-sulfid əmələ gəldiyindən çöküntü qaralır:

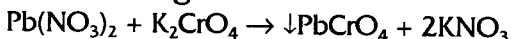


6. Qələvi metal karbonatları qurğuşun ionları ilə ağ rəngli  $\text{PbCO}_3$  çöküntüsü əmələ gətirir. Sonradan o hidrolizə uğrayır:

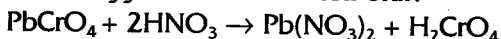


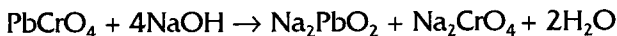
Əmələ gələn ağ rəngli  $\text{Pb}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  çöküntüsü qələvilərdə və  $\text{HNO}_3$ -də həll olur.

7. Kalium-xromat və kalium-bixromat qurğuşun duzları ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

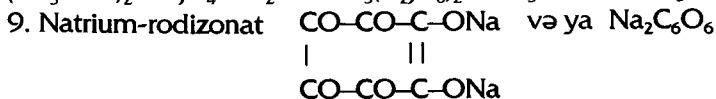
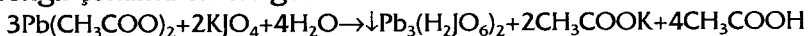


Əmələ gəlmiş qurğuşun-xromat çöküntüsü barium və bismut ionlarından fərqli olaraq asetat və 2N nitrat turşusunda həll olmur. Lakin gümüş ionlarından fərqli olaraq, ammonium-hidroksid məhlulunda həll olur. Bundan əlavə, qurğuşun-xromat barium və bismut ionlarından fərqli olaraq 3N nitrat turşusunda və qələvilərdə əhəmiyyətli dərəcədə həll olur:





8. Kalium-peryodat (A.Ə. Verdizadə müəyyən etmişdir) neytral və ya asetat turşusu mühitində qurğuşun ionu ilə qurğuşun-dihidro-paraperyodatdan ibarət süd çürüntüsünə oxşar bozuntlu rəngli çöküntü əmələ gətirir:



neytral mühitdə qurğuşun ionları ilə göy-bənövşəyi rəngli, zəif turş mühitdə isə qırmızı rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

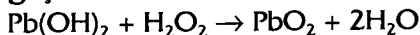
Süzgəc kağızı üzərinə 1 damcı qurğuşun duzu məhlulu və bir damcı da natrium-rodizonatın 0,2%-li məhlulunu damızdırın. Göy-bənövşəyi rəngli ləkənin alınması qurğuşun ionlarının olmasını göstərir.

Qarışığın üzərinə pH-ı 2,79-a bərabər olan reaktivdən bir damcı əlavə etdikdə, göy-bənövşəyi rəngli ləkə al-qırmızı rəngə boyanacaqdır.

10. Benzidin qurğuşun 4-oksidi təsiri nəticəsində oksidləşib göy rəngə boyanır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

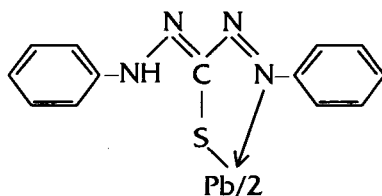
Süzgəc kağızını bir damcı ammonium-hidroksiddə həll edilmiş hidrogen-peroksidin 3%-li məhlulu ilə isladın. Üzərinə bir damcı qurğuşun duzu məhlulu damızdırın. Alınmış ləkəni su hamamı buxarı üzərinə tutun. O zaman qurğuşun duzu ilə ammonium-hidroksidin qarşılıqlı təsiri nəticəsində əmələ gələn qurğuşun 2-hidroksid hidrogen-peroksidlə oksidləşir və nəticədə qonur rəngli qurğuşun 4-oksidi alınır:



Əmələ gəlmiş ləkəni su buxarı üzərində tutduqda, hidrogen-peroksidin artığı parçalanır. O zaman islanmış ləkənin üzərinə bir damcı benzidin-asetat əlavə etdikdə, qurğuşun 4-oksidi təsiri nəticəsində benzidin oksidləşir və ləkə göy rəngə boyanır. Bu reaksiya vasitəsilə qurğuşun ionlarının 1,5 mq miqdarını təyin etmək olar. Durulaşdırma həddi 1:33000-ə bərabərdir.

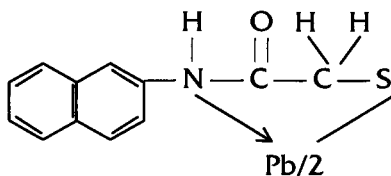
11. Difeniltiokarbazon və ya ditizon ikivalentli qurğuşun ionu üçün nisbətən həssas reaktivdir. Ditizon qurğuşun ilə neytral

ammonium-əsası və zəif qələvi mühitdə kərpici-qırmızı rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gətirir.



Karbon 4-xloriddə həll edilmiş ditizona bir neçə damcı qurğuşun 2-nitrat məhlulu əlavə edib çalxaladıqda, yaşıl rəngli reaktiv, ikivalentli qurğuşunun təsirindən kərpici-qırmızı rəngə boyanır.

12. Tionalid ( $C_{10}H_7-NH-CO-CH_2-SH$ ) mineral turşular iştirak etdikdə qurğuşunu çökdürmür, lakin çaxır turşusunun duzları və sianidləri iştirak etdikdə aşağıdakı quruluşda çətin həll olan daxili kompleks duzunun açıq sarı rəngli kristallar şəklində onu tam çökdürür:



### 3.2.6. I qrup kationları qarışığı analizinin ardıcıl gedişi

Birinci qrup kationlarının hansı birisini digər kationların iştirakı ilə təyin etmək üçün praktiki olaraq heç bir reaktiv yoxdur. Ona görə də ardıcıl analiz gedişini, yəni bu qarışıqdan hər bir kationu ardıcıl olaraq ayırıb, sonra isə onları təyin etməyi bilmək lazımdır.

Sınaq şüşəsinə 1-2 ml analiz edilən məhluldan töküüb, üzərinə qarışdırma-qarışdırma 2N xlorid turşusu tökün. 2-3 dəqiqədən sonra əmələ gələn çöküntünü süzün və bir neçə damcı 2N xlorid turşusu qarışdırılmış soyuq su ilə yuyun. Süzüntünü və yuyuntunu tullayın. Çöküntünün üzərinə 2-3 dəfə isti su tökün, süzün. O zaman qurğuşun 2-xlorid süzüntüyə keçər, gümüş-xlorid və cive 1-xlorid isə çöküntüdə qalar. Süzüntüdən  $Pb^{2+}$ , çöküntüdən isə  $Ag^+$  və  $Hg_2^{2+}$  ionlarını təyin edin:

Pb<sup>2+</sup> ionunu təyin etmək üçün süzüntünün 6-8 damcısı üzərinə o qədər də kalium-yodid məhlulu tökün. O zaman qurğuşun 2-yodiddən ibarət sarı rəngli çöküntü alınır. Alınan qarışıq qızdırıldıqda çöküntü həll olur: soyutduqda isə yenidən qızılı sarı rəngli kristallar çökməyə başlayır. Süzüntüdən bir neçə damcı götürüb üzərinə K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> tökməklə qurğuşunun olmasını yoxlamaq lazımdır.

Bivalentli civəni təyin etmək üçün çöküntünü 1-2 dəfə isti su ilə yuyun və süzüntünü atın. Yuyulmuş çöküntünün üzərinə 8-10 damcı qatı ammonium hidrosid məhlulu tökün və 1-2 dəqiqə qarışdırın. Çöküntünün dərhal qaralması bivalentli civənin olmasını göstərir.

Qarışıqda gümüş ionları olduqda, ammonium-hidrosidin təsiri ilə ammoniyakat kompleksi alınır və süzüntüyə keçir.

Gümüş ionlarını təyin etmək üçün süzüntünün üzərinə 1-2 damcı fenoltalein və məhlul rəngsizləşincəyə qədər qatı nitrat turşusu tökün. O zaman ammoniyakat kompleksi parçalanır və nəticədə gümüş-xloriddən ibarət ağ rəngli çöküntü alınır.

Gümüşün ionlarını habelə kalium-yodidlə təyin etmək olar.

#### Cədvəl 7. I qrup kationları qarışıq analizinin ardıcıl gedişi sxemi

1. Analiz edilən məhlulun üzərinə soyuq halda 2n HCl məhlulu töküüb süzün	
2. Süzüntünü (I) tullayın	3. AgCl, Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , PbCl <sub>2</sub> ibarət çöküntünü (I) isti su ilə yuyun
4. Pb <sup>2+</sup> ionlarını süzüntüdə (II) KJ və K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ilə təyin edin	5. AgCl və Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> -dən ibarət çöküntünü (II) qatı NH <sub>4</sub> OH məhlulu ilə işləyin
6. [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Cl] ibarət süzüntüdə (III) Ag <sup>+</sup> ionlarını HNO <sub>3</sub> əlavə etməklə təyin edin	7. Tərkibində [NH <sub>2</sub> Hg]Cl+Hg olan qara rəngli çöküntüdə (III) Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> ionları təyin edilir

### 3.3. BİRİNCİ KOLLOKVIUMA AİD SUAL VƏ ÇALIŞMALAR

1. Vəsfı və mıqdarı analiz nədən bəhs edir?
2. Vəsfı analizın hansı üsullarını bilirsiniz?
3. Quru və yaş üsulu aydınlaşdıran bir neçə misal göstərin.
4. Spesifik və ya məxsus reaksiya nəyə deyilir?
5. Reaksiyanın şəraitini aydınlaşdırın.
6. Reaksiyanın şəraitinə təsir göstərən amillər hansılardır?
7. Reaksiyanın mühitini aydınlaşdırmaq üçün bir neçə misal göstərin.
8. Reaksiyanın həssaslığı nəyə deyilir?
9. Durulaşdırma həddinin nədən ibarət olmasını misallarla aydınlaşdırın.
10. Fərdi analiz üsulu nəyə deyilir? (Misallarla izah edin).
11. Analizin ardıcıl gedişi nədir? (Misallarla izah edin).
12. Qrup reaktivi nəyə deyilir? (Vəsfı kimyəvi analizdəki əhəmiyyətini misallarla izah edin).
13. Qramatom və qrammolekul nədir? (Onları misallarla izah edin).
14. Qramekvivalent nədir?
15. Normal məhlul nəyə deyilir? (Normal məhlulları hazırlamaq üsulunu göstərin).
16. Molyar məhlul nəyə deyilir?
17. Xörək duzundan nə qədər götürmək lazımdır ki, hər ml-də 20 mq natrium olan 20 ml məhlul hazırlamaq mümkün olsun?
18. 40 ml 0,5N məhlul hazırlamaq üçün  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  duzundan nə qədər götürmək lazımdır?  
Cavab: 3,23 q.
19. Tərkibində 12 faiz su qarışığı olan kalium-hidroksiddən nə qədər götürmək lazımdır ki, 80 ml 0,25N məhlul hazırlamaq mümkün olsun?  
Cavab: 1,27 q.
20. Xüsusi çəkisi 1,19 və 37 faiz HCl olan qatı turşudan neçə ml götürmək lazımdır ki, onu durulaşdırdıqdan sonra 60 ml 3N HCl məhlulu hazırlamaq mümkün olsun?  
Cavab: 15 ml.

21.  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  duzundan nə qədər götürmək lazımdır ki, 1 ml-də 20 mq Mg olan 10 ml məhlul hazırlamaq mümkün olsun?

Cavab: 2,05 q.

22. Şüşə qabda 2 q  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  duz vardır. 1 ml-də 20 ml Fe olmaq şərtilə həmin duzdan neçə ml məhlul hazırlamaq mümkün olar?

Cavab: 20,1 ml.

23. Kimyəvi reaksiyanın sürəti nə ilə ölçülür?

24. Kütlələrin təsiri qanununun düsturunu izah edin.

25. Dissosiasiya dərəcəsi nədir?

26. Ostvaldın durulaşdırma qanununu izah edin.

27. Elektrolit molekulunun dissosiasiya etməsinin səbəbini izah edin.

28. Elektrolitik dissosiasiya nöqtəyi-nəzərilə turşu və əsas nədir?

29. Qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəcini izah edin. Debay-Hückel qanununu izah edin.

30. İonun fəallığı nədir?

31. Fəallıq əmsalı nədir?

32. Məhlulun ion qüvvəsini necə hesablamaq olar?

33. Real məhlullara tətbiq edilən tənliyi yazın.

34.  $CO_2$  və  $H_2O$  ilkin qatılıqları 1 l-də uyğun olaraq 1 mol və 10 mol olduqda,  $H_2$  və  $CO_2$ -nin hansı qatılığında  $CO + H_2O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$  dönər reaksiyada yaranacaq? Bu zaman CO-nun neçə faizi  $CO_2$ -yə çevriləcək ( $k=1$ )?

Cavab: ~0,9M; 90%.

35. 0,04N mis-2 sulfat məhlulunda  $Cu^{2+}$  və  $SO_4^{2-}$  ionları fəallığını hesablayın.

Cavab: 0,0074 q-ion/l.

36. Hidrogen-sianid məhlulu 100 dəfə durulaşdırıldıqda, onun dissosiasiya dərəcəsi necə dəyişəcək?

Cavab: Təxminən 10 dəfə artacaq.

37. 0,5M  $CH_3COOH$  məhlulunda asetat turşusunun neçə faizi dissosiasiya etməmiş qalacaqdır?

Cavab: 99,41%.

38.  $K=1,79 \cdot 10^{-5}$  olmaq şərtilə hansı qatılıqda ammonium-əsas 30% dissosiasiya edər?

Cavab:  $2 \cdot 10^{-4}$ .

39. Qaz qarışıqda a) azotun, b) ammoniyakın qatılıqlarını artırıqda  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  reaksiyanın tarazlığı hansı istiqamətə doğru yönələcək?

40. Yuxarıdakı reaksiyada qazlar qarışığını ilkin həcmnin yarısına kimi sıxışdırdıqda tarazlığın vəziyyətinə təsiri olacaqmı və əgər təsiri olsa hansı istiqamətə doğru tarazlıq yönələcək?

41. Bufer məhlullar nəyə deyilir?

42. Zəif əsaslarla onların duzları qarışıqları məhlulların pH-nı hansı düstur ilə hesablamaq olar?

43. Zəif turşularla onların duzları qarışıqları məhlulların pH-nı hansı düstur ilə hesablamaq olar?

44. Vəsfli analizdə mühitin pH-nı necə təyin etmək olar?

45.  $N^-$  ionlarının qatılığı 0,01 q-ion/l olduqda 0,5N qarışıq turşusu məhlulunun dissosiasiya dərəcəsi nəyə bərabərdir?

Cavab:  $\alpha=0,02$  (2%).

46. Tərkibində 0,1 mol  $NH_4Cl$  olan 0,05N  $NH_4OH$  məhlulunda  $OH^-$  ionların qatılığı nəyə bərabərdir ( $K=1,8 \cdot 10^{-5}$ )? Neçə dəfə  $NH_4Cl$  olması bu qatılığı kiçildir? Hesbalamanı ionların fəallıq əmsallarını nəzərə almadan təxmini aparın.

Cavab:  $[OH^-]=9 \cdot 10^{-6}$  q-ion/l; 0,1 mol/l  $NH_4Cl$  iştirakı zamanı  $OH^-$  ionlarının qatılığı təxminən 105 dəfə azalacaq.

47. 1,0N məhlulda dissosiasiya dərəcəsi 0,423% olan ammonium-əsasının dissosiasiya sabiti nəyə bərabərdir?

Cavab:  $1,79 \cdot 10^{-5}$ .

48. 0,01N sianid turşusu məhlulunda  $K_{HCN}=7,20 \cdot 10^{-10}$  olduqda, dissosiasiya etmiş molekulların faizi neçə olar?

Cavab: 0,027%/

49. 1 l-də a) 0,1 mol  $KCl$ ; b) 0,1 mol  $K_2SO_4$ ; v) 0,1 mol  $MgSO_4$ ; q) 0,1 mol  $AlCl_3$ , d) 0,01 mol  $K_2SO_4 + 0,01$  mol  $Al_2(SO_4)_3$  olan məhlulların ion qüvvəsi nəyə bərabərdir?

Cavab: a) 0,1, b) 0,3; v) 0,4; q) 0,6; d) 0,18.



50. Hidrogen ionlarının qatılığı: a)  $4 \cdot 10^{-3}$ ; b)  $1,5 \cdot 10^{-7}$ ; v)  $1,3 \cdot 10^{-3}$ ; q)  $3,18 \cdot 10^{-8}$ ; d)  $9,6 \cdot 10^{-4}$  q-ion/l olan məhlullar üçün pH və hidroksil ionlarının qatılığını hesablayın.

Cavab: a) 2,4;  $2,5 \cdot 10^{-12}$ .

51. Hidroksil ionlarının qatılığı: a)  $5,8 \cdot 10^{-4}$ ; b)  $3,12 \times 10^{-4}$ ; v)  $7,5 \cdot 10^{-9}$ ; q)  $8,56 \cdot 10^{-3}$ ; d)  $6,3 \cdot 10^{-7}$ -ion/l olan məhlullar üçün hidrogen ionlarının qatılığını və pH hesablayın.

52. pOH-ı a) 8,34; b) 5,86; v) 6,67 olan məhlulların hidrogen, hidroksil ionlarının qatılıqlarını və pH-ı hesablayın.

Cavab: a)  $2,2 \cdot 10^{-6}$ ;  $4,5 \cdot 10^{-9}$  q-ion/l; pH=5,66.

53. Formiat turşusunun 0,1N məhlulunda dissosiasiya dərəcəsi 4,2% olduqda, dissosiasiya sabiti neçə olar?

Cavab:  $1,76 \cdot 10^{-4}$ .

54. 18%-li xlorid turşusunun pH-nı hesablayın.

Cavab: pH=1,11.

55. 0,06M ammonium-əzası məhlulunun pH-nı hesablayın. ( $K=1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

Cavab: 11,02.

56. Hidrogen ionlarının qatılığı  $4,5 \cdot 10^{-5}$  q-ion/l bərabər olması üçün 3 ml 0,1N asetat turşusu məhluluna neçə milliqram natrium-asetat əlavə etmək lazımdır?

Cavab: 9,84 mq.

57. 3 ml 3N  $\text{CH}_3\text{COOH}$  məhlulu üzərinə 5 ml 3N  $\text{CH}_3\text{COONa}$  məhlulu əlavə edilmişdir. Alınan məhlulda hidrogen ionlarının qatılığını hesablayın.

Cavab:  $1,08 \cdot 10^{-5}$  q-ion/l.

58. pH-ın 5,5-ə bərabər olması üçün 5 ml 0,1M asetat turşusu məhlulu üzərinə neçə milliqram  $\text{CH}_3\text{COONa}$  əlavə etmək lazımdır?

Cavab: 388 mq.

59. pH-ın 4,4-ə bərabər olması üçün 5 ml 0,1M  $\text{HNO}_2$  məhlulu üzərinə neçə milliqram  $\text{NaNO}_2$  əlavə etmək lazımdır?

Cavab: 345 mq.

60. Kationların analitik qruplara bölünməsinə göstərin.

61. Kationların hidrogen-sulfid təsnifatı ilə elementlərin dövrü sisteminin əlaqəsi.

62. Kationların turşu-qələvi təsnifatı ilə elementlərin dövrü sisteminin əlaqəsi.

63. Analitik kimyanın qısa tarixi.

64. Gümüş ionlarının həll olan və həll olmayan əsas birləşmələrinin rəngləri necədir?

65. Gümüşün mühüm çətin həll olan birləşmələrini göstərin.

66. Gümüşün çətin həll olan birləşmələrinin həll olmasının əsas üsulunu göstərin.

67. Gümüş ionunun analitik kimya görüşündən əhəmiyyətli kompleks birləşmələrini göstərin və onların əmələ gəlməsi tənliliklərini yazın.

68. Gümüş ionlarının  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  şəklində təyin edilməsinə hansı ionlar mane olur?

69.  $\text{Hg}^{2+}$  ionunun mövcud olmasını sübut edən faktları göstərin.

70. Birvalentli civənin mühüm rəngli birləşmələrini göstərin.

71. Civə 1-xlorid ilə ammonium-əzası arasında gedən reaksiya tənliyini yazın.

72. Birvalentli civə ionları kompleks birləşmə əmələ gətirirmi?

73. Başqa maddələr vasitəsilə birvalentli civənin hər hansı birləşməsini hər hansı qarışıqdan necə ayırmaq olar?

74. Birvalentli civə ionunun səciyyəvi reaksiya tənliliklərini yazın.

75. Dihidrarqa-amino-xlorid kompleksinin quruluşunu yazın.

76. Monohidrarqa-amino-xloridin zərhdə həll olma reaksiyası tənliyini yazın.

77.  $\text{AgCl}$  və  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  çöküntülərinin əmələ gəlməsi üçün qızdırmaq kömək edərmi?

78. Qurğuşun ionlarının əsas xüsusiyyətlərini göstərin.

79. Qurğuşun məhlulda hansı ionlar şəklində ola bilər?

80. Qurğuşunun mühüm məlum rəngli birləşmələrini göstərin.

81. Trixloro-plümboat kompleks ionunun əmələ gəlməsi tənliyini yazın.

82. Tetrayodo-plümboat ionunun alınması tənliyini yazın.

82. Qurğuşun-xloridin qatı xlorid turşusu məhlulunda həllolma reaksiyası tənliyini yazın.

84.  $Pb_3O_4$ -ün hidrogen-peroksid iştirakı ilə nitrat turşusunda həllolma reaksiya tənliyini yazın.

85.  $Pb_3O_4$ -ün qurğuşun ortoplümboat olmasını nə ilə sübut edərsiniz? Uyğun reaksiya tənliyini yazın.

86. 2 ml 2N nitrat turşusunda nə qədər qurğuşun-sulfat həll olmasını hesablayın.

Cavab: 0,85 mq.

87. Nitrat turşusu məhlulunda qurğuşun ionlarını təyin edərkən qurğuşun sulfatın tam çökməsinə necə nail olmaq olar?

88. Qurğuşun-sulfidin nitrat turşusunda həllolma reaksiya tənliyini yazın.

89. Qurğuşun ionu ilə kalium-yodid arasında gedən reaksiya tənliyini yazın.

90. Birinci qrup kationlarının qrup reaktivi ilə tam çökdürülməsi şəraitini göstərin.

91. Xlorid turşusu ilə I analitik qrup kationlarını çökdürərkən, qurğuşun ionları nə üçün tam çökmür?

92. Qurğuşun ionlarını I qrupun digər ionlarından necə ayırmaq olar? Hansı reaksiya ilə qurğuşunu təyin edirlər. Bütün reaksiyaların tənliyini yazın.

93.  $[Ag(NH_3)_2]^+$  ionuna KCl, KBr, KJ,  $(NH_4)_2S$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2S$  necə təsir göstərir.

94. Qurğuşun ionu məhluluna kalium bixromat məhlulu ilə təsir etdikdə, nə üçün qurğuşun bixromat yox, xromat alınır?

95. Analiz edilən məhlulda gümüş ionlarından az, birvalentli civə ionlarından isə çox olduqda, onları təyin etmək üçün hansı çətinliklər baş verə bilər?

96. Analiz edilən məhlulda birvalentli civə ionlarından az, gümüş ionlarından isə çox olduqda, onları təyin etmək üçün hansı çətinliklər baş verə bilər?

97. I qrup kationlarının sulfat və xlorid ionları ilə səciyyəvi reaksiya tənliklərini yazın.

98. Xlorid turşusu əlavə etdikdən sonra, hansı halda qurğuşun və gümüş kationları məhlulda qala bilər?

99. Bərabər miqdarda gümüş-nitrat və qurğuşun-nitrat məhlulları bir yerdə olduqda, analizi necə aparmaq olar?

100. Bərabər miqdarda gümüş-nitrat və civə 1-nitrat məhlulları bir yerdə olduqda, analizi necə aparmaq olar?

101. Birvalentli civə ionu və onun əmələ gətirdiyi birləşmələrin rənglərini göstərin.

102. I qrup kationları analizinin gedişini təsvir edin.

103. Turşu və əsasların təbiəti haqqında hansı müasir təsəvvürlər vardır?

104. Turşu və əsasların solvasistem nəzəriyyəsini mahiyyətini izah edin.

105. Turşu və əsasların proton nəzəriyyəsinin mahiyyəti nədən ibarətdir?

106. Turşu və əsaslar haqqında Lyuis nəzəriyyəsinin mahiyyəti nədən ibarətdir?

## IV FƏSİL

### İKİNCİ QRUP KATİONLARI

II-VI qrup kationlarından ayrı-ayrı ionlar və ya bir kationlar qrupu çoxlu miqdarda çətin həll olan birləşmələr əmələ gətirirlər. Çətin həll olan birləşmələrin əmələ gəlməsi və eləcə də onların həll olmasının öyrənilməsi vəsfi analizdə olduqca mühüm məsələdir. Həmin məsələni düşüncəli olaraq həll etmək və tədqiqatçının istədiyi kimi idarə etmək üçün çöküntünün əmələ gəlməsinin və həll olmasının nəzəri əsasları ilə tanış olmaq zəruridir. Bu məqsədlə hər şeydən əvvəl, kütlələrin təciri qanununun heterogen sistemlərə tətbiqi ilə tanış olmaq lazımdır.

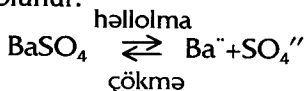
#### 4.1. KÜTLƏLƏRİN TƏSİRİ QANUNU VƏ HETEROGEN PROSESLƏR

##### 4.1.1. Həllolma hasilı

Çöküntü və doymuş məhluldan ibarət olan sistemlərin analitik kimyada böyük əhəmiyyəti vardır. Doymuş məhlullarla bərk maddədən (çöküntüdə) ibarət olan sistemlər, heterogen və ya eynicinsli olmayan sistemlərə daxildir. Heterogen sistemlər bir neçə fazadan ibarət olur. Bir-birindən ayrılma səthləri ilə fərqlənən heterogen sistemin ayrı-ayrı hissələrinə faza deyilir.

Çətin həll olan hər hansı maddədən, məsələn,  $BaSO_4$ -dən bir az götürüb içərisində distillə edilmiş su olan stəkana töküüb qarışdırın. O zaman həllolma prosesi baş verəcək; onun mexanizmini aşağıdakı kimi təsəvvür etmək olar: barium-sulfatın kristal qəfəsinin səthdəki layını təşkil edən  $Ba^{2+}$  və  $SO_4^{2-}$  ionları özlərinə su molekullarının dipollarını cəzb edərək, onlarla qarşılıqlı təsirdə olub, hidratlaşmış ionlar şəklində məhlula keçməyə başlayacaq. Lakin bu həllolma prosesi ilə bərabər ona əks olan proses –  $BaSO_4$ -tın məhluldan çökməsi də baş verəcək. Belə ki, hidratlaşmış ionlar çöküntünün kristalları ilə rastlaşarkən onun əks yüklü ionları tərəfindən cəzb olunaraq bəzi hallarda dehidratlaşaraq çökəcək.

Deməli, həllolma prosesi – dönər prosesdir və çökmə prosesi ilə müşayət olunur:



Göstərilən qarşılıqlı əks proseslərin getməsi, nəticə etibarilə dinamik tarazlığa gətirir. Bu dinamik tarazlıq halında ionların çökmə sürəti həllolma sürətinə bərabər olur.

Yuxarıda göstərilən tarazlıq halına kütlələrin təsiri qanununu tətbiq etmək olar. ~~Kütlələrin təsiri qanununa əsasən~~, bərk maddənin həllolma sürəti ( $v_1$ ) həmin maddənin səthinin böyüklüyü ( $P$ ) ilə düz mütənasibdir.

$$v_1 = K_1 \cdot S$$

$K_1$  - mütənasiblik əmsalı olub, elektrolitin təbiətindən və məhlulun temperaturundan asılıdır;  $S$  - bərk fazanın səthi böyüklüyüdür.

Sabit temperaturda tarazlıq halında bərk maddənin səthinin böyüklüyü ( $S$ ) sabit olduğundan onu vahidə bərabər qəbul etmək olar. O zaman  $v_1 = K_1$ , yəni həllolma sürəti yalnız həll edilən elektrolitin təbiətindən asılıdır. Tərsinə gedən prosesin  $v_2$  sürəti, yəni  $\text{Ba}^{2+}$  və  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarının  $\text{BaSO}_4$ -kristallarının səthinə çökmə sürəti vahid zamanda vahid səthdə baş verən  $\text{Ba}^{2+}$  və  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarının toqquşmalarının sayından asılıdır. Əgər məhlulda ionların hərəkət sürətini, həmçinin toqquşmaların sayını azaldan ionlararası qüvvələr mövcud olmasa idi, onda çökmə sürəti məhlulda  $\text{Ba}^{2+}$  və  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarının qatılıqları ilə düz mütənasib olardı. Bu qüvvələrin təsirini nəzərə almaq üçün ionların qatılıqlarını fəallıqlarla əvəz etmək lazımdır.

Onda

$$v_2 = K_2 \cdot a_{\text{Ba}^{2+}} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}}$$

burada  $K_2$  - sabit temperaturda sabit kəmiyyət olan mütənasiblik əmsalındır.

Tarazlıq zamanı  $v_2 = v_1$ , yəni

$$K_2 \cdot a_{\text{Ba}^{2+}} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}} = K_1$$

$$a_{\text{Ba}^{2+}} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{K_1}{K_2} = \text{hh}_{\text{BaSO}_4}$$

hh - həllolma hasili adlanır.

Beləliklə, sabit temperatur və təzyiqdə verilmiş çətin həllolan elektrolitin doymuş məhlulunda ionların fəallıqlarının hasili sabit kəmiyyət olub, həllolma hasili adlanır. Bu sabit maddənin həllolma qabiliyyətini xarakterizə edir.

İki və daha artıq ionlardan ibarət olan elektrolitin həllolma hasili, həmin ionların fəallıqları hasilinə bərabərdir. Məsələn:

$$hh_{\text{MgNH}_4\text{PO}_4} = a_{\text{Mg}^{2+}} \cdot a_{\text{NH}_4^+} \cdot a_{\text{PO}_4^{3-}}$$

Əgər elektrolitin dissosiasiyası tənliyində ayrı-ayrı ionların qarşısında duran əmsallar vahidə bərabər deyilsə, o zaman həllolma hasili tənliyində onların fəallıqları əmsallara uyğun olaraq qüvvətə yüksəldilir:

Məsələn:

$$hh_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = a_{\text{Ca}^{2+}}^3 \cdot a_{\text{PO}_4^{3-}}^2$$

İonların fəallığının onların qatılıqlarının fəallıq əmsalı hasilinə bərabər olmasını nəzərə alaraq  $hh_{\text{BaSO}_4}$  ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$hh_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ba}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}}$$

$\text{BaSO}_4$  az həllolan elektrolit olduğundan onun doymuş məhlulunda ionların qatılıqları çox azdır. İonlararası qarşılıqlı təsir qüvvələri ionların kimyəvi fəallığına praktiki olaraq təsir göstərməz. Ona görə də qüsursuz olaraq:

$$f_{\text{Ba}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}} = 1$$

yazmaq olar.

Barium və sulfat ionlarının fəallıq əmsalını nəzərə almadıqda:

$$hh_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

alınır ki, praktikada əsasən ondan istifadə edirlər.

Yuxarıdakı tənliyə əsasən demək olar ki, həllolma hasili doymuş məhlullarda, çətin həll olan elektrolit ionlarının molyar qatılıqlarının vurma hasilinə deyilir.

Doymamış məhlullarda ionların qatılıqlarının hasili həmişə həllolma hasilindən kiçik olur. Ona görə də ionların qatılıqları hasili həllolma hasilinə çatıncaya qədər çöküntü (əgər varsa) həll olmaqda davam edir.

İfrat doymuş məhlullarda ionların qatılıqları hasili həllolma hasilindən artıq olur. Ona görə də ifrat doymuş məhlullarda

şərait dəyişdikdə ionların qatılıqları hasilı həllolma hasilindən azacıq artıq oluncaya qədər çöküntü əmələ gəlməkdə davam edir.

Yadda saxlamaq lazımdır ki, bəzi maddələr ifrat doymuş məhlullar əmələ gətirməyə çox hərisdirlər. Belə hallarda, çətin həllolan elektrolitlər əmələ gələn zaman onların bir hissəsi həll olur. Həllolma həddində dayanmayıb ətalət üzrə artıq həll olur. Ona görə də çöküntü dərhal yox, bir qədər sonra alınır. Başqa sözlə desək, ionların qatılığı hasilı həllolma hasilindən artıq olduqda çöküntü alınmağa başlayır.

Qeyd etmək lazımdır ki, çöküntünün alınması tam çökmə demək deyildir. Tam çökmə bəzən 20-30 saatdan sonra olur. Belə hallar yarım-mikrokimyəvi analizdə, daha doğrusu, çətin həll olan çöküntü az miqdarda alındığı halda tez-tez rast gəlinir.

Analitik kimyada həllolma hasilı müstəsna dərəcədə böyük əhəmiyyətə malikdir.

#### 4.1.2. Maddənin həll olmasına əsasən həllolma hasilinin hesablanması

Suda həllolmasına görə bütün elektrolitlər şərti olaraq üç qrupa bölünür:

1. Az həll olanlar. Buraya həllolması  $1 \cdot 10^{-4}$  mol/l-dən az olanlar daxildir.

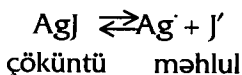
2. Orta həll olanlar. Buraya həllolması  $1 \cdot 10^{-2}$  mol/l-dən az olanlar daxildir.

3. Yaxşı həll olanlar. Buraya həllolması  $1 \cdot 10^{-2}$  mol/l-dən çox olanlar daxildir.

Bir qayda olaraq həllolma hasilini praktiki olaraq tapılan həllolmaya əsasən hesablayırlar.

1-ci misal.  $25^{\circ}\text{C}$  temperaturda  $\text{AgI}$ -in həll olması  $2,865 \cdot 10^{-6}$  q/l-dir. Gümüş-yodidın həllolma hasilini hesablayın.

Həlli: Gümüş-yodidın suda doymuş məhlulunda aşağıdakı tarazlıq yaranır.



Onda

$$hh_{\text{AgI}} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{I}^-]$$



Gümüş-yodidın hər bir molekulu məhlulda bir gümüş ionu və bir yodid ionu verir. Ona görə də

$$[Ag] = [I] = [AgI]$$

[AgI] - gümüş-yodidın molyar qatılığını göstərir. Doymuş məhlulda gümüş-yodidın molyar qatılığı hesablanır:

$$[AgI] = \frac{2,865 \cdot 10^{-6}}{234,4} = 1,22 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

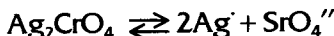
234,8 - AgI-in molyar kütləsidir.

Beləliklə,

$$hh_{AgI} = [Ag] \cdot [I] = (1,22 \cdot 10^{-8})^2 = 1,5 \cdot 10^{-16} \text{ mol/l}$$

2-ci misal. 25°C temperaturda,  $Ag_2CrO_4$ -ün həll olması  $1,31 \cdot 10^{-4}$  mol/l-dir. Gümüş-xromatın həllolma hasilini hesablayın.

Həlli:  $Ag_2CrO_4$  suda məhlulda aşağıdakı tənlik üzrə dissosiasiya edir:



Ona görə də

$$[CrO_4^{2-}] = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ q-ion/l}$$

$$[Ag^+] = 2 \cdot 1,31 \cdot 10^{-4} = 2,62 \cdot 10^{-4} \text{ q-ion/l}$$

Beləliklə, gümüş-xromatın həllolma hasilı bərabərdir:

$$hh_{Ag_2CrO_4} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}] = (2,62 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1,31 \cdot 10^{-4} = 9,00 \cdot 10^{-12}$$

Fəalliq əmsalını nəzərə alaraq həllolma hasilinin hesablanmasına aid bir misal göstərək.

Misal. 100 q suda kalium-hidrotartratın həll olması, temperaturdan asılı olaraq aşağıdakı şəkildə dəyişir:

Həllolma temperaturu, C°	0	20	40	60	80	100
Həllolma, q	0,32	0,53	1,30	2,50	4,60	7,00

Kalium-hidrotartratın həllolma hasilini hesablayın.

Həlli: a)  $KHC_4H_4O_6$ -in həllolmasını q/l ilə hesablayaq.

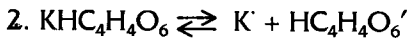
1. 100 q suda 0°C-də 0,32 q həll olur.

1000 x q olar.

$$x = \frac{0,32 \cdot 1000}{100} = 3,2 \text{ q}$$

$KHC_4H_4O_6$ -in molyar həllolması tapılır:

$$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 = \frac{3,2}{188,18} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ q-mol/l}$$



$$3. \text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6} = [\text{K}^+] \cdot [\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'] = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 1,7 \cdot 10^{-2} = 2,89 \cdot 10^{-4}$$

b) İonun fəallıq əmsalını nəzərə alaraq  $\text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6}$  hesablanır.

1. Duzun molyar həllolmasına əsasən, məhlulun ion qüvvəsi ( $\mu$ ) tapılır:

$$\mu = \frac{1}{2} ([\text{K}^+] \cdot 1^2 + [\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'] \cdot 1^2) = \frac{1}{2} (0,017 \cdot 1^2 + 0,017 \cdot 1^2) = 0,017$$

2. Cədvəldən  $f_{\text{K}^+}$  və  $f_{\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'}$  - fəallıq əmsalı kəmiyyəti tapılır:

$$f_{\text{K}^+} = f_{\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'} = 0,90 - 0,023 = 0,877$$

$$3. \text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6} = [\text{K}^+] \cdot [\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'] \cdot f_{\text{K}^+} \cdot f_{\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'} =$$

$$= 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 0,877^2 = 2,22 \cdot 10^{-4}$$

Bunun kimi də 20°C-də həllolmaya əsasən  $\text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6}$  tapılır.

$$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 = \frac{5,3}{188,18} = 2,82 \cdot 10^{-2} \text{ q-mol/l}$$

$$\text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6} = [\text{K}^+] \cdot [\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'] = 2,82 \cdot 10^{-2} \cdot 2,82 \cdot 10^{-2} = 7,95 \cdot 10^{-4}$$

Fəallıq əmsalını nəzərə almaqla  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ -ın həllolma hasilini hesablanır:

$$\mu = \frac{1}{2} (2,82 \cdot 10^{-2} \cdot 1^2 + 2,82 \cdot 10^{-2} \cdot 1^2) = 2,82 \cdot 10^{-2}$$

Buradan:

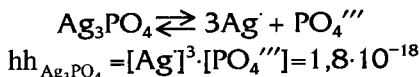
$$\text{hh}_{\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6} = [\text{K}^+] \cdot [\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6'] \cdot f^2 = 2,82 \cdot 10^{-2} \cdot 2,82 \cdot 10^{-2} \cdot 0,87^2 = 5,61 \cdot 10^{-4}$$

#### 4.1.3. Maddənin həllolma hasilinə əsasən həllolmasının hesablanması

Maddənin həllolma hasilini bilməklə onun həllolma qabiliyyətini hesablamaq olar. Həmin hesablamaya dair bir neçə misal göstərək.

1-ci misal.  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ -ün həllolma hasilini  $1,8 \cdot 10^{-18}$ -ə bərabərdir. Gümüş-fosfatın həll olmasını mol/l ilə hesablayın.

Həlli: Gümüş-fosfatın suda məhlulu aşağıdakı kimi dissosiasiya edir:



Gümüş-fosfatın molyar həllolmasını  $x$  ilə işarə etdikdə,

$$[\text{Ag}^+] = 3x; [\text{PO}_4^{3-}] = x$$

Onda

$$hh_{\text{Ag}_3\text{PO}_4} = (3x)^3 \cdot x = 1,8 \cdot 10^{-18}$$

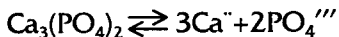
$$27x^4 = 1,8 \cdot 10^{-18}$$

Buradan  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ -ün həll olması

$$x = \sqrt[4]{\frac{1,8 \cdot 10^{-18}}{27}} = \sqrt[4]{6,67 \cdot 10^{-20}} = 1,60 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

2-ci misal. Kalsium-fosfatın həllolma hasilı  $1,2 \cdot 10^{-14}$  olduğunu nəzərə alaraq 20-25<sup>o</sup>-də onun həll olmasını hesablayın.

Həlli:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  suda məhlulu aşağıdakı tənlik üzrə dissosiasiya edir:



Dissosiasiya tənliyindən aydın olur ki,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -in hər molekulu  $3\text{Ca}^{2+}$  ionu və  $2\text{PO}_4^{3-}$  ionu əmələ gətirir. Ona görə də

$$hh_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = [\text{Ca}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2 = 1,2 \cdot 10^{-14}$$

və ya

$$\{3[X]\}^3 \cdot \{2[X]\}^2 = 108[X]^5 = 1,2 \cdot 10^{-14}$$

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -in həll olması

$$X = \sqrt[5]{\frac{1,2 \cdot 10^{-14}}{108}} = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

3-cü misal.  $hh_{\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2} = 7,9 \cdot 10^{-43}$ -dür.

Həmin duzun molyar həllolmasını və doymuş məhlulda ionların q/l ilə qatılığını hesablayın.

Həlli: 1) Qurğuşun-fosfatın molyar həllolmasını  $x$  ilə göstərək. Duzun məhluldakı dissosiasiyasını 100% qəbul etdikdə, dissosiasiya məhsulu olaraq  $3\text{Pb}^{2+}$  ionu və  $2\text{PO}_4^{3-}$  ionu alınmasını nəzərə alsaq,  $[\text{Pb}^{2+}] = 3x$ ;  $[\text{PO}_4^{3-}] = 2x$  olar.

2) Qurğuşun-fosfatın həllolma hasili formulunu yazıb orada ionların qatılığı yerinə  $x$  qoyaq.

$$hh_{Pb_3(PO_4)_2} = [Pb^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 = (3x)^3 \cdot (2x)^2 = 7,9 \cdot 10^{-43}$$

Buradan:

$$27x^3 \cdot 4x^2 = 108x^5 = 7,9 \cdot 10^{-43}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{7,9 \cdot 10^{-43}}{108}} = \sqrt[5]{\frac{790 \cdot 10^{-43}}{108}}$$

Yuxarıdakı tənliyi loqarifləməklə həll edək:

$$\lg x = \frac{1}{5} (\lg 790 + \lg 10^{-43} - \lg 108) = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ q-mol/l}$$

$$\frac{1}{5} \lg 790 = 2,8976:5 = 0,5795; \quad \frac{1}{5} \lg \cdot 10^{-43} = \overline{45},0000:5 = \overline{9},0000$$

$$\frac{1}{5} \lg 108 = 2,0334:5 = 0,4067$$

$$0,5795 + \overline{9},0000 = \overline{9},5795; \quad \overline{9},5795 - 0,4067 = \overline{9},1728$$

Ədədin loqarifmi  $\overline{9},1728$  olanda, o zaman ədəd  $1,5 \cdot 10^{-9}$  olar.

3) Qurğuşun-fosfatın molyar həllolmasını tapdıqdan sonra, doymuş məhlulda hər ionun q/l qatılığını hesablamaq olar:

$$C_{Pb^{2+}} = 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 108,19 = 9,32 \cdot 10^{-7} \text{ q/l};$$

$$C_{PO_4^{3-}} = 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 94,97 = 2,85 \cdot 10^{-7} \text{ q/l}.$$

Orta dərəcədə həllolan elektrolitlərin həllolmalarını onların həllolma hasillərinə əsasən hesablayanda, ionların fəallıq əmsalını mütləq nəzərə almaq lazımdır. Bunu nəzərə almadan həllolma kəmiyyəti əslində olduğuna nisbətən az alınır.

4-cü misal. Həllolma hasili  $1,6 \cdot 10^{-5}$  olan qurğuşun-xloridin həllolmasını, q/mol/l və q/l ilə hesablayın və orada fəallıq əmsalını a) nəzərə alın, b) nəzərə almayın.

Həlli: a) fəallıq əmsalını nəzərə almamaqla:

1. Qurğuşun-xloridin molyar həllolmasını  $x$  ilə işarə edək.

O zaman:

$$[Pb^{2+}] = x; \quad [Cl^-] = 2x$$

2.  $hh_{PbCl_2} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2 = x \cdot (2x)^2 = 1,6 \cdot 10^{-5}$

$$4x^3 = 1,6 \cdot 10^{-5};$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{4}}$$

yaxud:

$$x = \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{4}} = \sqrt[3]{4 \cdot 10^{-6}} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ q-mol/l}$$

$$\lg x = \frac{1}{3} (\lg 4 + \lg 10^{-6}) = \bar{2},2007; \quad \frac{1}{3} \lg 4 = 0,6021:3 = 0,2007$$

$$\frac{1}{3} \lg 10^{-6} = \bar{6},0000:3 = \bar{2},0000; \quad 0,2007 + \bar{2},0000 = \bar{2},2007$$

Beləliklə,

$$x = 0,01588 \approx 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ q-mol/l}$$

Nəhayət,  $\text{PbCl}_2$ -in həllolması bərabərdir:

$$1,6 \cdot 10^{-2} \cdot 278,12 = 4,45 \text{ q/l}$$

b) fəallıq əmsalını nəzərə almaqla:



$$[\text{Pb}^{2+}] = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ q-ion/l}; \quad [\text{Cl}^-] = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ q-ion/l.}$$

2. Məhlulun ion qüvvəsini tapaq.

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} ([\text{Pb}^{2+}] \cdot 2^2 + [\text{Cl}^-] \cdot 1^2) = \frac{1}{2} (1,6 \cdot 10^{-2} \cdot 4 + 3,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1^2) = \\ &= \frac{1}{2} (6,4 \cdot 10^{-2} + 3,2 \cdot 10^{-2}) = 4,8 \cdot 10^{-2} \approx 0,05 \end{aligned}$$

3. Cədvəldən ionların fəallıq əmsalını tapaq: İon qüvvəsi 0,05-ə bərabər olduqda:

$$f_{\text{Pb}^{2+}} = 0,45; \quad f_{\text{Cl}^-} = 0,81$$

4. Həll olmanı hesablayaq; onun üçün aşağıdakı formuldan istifadə edək:

$$KtAn_2 = \sqrt[3]{\frac{hh_{KtAn_2}}{4f_2 \cdot f_1}}$$

Burada  $f_2$  - ikivalentli kationun fəallıq əmsalını;  $f_1$  - birvalentli anionun fəallıq əmsalını göstərir:

Bizim misalda  $\text{PbCl}_2$ -nin həll olması

$$\sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 0,45 \cdot 0,81^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{1,181}} = 2,38 \cdot 10^{-2} \text{ q - mol/l}$$

bərabərdir.

5.  $\text{PbCl}_2$ -nin həll olmasını q/l ilə hesablayaq.  
 $2,38 \cdot 10^{-2} \cdot 278,12 = 6,62 \text{ q/l}$ ;  $\lg 2,38 \cdot 10^{-2} = \bar{2},3766$ ;  
 $\lg 278,12 = 2,4442$ ;  $\bar{2},3766 + 2,4442 = 0,8208$   
 Beləliklə,  $\lg 0,8208$ -in ədədi  $6,619 \approx 6,62 \text{ q/l}$  olar.

#### 4.1.4. Az həll olan elektrolitin həll olmasına eyni adlı ionların təsiri. Duz effekti

Mütləq həllolmayan maddə yoxdur. Bütün maddələr az və ya çox dərəcədə həll olur. Çöküntülərin həllolmasının azaldılması üsullarından biri çökdürmə zamanı çökdürülən reaktivin artığının əlavə edilməsidir. Məsələn,  $\text{Cl}'$ -ionlarını  $\text{AgCl}$  şəklində çökdürmək üçün elektrolit məhlulun üzərinə  $\text{AgNO}_3$  - məhlulu əlavə edilir.  $\text{AgNO}_3$  - xlorid ionlarına nisbətən ekvivalent miqdarda əlavə etdikdə

$$[\text{Ag}] = [\text{Cl}'] = h_{\text{AgCl}}; h_{\text{AgCl}} = \sqrt{hh_{\text{AgCl}}};$$

və ya

$$h_{\text{AgCl}} = [\text{Cl}'] = \frac{hh_{\text{AgCl}}}{[\text{Ag}']} \quad (1)$$

$\text{AgNO}_3$  artıq miqdarda əlavə etdikdə çöküntü üzərindəki məhlulda gümüş ionlarının qatılığı xlorid ionlarının qatılığından çox olacaq. Belə hesab etmək olar ki, gümüş ionlarının artığı  $\text{AgCl}$ -in doymuş sulu məhlulu üzərinə əlavə edilmişdir. Buradan gümüş ionlarının məhlulda ümumi qatılığı  $[\text{Ag}] + [\text{Ag}]_{\text{al.ed.}}$ .

Beləliklə,

$$\begin{aligned} ([\text{Ag}] + [\text{Ag}]_{\text{al.ed.}}) \cdot [\text{Cl}'] &= hh_{\text{AgCl}} \\ h_{\text{AgCl}} = [\text{Cl}'] &= \frac{hh_{\text{AgCl}}}{[\text{Ag}] + [\text{Ag}]_{\text{al.ed.}}} \end{aligned} \quad (2)$$

(1) və (2) tənliklərini müqayisə etdikdə asanlıqla görə bilərik ki, az həllolan elektrolit  $\text{AgCl}$ -in həllolması eyniadlı ionu olan  $\text{AgNO}_3$ -ün artıq miqdarı əlavə edildikdə azalacaq.

(2)-ci tənlikdə  $[Ag]_{al.ed.}$ , AgCl-in doymuş məhlulunda olan gümüş ionlarının qatılığından xeyli çox olduğundan  $[Ag]$  kəmiyyətini nəzərə almamaq olar.

Onda:

$$h_{AgCl} = [Cl'] = \frac{hh_{AgCl}}{[Ag]_{al.ed.}}$$

Beləliklə, görürük ki, kəsrin məxrəci artdıqda həllolma azalır.

Bunu bir qədər başqa cür də demək olar:

Hər hansı çətin həllolan elektrolitin doymamış məhlulunu doymuş və hətta ifrat doymuş hala gətirmək olar. Məsələn, AgCl-in doymamış məhlulunu doymuş hala gətirmək üçün  $[Ag]$  və ya  $[Cl']$  artırmaq lazımdır. Bunun üçün doymamış məhlula, məsələn,  $AgNO_3$  və ya KCl əlavə etmək lazımdır.

Doymamış məhlulda AgCl-in həllolma hasili sərbəst ionların qatılıqları hasilindən çox olduğu halda, gümüş-nitrat və ya kalium-xlorid elektroliti əlavə etdikdən sonra yavaş-yavaş ionların qatılıqları hasili artır və hətta AgCl-in həllolma hasilindən artıq olur. Ona görə də doymamış məhlul doymuş məhlula və nəhayət, ifrat doymuş məhlula çevrilir. Bu da gümüş-xloridin çökməsinə səbəb olur. Göstərilən qayda ilə AgCl-in həll olması azalır və nəticədə onun bərk fazadakı miqdarı artır. Belə ki, AgCl üçün

a) doymamış məhlulda

$$[Ag] \cdot [Cl'] < hh_{AgCl}$$

b) doymuş məhlulda

$$[Ag] \cdot [Cl'] = hh_{AgCl}$$

v) ifrat doymuş məhlulda

$$[Ag] \cdot [Cl'] > hh_{AgCl}$$

Göstərilənlərə təcrübədə inanmaq üçün xörək duzunun doymuş məhlulu üzərinə qatı xlorid turşusu tökün. Dərhal çöküntünün alındığını görəcəksiniz. Beləliklə, çətin həll olan elektrolit məhluluna eyniadlı ionu olan hər hansı qüvvətli elektrolit əlavə etdikdə, həmin elektrolitin həll olması azalır.

Təcrübə göstərir ki, nəinki eyniadlı ionu olan duzlar, həm də eyniadlı ionu olmayan duzlar da elektrolitlərin həllolmasına təsir edir. Lakin bu zaman həllolma adətən artır. Bu hadisəyə "duz effekti" deyilir.

Məsələn: KCl, NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> məhlulları ilə BaSO<sub>4</sub>, SrSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub> çöküntülərinə təsir etdikdə, onların həllolması artır. Eyniadlı ionu olmayan duzların qatılıqları nə qədər çox olsa, bəzi az həll olan elektrolitlərin həllolması da o qədər çox artır.

Bu hadisəni izah etmək üçün həllolma hasilinin dəqiq tənliyinə nəzər salaıq. Məsələn SrSO<sub>4</sub>-ü götürək:

$$[Sr^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \cdot f_{Sr^{2+}} \cdot f_{SO_4^{2-}} = hh_{SrSO_4}$$

və ya

$$[Sr^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = \frac{hh_{SrSO_4}}{f_{Sr^{2+}} \cdot f_{SO_4^{2-}}}$$

Bu tənlikdə  $hh_{SrSO_4}$  kəmiyyəti sabitdir. Hər hansı bir eyni ionu olmayan duz əlavə edildikdə fəallıq əmsalları -  $f_{Sr^{2+}}$  və  $f_{SO_4^{2-}}$  azalacaq, çünki məhlulun ion qüvvəsi bu zaman artır, bununla da az həll olan birləşmənin həllolma hasilı, yəni stronsium-sulfatın həllolması da artır.

Həllolmanın artmasının fiziki səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar: KCl və ya NaNO<sub>3</sub>-ü məhlula daxil etdikdə Sr<sup>2+</sup> və SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarının hərəkəti ionlararası qüvvələr ilə məhdudlaşdığından SrSO<sub>4</sub> kristallarının səthi ilə az toqquşacaq. Nəticədə Sr<sup>2+</sup> və SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarının məhlula keçməsi prosesi müvəqqəti olaraq onların çökməsi prosesinə üstün gələcək və SrSO<sub>4</sub>-in həllolması artacaq.

Məhlulun ion qüvvəsi kəmiyyəti yalnız qatılıqdan yox, eyni zamanda elektrolit ionunun yükündən də asılıdır. Ona görə də müxtəlif elektrolitlərin eyni miqdarları müxtəlif duz effekti verirlər.

Misal. CaSO<sub>4</sub>-in suda 0,01 M KNO<sub>3</sub> məhlulunda və 0,01M Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> məhlulunda həllolmasını hesablayın.

$$(hh_{CaSO_4} = 2,37 \cdot 10^{-5}).$$

Həlli: a) CaSO<sub>4</sub>-in suda həllolmasını tapaıq:

CaSO<sub>4</sub>-in su həll olmasını x götürək:

$$[Ca^{2+}] = [SO_4^{2-}] = [CaSO_4] = x$$

$$hh_{CaSO_4} = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = x \cdot x = 2,37 \cdot 10^{-5}; x^2 = 2,37 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \sqrt{2,37 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{23,7 \cdot 10^{-6}} = 4,868 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$$



b)  $\text{CaSO}_4$ -in 0,01 M  $\text{KNO}_3$  məhlulunda həllolmasını tapaq. Bunun üçün əvvəlcə məhlulun ion qüvvəsini və fəallıq əmsalını tapaq:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{2} ([\text{K}^+] \cdot 1^2 + [\text{NO}_3^-] \cdot 1^2 + [\text{Ca}^{2+}] \cdot 2^2 + [\text{SO}_4^{2-}] \cdot 2^2) = \\ &= \frac{1}{2} (0,01 \cdot 1 + 0,01 \cdot 1 + 0,004868 \cdot 4 + 0,004868 \cdot 4) = 0,0295\end{aligned}$$

Cədvəldən ion qüvvəsi 0,0295 olan məhlulun fəallıq əmsali kəmiyyətinin təxminən 0,53 olması tapılır:

$$hh_{\text{CaSO}_4} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}} = x \cdot x \cdot 0,53^2 = 2,37 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \sqrt{\frac{2,37 \cdot 10^{-5}}{0,53^2}} = \sqrt{\frac{23,7 \cdot 10^{-6}}{0,28}} = \sqrt{84,6 \cdot 10^{-6}} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

3.  $\text{CaSO}_4$ -ün 0,01M  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  məhlulunda həllolmasını tapaq. Bu məqsədlə əvvəlcə məhlulun ion qüvvəsini və fəallıq əmsalını tapaq.

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{2} ([\text{Mg}^{2+}] \cdot 2^2 + 2[\text{NO}_3^-] \cdot 1^2 + [\text{Ca}^{2+}] \cdot 2^2 + [\text{SO}_4^{2-}] \cdot 2^2) = \\ &= \frac{1}{2} (0,01 \cdot 4 + 2 \cdot 0,01 \cdot 1 + 0,004868 \cdot 4 + 0,004868 \cdot 4) = 0,0495 = 0,05\end{aligned}$$

Ona görə

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,45$$

$$hh_{\text{CaSO}_4} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}} = x \cdot x \cdot 0,45^2 = 2,37 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \sqrt{\frac{2,37 \cdot 10^{-5}}{0,45^2}} = \sqrt{\frac{23,7 \cdot 10^{-6}}{0,2025}} = \sqrt{117 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{1,17 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 1,082 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

Beləliklə,  $\text{CaSO}_4$ -ün 0,01M  $\text{KNO}_3$  məhlulunda həllolması saf

suya nisbətən, təxminən  $1,9 \left( \frac{9,2 \cdot 10^{-3}}{4,868 \cdot 10^{-3}} = 1,9 \right)$  dəfə çoxdur.

$\text{CaSO}_4$ -ün 0,01M  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  məhlulunda həllolması saf suya

nisbətən təxminən  $2,2 \left( \frac{1,082 \cdot 10^{-2}}{4,868 \cdot 10^{-3}} = \frac{10,820 \cdot 10^{-3}}{4,868 \cdot 10^{-3}} \approx 2,2 \right)$  dəfə

çoxdur.

#### 4.1.5. Çöküntülərin əmələ gəlməsi. Tam çökməyə müxtəlif amillərin təsiri

Həllolma hasili vasitəsilə çöküntünün əmələ gəlməsi və ya həll olması prosesinin səbəbini həm aydınlaşdırmaq, həm də onu əvvəlcədən bilmək olar.

Məsələn, fərz edək ki, 5 ml 0,1 M gümüş-nitrat məhluluna 5 ml 0,1 M xlorid turşusu əlavə etdikdə AgCl çöküntüsünün alınib-alınmayacağını bilmək tələb olunur.

Bunu aydınlaşdırmaq üçün birinci növbədə gümüş və xlorid ionları qatılığını q-ion/l ilə hesablamaq lazımdır. Həmin ionların qatılıqları hasili –  $[Ag^+][Cl^-]$  – gümüş-xloridin həllolma hasilindən artıq olarsa, çöküntü əmələ gələr. Əks halda çöküntü əmələ gəlməyəcəkdir.

Məhlulları bir-birilə qarışdırdıqda, həcm iki dəfə artacaqdır. Ona görə də ionların hər birinin qatılığı əvvəlkinə nisbətən iki dəfə azalacaqdır. Daha doğrusu,  $[Ag^+]$  və  $[Cl^-]$  ayrılıqda 0,05 q-ion/l-lə bərabər olacaqdır.

O zaman

$$[Ag^+][Cl^-]=0,05 \cdot 0,05=2,5 \cdot 10^{-3}$$

alınar.

$2,5 \cdot 10^{-3}$  kəmiyyəti  $1,56 \cdot 10^{-10}$ -a bərabər olan gümüş-xloridin həllolma hasilindən çox olduğu üçün çöküntü alınacaqdır.

İndi yuxarıdakı misalda götürülmüş məhlulların qatılıqlarını azaldaq. Fərz edək ki, 5 ml 0,00001 M  $AgNO_3$  məhlulu üzərinə 5 ml 0,00001 M HCl məhlulu tökdükdə, çöküntünün alınib-alınmayacağını aydınlaşdırmaq tələb olunur.

Məhlulları bir-biri ilə qarışdırdıqdan sonra gümüş və xlorid ionlarının hər birinin qatılığı  $0,000005=5 \cdot 10^{-6}$  q-ion/l olur. Belə halda

$$[Ag^+][Cl^-]=5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-6}=2,5 \cdot 10^{-11}$$

$2,5 \cdot 10^{-11}$  kəmiyyəti  $1,56 \cdot 10^{-10}$ -a bərabər olan AgCl-in həllolma hasilindən kiçik olduğu üçün məhlul gümüş-nitrata nisbətən doymamış olacaq və çöküntü də əmələ gəlməyəcəkdir.

Yuxarıda göstərilənlərdən aşağıdakı nəticəni çıxarmaq olar:

Verilmiş temperaturda məhlulda olan ionların qatılıqları hasili həllolma hasili kəmiyyətindən böyük olduqda hər hansı bir çətin həll olan elektrolit çöküntü şəklində ayrılır.

Söz yox ki, bu çökmə çətin həll olan elektrolitin məhluldakı sərbəst ionlarının qatılıqları hasili, onun həllolma hasilinə bərabər oluncaya qədər davam edəcəkdir. Ondan sonra çöküntü ilə məhlul arasında tarazlıq əmələ gələcək və çöküntünün miqdarı demək olar ki, artmayacaqdır. Daha doğrusu, vahid zamanda nə qədər çöküntü əmələ gəlsə, həmin müddətdə o qədər də çöküntü həll olacaqdır.

Suda tamamilə həll olmayan maddə olmadığı üçün həllolma hasili kəmiyyəti də heç bir zaman sıfıra bərabər ola bilməz. Ona görə də aydındır ki, hər hansı bir ion olursa olsun, onu miqdarən çökdürmək olmaz. Çökdürüləcək ionun çətin həll olan elektrolitin həllolma hasili kəmiyyətinə bərabər olan miqdarı məhlulda qalacaqdır. Çox zaman təyin ediləcək ionun məhlulda qalan miqdarı o qədər az olur ki, onu ən həssas reaktivlərlə də təyin etmək olmur. Belə halda çökdürməni praktiki olaraq tam hesab etmək lazım gəlir. Çökdürməni həmişə bu cür aparmağa çalışmaq lazımdır.

Tam çökmə məsələsinin analitik kimya üçün mühüm əhəmiyyəti olduğunu nəzərə alaraq ona təsir edən amillər üzərində ətraflı dayanaq.

1. Çökdürülən birləşmənin həllolması. Aydındır ki, sabit şəraitdə hər hansı bir çökmə o zaman tam ola bilər ki, aldığımız birləşmə mümkün qədər az həll olan olsun. Məsələn,  $Pb^{2+}$  ionunu xlorid, sulfat və ya sulfid şəklində çökdürmək olar. Onların həllolma hasillərinin qiymətləri və həllolmaları (mol/l ilə) aşağıdakı kimidir:

	$PbCl_2$	$PbSO_4$	$PbS$
Həllolma hasilləri	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-29}$
Həllolmaları, mol/l	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-15}$

Rəqəmlərin müqayisəsindən aydındır ki, ən çox həll olan birləşmə qurğuşun-xloriddir, ən az həll olan birləşmə isə - qurğuşun-sulfiddir. Deməli, qurğuşun  $PbS$  şəklində daha tam,  $PbCl_2$  şəklində isə natamam çökə bilər. Təcrübədə bunu asanlıqla sübut etmək olar. Bunun üçün böyük sınaq şüşəsində və ya kolbada 10

ml 1 N  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  məhlulunu 10-11 ml 1 N  $\text{NaCl}$  məhlulu ilə qarışdırıb çalxaladıqdan sonra ayrılan  $\text{PbCl}_2$  çöküntüsünü süzək. Süzüntüdə tam çökməni yoxladıqdan sonra (onun üzərinə bir neçə damcı  $\text{NaCl}$  əlavə etməklə) iki hissəyə bölək. Birinin üzərinə bir az  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  məhlulu, digərinə isə  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  məhlulu əlavə edək. Birinci halda qara rəngli  $\text{PbS}$  çöküntüsü, ikinci halda isə, adətən məhlulu çalxaladıqdan sonra, ağ rəngli  $\text{PbSO}_4$  çöküntüsü ayrılır (İfrat doymuş məhluldan çöküntünün ayrılması).

Asanlıqla görə bilərik ki,  $\text{Pb}^{2+}$  ionları  $\text{PbSO}_4$  şəklində  $\text{PbS}$ -ə nisbətən natamam çökəcək. Bunu görmək üçün 10 ml 1 N  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  məhluluna 10 ml 1 N  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  məhlulu əlavə edək. Ayrılan  $\text{PbSO}_4$  çöküntüsünü süzdükdən sonra süzüntünün üzərinə  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  əlavə edək. Bu zaman kolloid məhlul şəklində  $\text{PbS}$  alındığı üçün məhlul tünd qonur rəngə boyanacaq.

Yuxarıdakı təcrübələr verilmiş ionun həllolma hasili müxtəlif olan çətin həll olan birləşmələr şəklinə keçirilməsi zamanı çökmə tamlığının müxtəlifliyini aydın göstərir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu halda daha həllolma hasili yox, mol/l ilə ifadə olunan çöküntünün həllolma qabiliyyəti daha əhəmiyyətlidir. Həqiqətəndə  $\text{AgCl}$ -in həllolma qabiliyyəti ( $1,25 \cdot 10^{-5} \text{M}$ )  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ -in həllolma qabiliyyətindən ( $1,3 \cdot 10^{-4} \text{M}$ ) kiçikdir, həllolma hasili qiymətlərinə gəldikdə isə görürük ki,  $h_{\text{AgCl}} = 1,56 \cdot 10^{-10} > h_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 9 \cdot 10^{-12}$ . Gümüş-xloridin həllolma qabiliyyətinin nisbətən az olması ilə uyğun olaraq eyni şəraitdə  $\text{Ag}^+$  ionları  $\text{AgCl}$  şəklində  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ -a nisbətən daha tam çökür.

2. Çökdürücü reaktivin miqdarı. Hər hansı bir ionun çökməsini o zaman tam hesab etmək olar ki, əlavə edilən çökdürücünün miqdarı reaksiya tənliyində tələb olunan ekvivalent miqdardan az olmasın. Əgər çöküntünün həllolma hasili kifayət qədər kiçik olmazsa, çökdürücüdən ekvivalent miqdarda əlavə edilməsi ilə praktiki olaraq tam çökmə baş vermir. Həllolma hasili qaydası göstərir ki, əgər çökdürücüdən bir qədər artıq miqdar daxil edilərsə, onda çökmə daha tam olacaq.

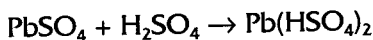
Doğrudan da nə qədər ki,  $\text{PbSO}_4$  çökdürülməsi zamanı  $\text{Pb}^{2+}$  və  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarının qatılıqları hasili təxmini də olsa sabit olub, həllolma hasilinə bərabər olur, çökdürücünün ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  və ya

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) artıq miqdarda əlavə edilməsi nəticəsində SO<sub>4</sub><sup>''</sup> ionlarının qatılığının artırılması ilə məhlulda Pb<sup>''</sup> ionları azalır və tam çökmə baş verir.

Yuxarıda göstərilənlərə əsasən analitik kimya praktikasında çox mühüm rol oynayan aşağıdakı nəticəni çıxarmaq olar: hər hansı ionu çökdürərkən nəticədə alına biləcək birləşmənin suda həll olması nisbətən çoxdursa, həmin ionun praktiki çökməsinə nail olmaq üçün çökdürücüdən artıq miqdarda əlavə etmək zəruridir. Başqa sözlə, çökdürüləcək ionun tam çökməsinə nail olmaq üçün çökdürücüdən ekvivalent miqdarda yox, 1,5 dəfə artıq götürmək lazımdır.

$[Pb^{''}] \cdot [SO_4^{''}] = kh_{PbSO_4}$  tənliyinə əsasən fikirləşmək olardı ki,

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nə qədər çox əlavə etsək, bir o qədər Pb<sup>''</sup> ionlarının tam çökməsinə nail olarıq. Lakin həqiqətdə bu belə deyildir. Sulfat turşusunun xeyli artıq miqdarının əlavə edilməsi qurğuşunun turş duzunun əmələ gəlməsi nəticəsində çöküntünün həll olmasını xeyli artırır:



Turş duzlar, kompleks birləşmələr və ya başqa həll olan birləşmələr alındıqda, amfoter hidrosidlər əmələ gəlmədikdə həddən artıq çökdürücü tətbiq etmək məqsədəuyğun deyil. Bu zaman çökdürücü ionun qatılığının artması nəticəsində həllolmanın azalması ilə yanaşı, çökdürücünün artıq miqdarı duz effektinin artmasına və həllolmanın artmasına səbəb olur.

Çökdürücünün az artığında çöküntünün həllolması azaldığı halda, çökdürücünün həddən çox artıq miqdar çöküntünün həllolmasını artırır. Ona görə də çökdürücünün miqdarını 1,5 dəfədən artıq götürmək olmaz.

3. Məhlulun pH-nın qiyməti. Çökdürmə zamanı, adətən mühitin yəni tədqiq edilən məhlulun pH-nın böyük əhəmiyyəti var. Çətin həll olan hidrosidlərin, həmçinin zəif və qüvvətli turşuların duzlarının çökdürülməsinə pH-ın təsirinə nəzər salaq.

Çətin həllolan metal hidrosidlərin çökdürülməsi. Bu halda çökdürücü ion OH<sup>'</sup> ionu olacaq. Məhlulun pH qiyməti nə qədər çox olarsa, OH<sup>'</sup> ionlarının qatılığı da bir o qədər çox olar. Hid-

roksid çöküntüsünün ayrılması və onun praktiki olaraq tam çökməsi OH' ionlarının qatılığından asılıdır.

Aydındır ki, hidroksidin həll olması nə qədər yüksəkdirsə, ionların qatılıqları hasilinin həllolma hasilindən böyük olması üçün o qədər böyük miqdarda OH' ionları lazım gələcək. Başqa sözlə çökmənin başlanması pH-ın daha yüksək qiymətlərində baş verəcək.

Həllolma hasili qiymətinə istinad edərək bu və ya digər hidroksidin hansı pH-da çökməyə başladığını və çökmənin hansı pH-da qurtardığını təxmini hesablamaq olar. Bu cür hesablamaları maqnezium-hidroksid üçün aparaq ( $hh_{Mg(OH)_2} = 5 \cdot 10^{-12}$ ). Tutaq ki, Mg<sup>2+</sup> ionlarının qatılığı məhlulda  $1 \cdot 10^{-2}$  q-ion/l. OH-da aşağıdakı tənlikdən Mg(OH)<sub>2</sub> çöküntüsünün əmələ gəlməsinin başladığı OH' ionlarının qatılığını asanlıqla hesablamaq olar.

$$[Mg^{2+}][OH']^2 = hh_{Mg(OH)_2} = 5 \cdot 10^{-12}$$

$$[OH'] = \sqrt{\frac{hh_{Mg(OH)_2}}{[Mg^{2+}]}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-2}}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ q-ion/l}$$

Onda

$$pOH = -\lg 2,2 \cdot 10^{-5} = -(0,3 - 5,0) = 4,7$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 4,7 = 9,3$$

Beləliklə, 0,01 M maqnezium duzu məhlulundakı pH=9,3 maqnezium-hidroksidin çökməsi başlanacaq.

Hər hansı ionun məhlulda qatılığı  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  q-ion/l qədər azaldıqda onun çökdürülməsini tam hesab etmək olar.

Əgər sonuncu rəqəmi götürsək ( $10^{-6}$ ), onda OH' ionlarının qatılığı aşağıdakı kimi olacaq:

$$[OH'] = \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{10^{-6}}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ q-ion/l}$$

O zaman pOH=2,7 və pH=11,3.

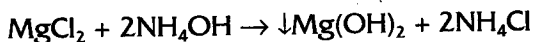
Əgər pH>11,3, onda Mg<sup>2+</sup> ionun çökməsi daha da tam olacaq (yəni məhlulda qalan Mg<sup>2+</sup> ionların qatılığı  $10^{-6}$  q-ion/l az olacaq). Əksinə, pH<11,3 Mg<sup>2+</sup> ionlarının çökdürülməsi natamam olacaq; pH<9,3 Mg<sup>2+</sup> ionların çökməsi heç baş verməyəcək. Belə-

liklə  $Mg^{2+}$  ionlarının hidrokسيد şəklində tam çökməsi  $pH \geq 11,3$ -də başa çatır.

0,1 M  $NH_4OH$  məhlulunun  $pH=11,3$  olduğundan  $Mg^{2+}$  ionları onun təsirindən çökecek. Əgər  $NH_4OH$  məhluluna ekvivalent miqdarda  $NH_4Cl$  əlavə edilərsə, onda alınan ammonium bufer qarışığında  $pH=9,25$  olacaq və bu qarışığın təsirindən  $Mg(OH)_2$  çöküntüsü ayrılmayacaq. Əksinə, əgər bu qarışıqla  $FeCl_3$  məhluluna təsir etsək,  $Fe(OH)_3$  çöküntüsü əmələ gələcek, çünki bu birləşmənin tam çökməsi  $pH \geq 3,5$  baş verir.  $NH_4Cl$  öz eyniadlı ionları ilə ( $NH_4^+$ ) ammonium-hidroksidin dissosiasiyasını, həmçinin  $OH^-$  ionlarının qatılığını məhlulda o qədər azaldır ki, maqnezium-hidroksidin həllolma hasilı qiymətinə ( $5 \cdot 10^{-12}$ ) çatmır. Əksinə  $NH_4OH + NH_4Cl$  qarışığında olan  $OH^-$  ionlarının qatılığı kifayət edir ki,  $Fe(OH)_3$  çox kiçik olan həllolma hasilinin qiymətinə ( $3,8 \cdot 10^{-38}$ ) üstün gəlsin. Ona görə də  $NH_4Cl$ -in iştirakı ilə də  $Fe(OH)_3$  çöküntüsü ayrılır.

Ammonium duzlarının iştirakı ilə ammoniyak məhlulunun təsirinə  $Mg^{2+}$  və  $Fe^{2+}$  ionlarının müxtəlif cür münasibətindən istifadə edərək bu ionları ayırmaq olar. Məhlulun  $pH$  qiymətinin uyğun şəkildə nizamlanmasına əsaslanan bu cür ayrılmalardan analizdə çox vaxt istifadə olunur və bunun da böyük praktiki əhəmiyyəti vardır.

Yuxarıda göstərmişdik ki,  $NH_4Cl$  olmadıqda  $NH_4OH$ -in 0,1M məhlulu  $Mg^{2+}$  ionlarını çökdürür.  $Mg(OH)_2$ -in tam çökməsi  $pH > 11,3$  baş verdiyindən, 0,1M  $NH_4OH$  məhlulunun  $pH$ -ı isə 11,3 bərabər olduğunu nəzərə alaraq deyə bilərik ki,  $Mg^{2+}$  ionları ammoniyakla tam çökə bilməz.  $MgCl_2$ -lə  $NH_4OH$  arasında gedən reaksiyaya nəzər salsaq görürük ki, reaksiya məhsullarının biri  $NH_4Cl$ -dir.



Məhlulda  $NH_4Cl$ -in getdikcə artması  $pH$  qiymətini azaldacaq və tarazlıq vəziyyətdə 11,3-dən xeyli kiçik olacaq.

Əksinə, əgər  $NH_4OH$  əvəzinə maqnezium duzu məhluluna hər-hansı bir qüvvətli qələvinin azacıq artığı ilə təsir etsək, məsələn,  $KOH$  ilə, məhlulun  $pH$ -ı asanlıqla 11,3-ə çatdırıla bilər və  $Mg^{2+}$  ionları praktiki olaraq tam çökdürülər.

Yuxarıdakı misaldən aydındır ki, sabit şəraitdə təsir etdiyimiz çökdürücü nə qədər güclü dissosiasiya edərsə, bir o qədər hərhansı ionun çökməsi tam gedər.

Zəif turşuların çətin həll olan duzlarının çökdürülməsi. Bu halda da məhlulun pH-nın böyük əhəmiyyəti var, məsələn karbonatların, sulfidlərin, fosfatların, oksalatların, tartratların və s. çökdürülməsi. Həqiqətən, belə vəziyyətdə çökdürülən ionlar uyğun zəif turşuların anionları olacaq, məsələn,  $\text{CO}_3''$ ,  $\text{S}''$ ,  $\text{SO}_3''$ ,  $\text{PO}_4'''$  və s. Bu turşular zəif elektrolit olduqları üçün onların anionları məhlulda  $\text{H}^+$  ionları ilə rastlaşaraq onlarla birləşib  $\text{HCO}_3'$ ,  $\text{HS}'$ ,  $\text{HSO}_3'$ ,  $\text{HPO}_4''$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4'$  və s. anionları və  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  və s. dissosiasiya etməyən molekulaları əmələ gətirirlər. Demədi, məhlulda  $\text{CO}_3''$ ,  $\text{S}''$ ,  $\text{SO}_3''$ ,  $\text{PO}_4'''$  və s. anionların qatılıqları  $\text{H}^+$  ionlarının qatılığından çox asılıdır.  $\text{H}^+$  ionlarının qatılığı artdıqca, yəni məhlulun pH-ı azaldıqca anionların qatılığı azalır.

Hidroksidlərdə olduğu kimi zəif turşunun hər hansı bir az həllolan duzunun tam çökdürülməsi hər şeydən əvvəl onun həllolma hasilinin qiymətindən asılıdır. Bu kəmiyyət nə qədər kiçik olarsa, çökdürülən ionun daha aşağı qatılığında ionların qatılıqları hasilə həllolma hasilindən böyük olacaq. Buna uyğun olaraq verilmiş duzun tam çökməsi  $\text{H}^+$  ionlarının yüksək qatılığında (başqa sözlə, pH-ı aşağı qiymətində) baş verəcək. Belə ki,  $\text{CdS}$ -in ( $hh=3,6 \cdot 10^{-29}$ ) tam çökdürülməsi kifayət qədər turş mühitdə ( $hh \geq 0,5$ ) baş verdiyi halda  $\text{MnS}$ -in ( $hh=1,4 \cdot 10^{-15}$ ) tam çökməsi yalnız qələvi və ya neytral mühitdə ( $\text{pH} \geq 7$ ) baş verir.

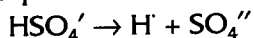
Həllolma hasilindən başqa uyğun zəif turşunun dissosiasiya sabitinin də böyük əhəmiyyəti var. Bu sabitlər nə qədər kiçik olarsa, bir o qədər çökdürülən ionun  $\text{H}^+$  ionları ilə birləşməsi nəticəsində qatılığı çox azalar və duzun praktiki olaraq tam çökməsinə nail olmaq üçün bir o qədər böyük pH qiymətini yaratmaq lazım gələr. Məsələn, həllolma hasilərinin yaxın olmasına baxmayaraq ( $hh_{\text{CaCO}_3}=4,8 \cdot 10^{-9}$ ,  $hh_{\text{CaC}_2\text{O}_4}=2,6 \cdot 10^{-9}$ ) karbonat turşusu ( $k_1=3 \cdot 10^{-7}$ ,  $k_2=5,6 \cdot 10^{-11}$ ) oksalat turşusundan ( $k_1=5,9 \cdot 10^{-2}$ ,  $k_2=6,5 \cdot 10^{-5}$ ) xeyli zəif olduğundan  $\text{Ca}^{++}$  ionlarının  $\text{CaCO}_3$  şəklində çökdürülməsi üçün onun  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  şəklində çökdürülməsinə nisbətən daha yüksək pH lazım gələcək. Həqiqətən də təcrübə gös-



tərir ki,  $\text{CaCO}_3$ -in tam çökməsi üçün qələvi mühitin yaradılması ( $\text{pH} > 9$ ) lazım gəldiyi halda,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  tam çökməsi üçün  $\text{pH} \approx 4$  kifayət edir.

Qüvvətli turşuların çətin həll olan duzlarının çökdürülməsi. Qüvvətli birəsaslı turşuların çətin həll olan duzlarından  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  və s. göstərmək olar. Çökdürülən  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  anionları  $\text{H}^+$  ionları ilə birləşə bilmirlər, çünki  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  və  $\text{HI}$  məhlul tam dissosiasiya edirlər. Deməli, onların gümüş duzlarının tam çökməsi məhlulun  $\text{pH}$  qiymətindən demək olar ki, asılı deyil. Turşunun artıqlığı məhlulda bəzən duz effektinin artması və ya çökdürülən duzun kationlarının turşunun anionları ilə birləşib, kompleks əmələ gətirməsi ilə bağlıdır ki, nəticədə çöküntünün həllolması artır.

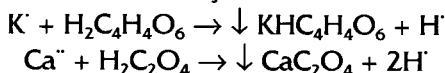
Çətin həll olan sulfatlar olduqda nəzərə almaq lazımdır ki,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yalnız birinci pillə üzrə tam dissosiasiya edir ( $\text{H}^+$  və  $\text{HSO}_4^-$  əmələ gəlməklə). İkinci pillə üzrə dissosiasiya qismən gedir:



Ona görə də sulfatlar çökərkən məhlulda kifayət qədər  $\text{HSO}_4^-$  anionları olur. Deməli məhlulun  $\text{pH}$ -nın bu halda müəyyən qədər əhəmiyyəti vardır. Qüvvətli turş məhlullardan çətin həllolən sulfatlar neytral və qələvi məhlullara nisbətən tam çökürlər. Vəfi analizdə bu hal praktiki olaraq yalnız həllolması nisbətən yüksək olan sulfatların çökdürülməsi zamanı özünü göstərir.  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$  və  $\text{SrSO}_4$  içərisində nisbətən çətin həll olan  $\text{BaSO}_4$  - hətta qüvvətli turş məhlullardan belə kifayət qədər tam çökür.

Məhlulun  $\text{pH}$  qiymətinin tənzimlənməsi. Yuxarıda göstəriləyi kimi ionların kifayət qədər tam ayrılması üçün adətən, məhlulun  $\text{pH}$ -nin tənzimlənməsi lazımdır. Buna, tədqiq edilən məhlulə uyğun olaraq turşular, qələvilər və ya bufer qarışıqların əlavə edilməsi ilə nail olmaq olar. Turşu və ya qələvini damcı-damcı əlavə etməklə məhlul daim qarışdırılır və uyğun indikator kağızları və ya universal indikatorlar vasitəsilə yoxlanılır. Bəzən tədqiq edilən məhlulə bu və ya digər indikator əvvəlcədən əlavə edilir, turşu və ya qələvinin əlavə edilməsi o vaxta qədər davam etdirilir ki, onların bir damcısının təsirindən bütün məhlulun rəngi dəyişsin.

Turşu və ya qələvini seçərkən bilməliyik ki, onlarla daxil edilən ionlar məhlulda bu və ya digər ionun təyininə maneçilik etməyəcək və onların olması analizin sonrakı gedişini mürəkkəbləşdirməyəcək. Məsələn, K<sup>+</sup> ionlarını təyin edərkən turş məhlulları KON və ya NH<sub>4</sub>OH ilə neytrallaşdırmaq olmaz, burada hökmən NaOH-dan istifadə etmək lazımdır. Əksinə olaraq Na<sup>+</sup> ionlarını təyin etdikdə məhlulu neytrallaşdırmaq üçün NaOH yox, KOH tətbiq edilir. Həmçinin II analitik qrup kationları və ya Pb<sup>2+</sup> ionları olan qələvi məhlulları neytrallaşdırarkən sulfat turşusundan istifadə edilməsi məqsədəuyğun deyil, çünki o bu kationların çətin həll olunan sulfatlarını çökdürər və bununla da analiz mürəkkəbləşər. Bir çox hallarda məhlulu çökdürməmişdən əvvəl lazımı pH yaratmaq kifayət etmir; nəzərə almaq lazımdır ki, çökdürmə reaksiyası nəticəsində pH dəyişə bilər. Bu uyğun sərbəst turşuların təsiri ilə çətin həllolan duzların çökdürülməsi zamanı baş verir:



Yuxarıdakı tənlilərdən görünür ki, bu reaksiyalarda N<sup>-</sup> ionları əmələ gəlir və çökdürmə zamanı məhlulun pH-ı tədricən azalır. Nəticədə əlavə tədbir görülmədikdə çökmə natamam olur. Ona görə də pH-ı tənzimləmək məqsədilə məhlula hər hansı bir uyğun bufer qarışığı əlavə etmək lazımdır. Misal üçün, yuxarıdakı reaksiyaları pH≈4,7 olan asetat bufer qarışığının iştirakı ilə aparırlar. Reaksiyada ayrılan H<sup>+</sup> ionları natrium-asetatın CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> anionları ilə birləşdiyindən K<sup>+</sup> və Ca<sup>2+</sup> ionları praktiki olaraq tam çökürlər.

Yaddan çıxarmaq lazım deyildir ki, hər hansı bir bufer qarışığı müəyyən bufer tutumuna malikdir, yəni yalnız müəyyən miqdarda H<sup>+</sup> və ya OH<sup>-</sup> ionlarını birləşdirə bilər.

Deməli qüvvətli turşu və ya qüvvətli qələvi məhlulda olan turşu və ya qələvinin çox hissəsini əvvəlcədən neytrallaşdırmaq, yalnız bundan sonra bufer qarışığı əlavə etmək və ya bufer tutumu böyük olan, yəni hər iki komponentlərin qatılığı kifayət qədər yüksək olan bufer qarışıqlardan istifadə etmək lazımdır. Yalnız bu şərəitdə bufer qarışığının təsiri effektiv ola bilər.

#### 4.1.6. Hissə-hissə (fraksiyalı) çökdürmə

Analitik praktikada çox vaxt təsir etdiyimiz reaktiv məhlulda olan bir neçə ionla çətin həll olan birləşmə əmələ gətirir. Məsələn, qrup reagentləri bu cür təsir edir. Həllolma hasili qaydasını tətbiq etdikdə asanlıqla başa düşə bilərik ki, bu hallarda ionların çökdürülməsi necə baş verir.

Tutaq ki,  $[Cl']=[CrO_4'']=10^{-1}$  q-ion/l qatılığı olan KCl və  $K_2CrO_4$  qarışığı verilmişdir. Bu qarışığa damcı-damcı  $AgNO_3$  məhlulu əlavə edək. Bu zaman  $Cl'$  və  $CrO_4''$  ionları  $Ag'$  ionları ilə  $AgCl$  və  $Ag_2CrO_4$  çöküntüləri əmələ gətirə bilər.

Bu duzların hansı əvvəlcə çökəcək? Həllolma hasili qaydasına görə həllolma hasili kiçik olan birləşmə daha əvvəl çökməlidir.  $AgCl$  və  $Ag_2CrO_4$  çökməyə başlaması üçün lazım olan  $Ag'$  ionlarının qatılığının qiymətini həllolma hasili qiymətlərindən asanlıqla hesablamaq olar:

$$hh_{AgCl}=[Ag'] \cdot [Cl'] = 1,56 \cdot 10^{-10}$$

$$hh_{Ag_2CrO_4}=[Ag']^2 \cdot [CrO_4''] = 9 \cdot 10^{-12}$$

Bu qatılıqları uyğun olaraq  $[Ag']_{AgCl}$  və  $[Ag']_{Ag_2CrO_4}$  kimi işarə etsək, yaza bilərik:

$$[Ag']_{AgCl} = \frac{hh_{AgCl}}{[Cl']} = \frac{1,56 \cdot 10^{-10}}{10^{-1}} = 1,56 \cdot 10^{-9} \text{ q-ion/l}$$

$$[Ag']_{Ag_2CrO_4} = \sqrt{\frac{hh_{Ag_2CrO_4}}{[CrO_4'']}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-12}}{10^{-1}}} = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ q-ion/l}$$

Deməli, birinci  $AgCl$  çökəcək, çünki nisbətən az həll olan gümüş-xloridin həllolma qiymətinə  $Ag_2CrO_4$ -ə nisbətən daha tez nail olunur. Beləliklə, həllolma hasilinə görə yalnız identik birləşmələrin çökmə ardıcılığını müqayisə etmək olar.

Dediklərimizin düzgünlüyünü asanlıqla təcrübədə təsdiq etmək olar. Bunun üçün kiçik sınaq şüşəsində eyni molyar qatılıqlı KCl və  $K_2CrO_4$  məhlullarından bir neçə damcı götürüb, üzərinə damcı-damcı  $AgNO_3$  məhlulu əlavə edərək, hər dəfə sınaq şüşəsindəki məhlulu yaxşı qarışdırmaq lazımdır. Bu zaman əvvəlcə

ağ rəngli AgCl ibarət çürüntüyə oxşar çöküntü, sonra isə qırmızımtıl-gərpici rəngli Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> çöküntüsü əmələ gəlir.

Bunu həllolma hasili qaydasından istifadə edərək asanlıqla hesablamaq olar. Həqiqətən çökmə prosesində [Ag] və [Cl<sup>-</sup>] ionları qatılıqlarının vurma hasili həmişə sabit olaraq qalır və  $hh_{AgCl}$  bərabər olur. Cl<sup>-</sup> ionları çökərkən, Ag<sup>+</sup> ionlarının qatılığı məhlulda tədricən artacaq. Nəhayət, elə an gələcək ki, Ag<sup>+</sup> və CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarının qatılıqları hasili Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>-ın həllolma hasilinə bərabər olacaq və Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> da çökməyə başlayacaq. Bu, aşağıdakı şərt ödənildikdə baş verəcək:

$$\frac{hh_{AgCl}}{[Cl^-]} = \sqrt{hh_{Ag_2CrO_4}}$$

Bu ifadəni aşağıdakı şəkllə saldıqda alarıq:

$$\frac{\sqrt{[CrO_4^{2-}]}}{[Cl^-]} = \frac{\sqrt{hh_{Ag_2CrO_4}}}{hh_{AgCl}} = \frac{\sqrt{9 \cdot 10^{-12}}}{1,56 \cdot 10^{-10}} \approx 2 \cdot 10^4$$

Şərtimizə görə CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionların qatılığı 10<sup>-1</sup> q-ion/l bərabərdir. Bu anda Cl<sup>-</sup> ionların qatılığını asanlıqla hesablamaq olar.

$$\frac{\sqrt{10^{-2}}}{[Cl^-]} = 2 \cdot 10^4; \quad [Cl^-] \approx \frac{0,32}{2 \cdot 10^4} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ q-ion/l.}$$

Bu onu göstərir ki, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarının çökməsi yalnız Cl<sup>-</sup> ionlarının məhluldan demək olar ki, tam kənar olunmasından sonra başlaya bilər. Buradan aydındır ki, ionların qarışıqdan çökdürülməsi, verilmiş reaktivin təsirindən əmələ gələn çətin həllolan birləşmələrin həllolma hasilinə çatması ardıcılığı ilə baş verir. Bu cür çökdürməyə hissə-hissə və ya fraksiyalı çökdürmə deyilir. Fraksiyalı çökdürmə zamanı ilk növbədə reaksiya zamanı əmələ gələn birləşmələrdən ən az həll olanı çökür, sonra həllolmasına görə ikincisi və s. çökür. Fraksiyalı çökdürmə prinsipindən damcı analizində və çökdürmə xromatoqrafiyasında geniş istifadə olunur.

İonların çökmə ardıcılığı nəinki reaksiya məhsullarının həllolmalarından, həm də uyğun ionların məhluldakı qatılıqlarından asılıdır. Məsələn, əgər Cl<sup>-</sup> və CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionların qatılıqları elə seçilsə idi ki,

$$[Ag^+]_{Ag_2CrO_4} < [Ag]_{AgCl}$$

Yəni

$$\frac{\sqrt{hh_{Ag_2CrO_4}}}{\sqrt{[CrO_4^{2-}]}} < \frac{hh_{AgCl}}{[Cl^]}$$

Onda ilk növbədə  $AgCl$  yox,  $Ag_2CrO_4$  çökəcək.

#### 4.1.7. Çöküntülərin həllolması

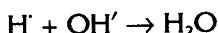
Çətin həllolan çöküntünün həll edilməsi analitik kimyada çox mühüm məsələlərdən biridir. Çətin həll olan çöküntünü məhlula keçirmək üçün həllolma hasilindən istifadə edilir.

Çətin həll olan çöküntünü məhlula keçirmək məsələsini izah etmək məqsədilə fərz edək ki, maqnezium-hidroksiddə maqnezium ionunu təyin etmək tələb olunur.

Hər şeydən əvvəl, göstərmək lazımdır ki, çöküntü ilə təmasda olan məhlul, maqnezium-hidroksidə nisbətən doymuş olmalıdır. Bu o deməkdir ki, maqnezium-hidroksid çöküntüsünün üstündə olan məhlulda ionların qatılıqları hasilə maqnezium-hidroksidin həllolma hasilinə bərabər olmalıdır.

$$[Mg^{2+}][OH^-]^2 = hh_{Mg(OH)_2} = 5 \cdot 10^{-12} \quad (25^\circ C)$$

Fərz edək ki,  $Mg(OH)_2$  çöküntüsü olan məhlulun üzərinə hər hansı bir turşu əlavə edilmişdir. Xlorid turşusunun dissosiasiyasından ayrılan hidrogen ionu maqnezium-hidroksidin dissosiasiyasından ayrılan hidroksil ionları ilə birləşir və aşağıdakı tənlik üzrə su molekulu əmələ gətirir:



Bunun nəticəsi olaraq maqnezium və hidroksil ionlarının qatılıqları hasilə maqnezium-hidroksidin həllolma hasilindən az olur. Bununla da məhlul doymuş haldan doymamış hala keçmiş olur. Ona görə də maqnezium-hidroksid çöküntüsü həll olmağa başlayır. Bu həllolma maqnezium və hidroksid ionları qatılıqlarının vurma hasilə maqnezium-hidroksid çöküntüsünün həllolma hasilə kəmiyyətinə bərabər oluncaya qədər davam edir, sonra isə kimyəvi tarazlıq yaranır. Əgər turşunun əlavə edilməsi davam etdirilərsə, onda tarazlıq yenidən pozular və çöküntünün yeni

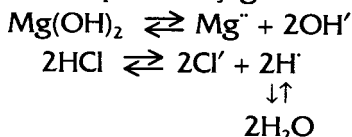
miqdarları məhlula keçəcək. Nəhayət çöküntü tamamilə həll olaraq məhlula keçəcəkdir.

Beləliklə, hər hansı çöküntünü həll etmək üçün onun məhlula verdiyi ionlarından birini az dissosiasiya edən birləşmə şəklinə keçirmək lazımdır.

Həmin nəticəyə aşağıdakı mülahizələrə əsasən də gəlmək olar.  $[Mg^{2+}]$  və  $[OH^-]$  ionlarının qatılıqları hasili tarazlıq zamanı təxminən sabit qaldığından, məhlulda ionlardan birinin qatılığının dəyişməsi digər ionun da qatılığının dəyişməsinə gətirib çıxarar. Belə ki, biz gördük ki,  $Mg^{2+}$  ionlarının qatılığını azaltmaq məqsədilə, yəni onun çökməsini tam təmin etməkdən ötrü çökdürücünün artığı ilə təsir etmək lazımdır, yəni  $OH^-$  ionlarının qatılığını artırmaq lazımdır.

Əksinə, əgər məqsəd məhlulda  $Mg^{2+}$  ionlarının qatılığını artırmaqdan, yəni  $Mg(OH)_2$  çöküntüsünü həll etməkdən ibarətdirsə,  $OH^-$  ionlarının qatılığını azaltmaq lazımdır. Bunun üçün onları hər hansı bir zəif elektrolitin dissosiasiya etməyən molekulları şəklinə keçirmək lazımdır.

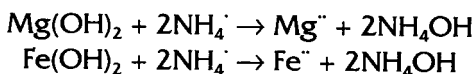
Yuxarıda təsvir edilən prosesi aşağıdakı sxemlə göstərək:



Bunun kimi də digər çətin həllolan əsaslar turşularda həll olur.

Yuxarıda göstərilən maqnezium-hidroksidi həll etmək məqsədilə  $OH^-$  ionları qatılığının azaldılması üçün hidrogen ionlarının əlavə edilməsi yeganə üsul deyildir. Bundan əlavə, hidrosil ionlarını ammonium ionları ilə birləşdirib, nəticədə zəif dissosiasiya edən ammonium-hidroksid molekulu əmələ gətirmək yolu ilə də maqnezium-hidroksid çöküntüsünü həll etmək olar.

Məsələn:

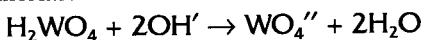


Qeyd etmək lazımdır ki, ammonium duzlarının hidroksid çöküntüsünü həll etmək qabiliyyəti mineral turşulara nisbətən çox zəifdir. Bunun səbəbi çətin həll olan çöküntünün əmələ gə-

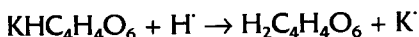
tirdiyi hidrosil ionu ilə ammonium ionunun əmələ gətirdiyi ammonium-hidroksid molekulunun su molekuluna nisbətən yaxşı dissosiasiya etməsidir.

Beləliklə, ammonium duzları mineral turşulara nisbətən zəif həlledicidir. Həqiqətən, ammonium duzlarında ancaq bəzi nisbətən həll olan əsaslar həll ola bilər. Məsələn, alüminium-hidroksid, dəmir 3-hidroksid, xrom 3-hidroksid və s. kimi, nisbətən çətin həll olan çöküntülər ammonium-duzlarında həll olmur.

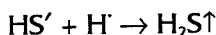
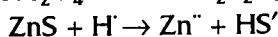
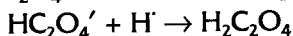
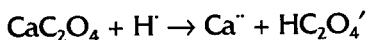
Suda çətin həll olan turşuları həll etmək üçün onların məhlula verdikləri  $H^+$  ionlarının hər-hansı bir qələvinin  $OH^-$  ionları ilə birləşdirmək lazımdır. Məsələn:



Zəif turşuların çətin həll olan duzlarının turşularda həll olmasının da səbəbi turşunun  $H^+$  ionları ilə duzun anionlarının uyğun zəif turşunun dissosiasiya etməyən molekullarını əmələ gətirməsidir, məsələn:



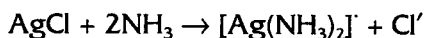
$CaC_2O_4$ ,  $ZnS$  çöküntüləri də turşularda həmin qaydada həll olurlar:



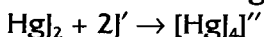
Gümüş-xlorid, gümüş-yodid, barium-sulfat və s. kimi qüvvətli turşu duzlarının mineral turşularda həll ola bilməmələrinin səbəbi isə, yenə də nəticədə ~~zəif~~ <sup>qüvvətli</sup> dissosiasiya edən birləşmənin əmələ gəlməsidir.

Çətin həll olan çöküntüləri, habelə, davamlı kompleks ionlara keçirməklə həll etmək olar. Məsələn, gümüş-xlorid çöküntüsü turşularda həll olmadığı halda, ammonium-hidroksid məhlulunda çox yaxşı həll olur. Buna səbəb çöküntünün məhlula göndərdiyi gümüş ionları ilə ammoniyak məhlulunda həmişə olan  $NH_3$  molekullarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində  $[Ag(NH_3)_2]^+$  kompleks ionunun əmələ gəlməsidir. Göstərilən proses nəticəsində  $Ag^+$  ionlarının qatılığı azalır, bununla da çöküntü ilə məhlul arasındakı tarazlıq pozulur və çöküntü həll olur.

Bu reaksiyanın ion tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

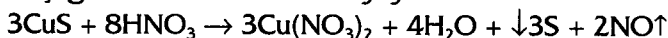


Civə 2-yodid çöküntüsünün kalium-yodid məhlulunda həll olmasını da göstərilən qayda ilə izah etmək olar. Belə ki, civə 2-yodidlə kalium-yodid molekullarının məhlula göndərdikləri iki-valentli civə və yodid ionları kalium-yodidin artığına rast gəlir və nəticədə  $[\text{Hg}_4]^{2-}$  kompleks ionunu əmələ gətirir.



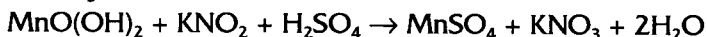
Göstərilən reaksiya tənliyindən aydın görünür ki, civə 2-yodid çöküntüsünün onunla eyni ionu olan KJ məhlulunda həll olması nəinki azalır, əksinə çöküntü tamamilə həll olur. Bu da nəticədə kompleks ionunun əmələ gəlməsilə əlaqədardır.

Nəhayət, göstərmək lazımdır ki, çöküntünün həll olmasına oksidləşmə-reduksiya prosesləri də təsir göstərir. Məsələn, mis 2-sulfid, kobalt-sulfid, bismut-sulfid, nikel-sulfid və s. çöküntüləri xlorid və sulfat turşularında həll olmadıqları halda, qızdırmaqla qatı nitrat turşusunda həll olurlar. Məsələn, mis 2-sulfidlə nitrat turşusu aşağıdakı tənlik üzrə reaksiyaya daxil olur:



Göstərilən reaksiyanın mahiyyəti ondan ibarətdir ki, nitrat turşusu mis 2-sulfidin məhlula göndərdiyi sulfid ionunu sərbəst kükürdə qədər oksidləşdirir. Ona görə də sulfid ionlarının məhlulda qatılığı azalır; lakin  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarının qatılığı artır. Bununla da mis 2-sulfid çöküntüsü həll olur.

Bəzən çöküntünün həll olması üçün, onun tərkibinə daxil olan elementlərdən birini reduksiya etmək lazım gəlir, məsələn,  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  sulfat turşusunda həll olmur. Lakin o sulfat turşusu mühitində kalium-nitrit əlavə etdikdə həll olur. Bunun səbəbi, turş mühidə  $\text{Mn}^{2+}$  ionunun kalium-nitritin təsiri ilə  $\text{Mn}^{4+}$  ionuna qədər reduksiya etməsidir.



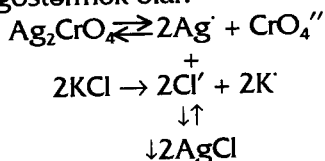
Yuxarıda deyilənlərdən aydın olur ki, həllolma hasili analitik kimya praktikasında böyük əhəmiyyətə malikdir. Həllolma hasili qaydasından istifadə edərək bir ionu başqa bir iondan ayırmaq mümkündür. Bunun kimi də həllolma hasilinin qiymətinə görə hər hansı çətin həll olan çöküntünü həll etmək üçün zəruri şərtlərin nədən ibarət olmasını əvvəlcədən müəyyənləşdirmək mümkündür.



#### 4.1.8. Çətin həll olan birləşmələrin başqa çətin həll olan birləşmələrə çevrilməsi

Çətin həll olan bir çöküntünün digər çətin həll olan çöküntüyə çevrilməsinin analitik kimya praktikasında çox böyük əhəmiyyəti vardır.

Göstərilən prosesi izah etmək üçün, fərz edək ki, gümüş-xromat çöküntüsü olan məhlulda bir qədər kalium-xlorid məhlulu əlavə edilmişdir. Çöküntünün üzərində olan məhlulda gümüş ionları olduğu üçün kalium-xlorid məhlulu əlavə edildikdə xlorid ionları ilə birləşib gümüş-xlorid çöküntüsü əmələ gətirir. Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, gümüş-xlorid çöküntüsü gümüş-xromat çöküntüsündən az həll olur. Ona görə də gümüş-xromat çöküntüsü üzərində gümüş ionları qatılığı gümüş-xloridin həll olması hasilindən çox olacaq və bununla da  $\text{AgCl}$  çökəcəkdir. Lakin gümüş ionlarının məhluldan ayrılması nəticəsində məhlul gümüş-xromata nisbətən doymamış olur. Bununla əlaqədar olaraq gümüş-xromat çöküntüsü həll olur. Əmələ gələn  $\text{Ag}^+$  ionları yenidən  $\text{Cl}^-$  ionları ilə birləşir və i.a.  $\text{KCl}$  miqdarı kifayət qədər olduqda  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  hamısı  $\text{AgCl}$ -ə çevrilir. Təsvir edilən prosesi aşağıdakı sxem ilə göstərmək olar:



Göstərilənləri aydın təsəvvür etmək üçün aşağıdakı təcrübəni aparmaq olar:

Bir neçə damcı kalium-xromat məhlulu üzərinə bir o qədər gümüş-nitrat məhlulu əlavə edilir. Dərhal kərpici-qırmızı rəngli çöküntünün alınması müşahidə olunur. Alınmış çöküntünün kərpici-qırmızı rəngdən ağ rəngə keçincəyə qədər üzərinə kalium-xlorid məhlulu tökülür. Beləliklə, nisbətən az həll olan ağ rəngli amorf gümüş-xlorid çöküntüsünün alınmasına inanmaq olar.

Bunun kimi də, müxtəlif çətin həll olan çöküntülərin daha çətin həll olan başqa çöküntülərə çevrilməsini əldə etmək mümkündür.

Göstərilən qaydadan istifadə edərək, həllolma hasilini  $1,1 \cdot 10^{-10}$ -a bərabər olan  $\text{BaSO}_4$  çöküntüsünün həllolma hasilini

$8 \cdot 10^{-9}$ -a bərabər olan  $\text{BaCO}_3$  çöküntüsünə çevrilməsinin mümkün olub-olmamasını aydınlaşdırmaq:

İlk baxışda bunun mümkün olmamasını söyləmək olar. Çünki  $\text{BaSO}_4$ -in həllolma hasili  $\text{BaCO}_3$ -in həllolma hasilindən azdır. Lakin bu çevrilməni aparmaq mümkündür.  $\text{BaCO}_3$  çöküntüsü, bariyum və karbonat ionlarının qatılıqları bariyum karbonatın həllolma hasilindən çox olduqda əmələ gələ bilər:

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] > hh_{\text{BaCO}_3}$$

və ya

$$[\text{Ba}^{2+}] > \frac{hh_{\text{BaCO}_3}}{[\text{CO}_3^{2-}]}$$

Bizim misalda  $\text{Ba}^{2+}$  ionları qatılığı  $\text{BaSO}_4$  çöküntüsünün həllolması ilə təyin edilir ki, o da bərabərdir:

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{hh_{\text{BaSO}_4}}{[\text{SO}_4^{2-}]}$$

Bu tənliyi yuxarıdakı bərabərsizliklə müqayisə etsək, aydın olar ki,  $\text{BaSO}_4$ -in  $\text{BaCO}_3$ -a çevrilməsi üçün aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$\frac{hh_{\text{BaSO}_4}}{[\text{SO}_4^{2-}]} > \frac{hh_{\text{BaCO}_3}}{[\text{CO}_3^{2-}]}$$

və yaxud

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{SO}_4^{2-}]} > \frac{hh_{\text{BaCO}_3}}{hh_{\text{BaSO}_4}}$$

Sonuncu bərabərsizlikdə həllolma hasilinin ədədi qiymətlərini yerinə qoysaq,

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{SO}_4^{2-}]} > \frac{8 \cdot 10^{-9}}{1,1 \cdot 10^{-10}}$$

və ya

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{SO}_4^{2-}]} > 73 \text{ alınar.}$$

Beləliklə,  $\text{BaSO}_4$  çöküntüsünün  $\text{BaCO}_3$  çöküntüsünə çevrilməsi üçün  $\text{CO}_3^{2-}$  ionları qatılığı  $\text{SO}_4^{2-}$  ionları qatılığından 73 dəfə çox olmalıdır.

Bundan əlavə



Dönər reaksiya tənliyində karbonat ionlarının qatılığı getdikcə azalır, sulfat ionlarının qatılığı isə çoxalır.

Lakin,  $\text{BaSO}_4$  çöküntüsü üzərinə  $\text{CO}_3''$  ionlarının doymuş məhlulunu töküüb qarışdıraraq qaynatsaq və sonra da həll olan çöküntü üzərindəki dürü məhlulu kənar etdikdən sonra ikinci, üçüncü və s. dəfə  $\text{CO}_3''$ -ün doymuş məhlulunu əlavə etsək, nəticə etibarilə  $\text{BaSO}_4$  çöküntüsünü nisbətən asan həll olan  $\text{BaCO}_3$  çöküntüsünə çevirmək mümkün olsa da çətinliklidir. Bunun üçün çöküntünü bir neçə dəfə doymuş karbonat məhlulu ilə qaynatmaq lazımdır.

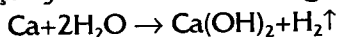
Söz yox ki, çox çətin həll olan çöküntülərin həllolma hasilləri arasındakı fərq bir neçə min və ya milyon dəfə olarsa, heç bir zaman onların az həll olanını çox həll olana çevirmək olmaz.

Çətin həll olan çöküntünün birini digərinə çevirmək prosesi, analitik kimya praktikasında geniş miqyasda istifadə edilir.

## 4.2. İKİNCİ QRUP KATİONLARININ REAKSİYALARI VƏ ANALİZİN GEDİŞİ

### 4.2.1. İkinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

İkinci qrup kationlarına kalsium, stronsium və barium ionları daxildir. İkinci analitik qrup kationları, elementlərin dövri sisteminin II qrupunun əsas yarımqrupuna daxildir. Onların tamamlanmış 8-elektronlu xarici elektron təbəqələri vardır. Kimyəvi fəallıqları kalsiumdan bariuma doğru artır. Bunun kimi də onların bir sıra başqa xassələri də (məsələn, duzların həll olması, hidrosidlərinin qələvilik xassəsi və s.) dəyişir. II qrupun əsas yarımqrup elementləri qələvi torpaq metalları olub adi temperaturda suyu bilavasitə parçalayır və nəticədə hidrogen ayrılır. Məsələn:



İkinci qrup kationları həll olan karbonatlar, sulfatlar, fosfatlar və oksalatlarla suda çətin həll olan çöküntülər əməl gətirir. İkinci qrup kationlarının əmələ gətirdikləri karbonatlar suda həll olmur.

İkinci qrup kationları ammonium-karbonat məhlulu ilə suda həll olmayan çöküntü əmələ gətirir.

Cədvəl 8. İkinci analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi

Reaktivlər	Kationlar		
	Ba <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> və ya K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	BaCO <sub>3</sub> ağ çöküntü	SrCO <sub>3</sub> ağ çöküntü	CaCO <sub>3</sub> ağ çöküntü
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	BaHPO <sub>4</sub> ağ çöküntü	SrHPO <sub>4</sub> ağ çöküntü	CaHPO <sub>4</sub> ağ çöküntü
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> və həll olunan sulfatlar	BaSO <sub>4</sub> ağ çöküntü, turşularda əsasən həll olmur	SrSO <sub>4</sub> ağ çöküntü, turşularda əsasən həll olmur	CaSO <sub>4</sub> ağ çöküntü, yalnız çox duru olmayan məhlullarda ayrılır
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ağ çöküntü	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ağ çöküntü	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ağ çöküntü
CaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub> dərhal çökür	SrSO <sub>4</sub> tədricən çökür	–
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	BaCrO <sub>4</sub> sarı çöküntü	SrCrO <sub>4</sub> sarı çöküntü	–
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +CH <sub>3</sub> COONa və ya K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> +CH <sub>3</sub> COOH	BaCrO <sub>4</sub> sarı çöküntü	–	–
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]+NH <sub>4</sub> Cl Qızdırmaq	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ba[Fe(CN) <sub>6</sub> ] Ba <sup>2+</sup> ionun yüksək qatılığında çöküntü	–	Ca(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] ağ çöküntü
Alovun rənglənməsi	sarımtıl-yaşıl	al qırmızı	kərpici-qırmızı
Natrium-rodizonat	HCl mühitində qırmızı çöküntü	neytral mühidə qonur-qırmızı çöküntü	

İkinci qrup kationlarının xlorid və sulfidləri suda yaxşı həll olur. İkinci qrup kationları rəngsiz ionlardan ibarətdir.

İkinci qrup kationlarının hidrokarbonat birləşmələri suda yaxşı həll olur.

Qələvi-torpaq metallarının xromatlarının həll olması da müxtəlifdir. Belə ki, BaCrO<sub>4</sub> suda, qələvilərdə və asetat turşusunda həll olmur; lakin mineral turşularda həll olur, CaCrO<sub>4</sub> isə hətta suda yaxşı həll olur.

Qələvi-torpaq metallarının sulfatlarının həll olması müxtəlifdir. Belə ki, barium-sulfat suda az həll olur. Otaq temperaturunda

bir litr suda yalnız 0,025 q barium-sulfat, 0,097 q stronsium-sulfat həll olur. Barium-sulfat və stronsium-sulfata nisbətən  $\text{CaSO}_4$  daha yaxşı həll olur. Otaq temperaturunda bir litr suda 1,06 q kalsium-sulfat həll olur.

Qələvi torpaq metallarının oksalatları suda həll olmur, lakin xlorid və nitrat turşularında yaxşı həll olur. İsti asetat turşusunda barium-oksalat və stronsium-oksalat həll olduqları halda, kalsium-oksalat həll olmur. Ona görə də kalsium-oksalat barium-oksalat və stronsium-oksalata nisbətən daha zəif həll olan çöküntüdür.

Qələvi torpaq metallarının sulfidləri suda hidroliz edir və nəticədə suda yaxşı həll olan hidrosulfidlər əmələ gətirir. Məsələn:



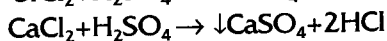
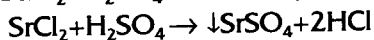
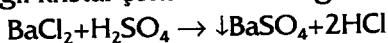
İkinci qrup kationlarının xloridləri və nitratları qaz lampasının rəngsiz alovunu səciyyəvi rəngə boyayır.

Alovu kalsium duzları kərpici-qırmızı, stronsium duzları al-qırmızı, barium duzları isə sarımtıl-yaşıl rəngə boyayır.

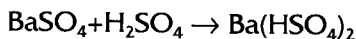
İkinci analitik qrupa bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi 8-ci cədvəldə göstərilmişdir.

#### 4.2.2. Qrup reaktivinin təsiri

İkinci analitik qrupun qrup reaktivini 2N sulfat turşusudur. Durulaşdırılmış sulfat turşusu və həllolan sulfatlar, ikinci qrup kationları ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir.

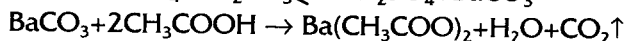
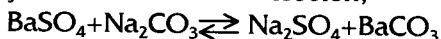


Alınan çöküntülər turşularda və qələvilərdə praktiki olaraq həll olmur. İkinci qrup kationlarının sulfatlarının suda həll olması 4.2.1-də göstərilmişdir. Bununla əlaqədar olaraq sulfat ionu ilə ikinci qrup kationlarına təsir etdikdə, barium və stronsium ionları, praktiki olaraq miqdarən çökmələr; lakin kalsium ionu əhəmiyyətli miqdarda çökmür və demək olar ki,  $\text{CaSO}_4$  şəklində məhlulda qalır. Barium-sulfat çöküntüsü xlorid və nitrat turşularında həll olmur; lakin qatı sulfat turşusunda qaynadıldıqda həll olaraq, barium-hidrosulfat birləşməsi əmələ gətirir:



Göstərilən reaksiya tənliyi, yəni barium-sulfatın həll edilməsi, analitik kimya praktikasında səciyyəvi deyildir.

Analitik kimya praktikasında, barium-sulfatı həll etmək üçün onu əvvəlcə barium-karbonat birləşməsinə çevirirlər, sonra da su ilə işləyərək turşularda həll edirlər. Məsələn,



Barium-sulfatı iki üsulla məhlula keçirmək olar:

Birinci yaş üsul, digəri isə quru üsuldür. Yaş üsul ilə barium-sulfatı məhlula keçirmək üçün onu çini kasaya töküüb üzərinə artıq miqdarda natrium-karbonat və ya kalium-karbonatın doymuş məhlulunu töküüb qarışdıraraq qaynadırlar. Sonra məhlulun duru hissəsini başqa bir qaba süzüb, yerdə qalan çöküntüyə  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  və ya  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -dan yenə də töküüb qarışdıraraq qaynadırlar.

Çöküntünün üzərindəki duru hissəni süzürlər. Həmin əməliyyatı 4-5 dəfə təkrar etdikdən sonra qalıqın üzərinə turşu tökürlər. Beləliklə, yuxarıdakı reaksiya tənliyi üzrə barium-sulfat həll olaraq məhlula keçir.

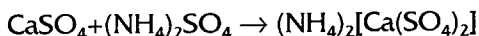
Quru üsulla barium-sulfatı məhlula keçirmək üçün, ondan 5-8 dəfə artıq miqdarda natrium-karbonat və kalium-karbonat qarışığı ilə qarışdırıb çini butaya tökürlər. Qarışığı yüksək temperaturda əridirlər.

Ərintini soyutduqdan sonra üzərinə isti distillə edilmiş su əlavə edib qarışdırırlar. Qarışığın şəffaf hissəsini həll olmamış kütlədən ayırırlar. Bu əməliyyatı bir neçə dəfə təkrar edirlər. O zaman ərintidə qalmış natrium-sulfat və ya kalium-sulfat suda həll olur ki, bununla da sulfatların karbonatlardan tamamilə ayrılmasına nail olurlar. Bundan sonra həll olmayan kütləni asetat və ya durulaşdırılmış xlorid turşusunda həll edirlər.

Natrium-karbonat və kalium-karbonat birləşmələrini ona görə qarışıq halda tətbiq edirlər ki, qarışığın ərimə temperaturu ayrılıqda götürülmüş duza nisbətən aşağıdır.

Stronsium-sulfat çöküntüsü turşularda və qələvilərdə həll olmur. Onu barium-sulfatda olduğu kimi həll etmək olar.

Kalsium-sulfat çöküntüsü ammonium-sulfatın artığı ilə reaksiyaya daxil olub kompleks birləşmə əmələ gətirməklə həll olur:

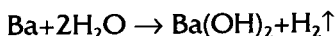


Barium və stronsium kationları kalsium ionundan fərqli olaraq ammonium-sulfatla heç bir həll olan kompleks birləşmə əmələ gətirmir.

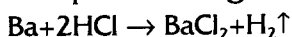
Qeyd etmək lazımdır ki, metil, etil spirtləri və habelə aseton  $\text{CaSO}_4$ -in həllolmasını çox azaldır. Kalsium-sulfatın bu xüsusiyyətdən istifadə edərək, kalsium ionunu birbaşa təyin etmək mümkün olur.

### 4.2.3. Barium

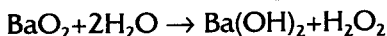
Barium gümüşü ağ rəngli metal olub, qələvi torpaq metalları içərisində ən fəaldır. Otaq temperaturunda bilavasitə su ilə reaksiyaya daxil olur:



Barium turşularla şiddətli reaksiyaya daxil olur, nəticədə hidrogen ayrılır və müvafiq düz əmələ gəlir:



Barium  $\text{BaO}$  və  $\text{BaO}_2$ -dən ibarət iki oksigenli birləşmə əmələ gətirir. Onların hər ikisi suda həll olaraq hidrokسيد əmələ gətirir.

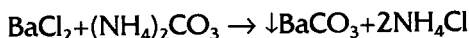


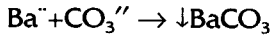
Barium-hidrokسيد suda bir qədər həll olaraq barit suyu əmələ gətirir. O, qələvi metal hidrokسيدlərindən sonra qüvvətli əsasdır.

Bariumun suda çətin həll olan duzları içərisində barium-sulfatın, barium-karbonatın, barium-xromatın analizində əhəmiyyəti çoxdur. Analiz üçün bariumun suda yaxşı həll olan xlorid və ya nitrat duzlarını götürmək olar.

*Ba<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* Barium ionu rəngsizdir.

1. Kalium-, natrium- və ammonium-karbonatları  $\text{Ba}^{2+}$  ionunu çökdürür. 2-3 damcı  $\text{BaCl}_2$  məhlulu üzərinə o qədər kalium-, natrium- və ya ammonium-karbonat məhlulları töküüb  $60-70^\circ\text{C}$  qızdırdıqda, o zaman barium-karbonatdan ibarət ağ rəngli amorf çöküntü əmələ gəlir. Bir qədər gözlədikdən sonra çöküntü kristal hala keçir:

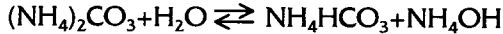




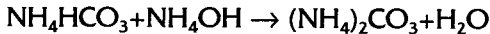
Əmələ gəlmiş çöküntü xlorid, nitrat və asetat turşularında həll olur:



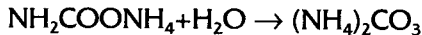
$\text{Ba}^{2+}$  ionlarını ammonium-karbonatla çökdürərkən, nəzərə almaq lazımdır ki, həmin duz suda həll edildikdə hidroliz edir, nəticədə hidrokarbonat və karboaminat ionları əmələ gəlir:



Əmələ gələn ammonium-hidrokarbonat və ammonium-karboaminat  $\text{Ba}^{2+}$  kationları ilə çöküntü əmələ gətirmir. Bunun qarşısını almaq üçün reaksiyanı ammonium-əsasının iştirakı ilə aparırlar. Belə olduqda hidrokarbonat karbonat ionuna çevrilir:

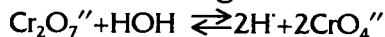


Qarışıqı 60-70<sup>o</sup> qızdırdıqda karboaminat karbonata çevrilir:

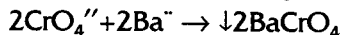


Qızdırdıqda çöküntü amorf şəkildən kristal şəkllə keçir ki, bununla da süzmə prosesi tezləşir.

2. Kalium-bixromat və kalium-xromat məhlulu yalnız barium ionu ilə sarı rəngli, kristal çöküntü əmələ gətirir. Bu zaman barium-bixromat yox, xromat çöküntüsü alınır. Bunun səbəbi kalium-bixromatı suda həll edərkən hidrolizə uğramasıdır; nəticədə hidrogen və xromat ionları əmələ gəlir:



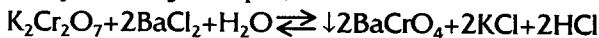
Kalium-bixromat məhlulunda xromat ionları qatılığının az olmasına baxmayaraq, nəticədə  $\text{BaCrO}_4$  çökür. Çünki barium-xromat barium-bixromata nisbətən daha çətin həll olur:



İki sonuncu reaksiya tənliklərini toplayıb ixtisar etdikdə bir ümumi tənlik alınır:



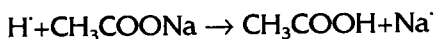
Molekul şəklində yazdıqda,



alınar.



Barium-xromat çöküntüsü xlorid və nitrat turşularında həll olur. Göstərilən reaksiya tənliyindən aydın olur ki, reaksiya nəticəsində sərbəst xlorid turşusu ayrılır. Ona görə də barium ionları miqdarən çökmür və reaksiya dönər olur. Həmin reaksiya tənliyini bir istiqamətdə, daha doğrusu, barium-xromat çöküntüsünün alınması istiqamətində aparmaq mümkündür. Bunun üçün bir qayda olaraq qarışığın üzərinə bir o qədər natrium-asetat məhlulu əlavə edirlər. Natrium-asetat məhlulu əlavə etməkdə məqsəd hidrogen ionları qatılığını azaltmaqdır. Belə ki, reaksiyanın nəticəsində alınan hidrogen ionları ilə natrium-asetat reaksiyaya daxil olur və nəticədə zəif dissosiasiya edən asetat turşusu alınır:



Barium-xromat çöküntüsü asetat turşusunda həll olmur (bununla da barium ionu stronsium ionundan fərqlənir).

Əmələ gəlmiş asetat turşusu ilə natrium-asetat bufer təşkil edir ki, nəticədə barium-xromat çöküntüsünün miqdarən alınması üçün əlverişli turşuluq mühiti (pH~5) yaranır. Bu məqsədlə  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -dan artıq miqdarda götürmək lazımdır ki, onun bir hissəsi reaksiyada sərf olunmasın, yəni asetat bufer qarışığı əmələ gəlsin.

Qeyd etmək lazımdır ki, barium-xromat çöküntüsünü barium ionu ilə xromat ionunun qarşılıqlı təsiri nəticəsində də almaq olar. Lakin belə olduqda barium ionundan əlavə stronsium ionu da sarı rəngli çöküntü əmələ gətirə bilər. Stronsium-xromat çöküntüsünün barium-xromat çöküntüsündən başlıca fərqi, birincinin asetat turşusunda həll olması, ikincinin isə həll olmamasıdır. Stronsium və barium kationları bir yerdə olduqda, onları birbirindən xromat ionu ilə ayırmaq üçün çökdürməni asetat turşusu mühitində aparmaq lazımdır. Lakin asetat turşusu mühitində barium-xromat çöküntüsü az da olsa həll olur. Göstərdiklərimizlə əlaqədar olaraq barium ionunu bixromat ionu ilə çökdürmək əlverişlidir. Bu zaman aşağıdakı şərtlərə riayət edilməlidir:

1. Reaksiyanı neytral və ya natrium-asetat məhlulu mühitində aparmaq lazımdır.

2. Çökdürməni qızdırmaqla aparmaq lazımdır. O zaman barium-xromatın tam çökməsi üçün əlverişli şərait yaranır.

3. Gümüş, qurğuşun, civə, bismut, kadmiyum, qalay, kobalt, nikel və s. ionları xromat ionu ilə çöküntü əmələ gətirdiyi üçün onlar əvvəlcədən kənar edilməlidirlər.

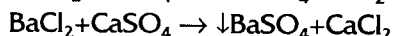
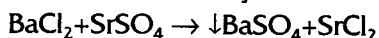
4. Xromat ionunu reduksiya edə biləcək maddələr əvvəlcədən kənar edilməlidir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı barium duzu məhlulu, o qədər kalium-bixromat məhlulu və bir neçə damcı da natrium-asetat məhlulu töküüb qızdırın. Alınan sarı rəngli kristal çöküntünün xlorid və asetat turşusunda həll olmasını yoxlayın.

3. Həll olan sulfatlar (gipsli su -  $\text{CaSO}_4$ -in suda doymuş məhlulu) vasitəsilə barium ionlarını çökdürmək mümkündür.

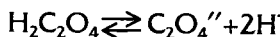
Stronsium-sulfatın doymuş məhlulu vasitəsilə yalnız barium ionlarını çökdürmək olar. Buna görə də stronsium-sulfatın doymuş məhlulu barium ionu üçün səciyyəvi reaktivdir. Çünki stronsium-sulfatın doymuş məhlulu kalsium və stronsium ionlarını yox, yalnız barium ionlarını çökdürə bilir. Məsələn,



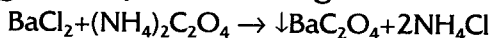
4. Ammonium-oksalat ikiəsaslı oksalat turşusunun duzudur.

Oksalat turşusunun quruluş formulu  $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ | \\ \text{COOH} \end{array}$  olub, suda həll

edildikdə, aşağıdakı sxem üzrə ionlara dissosiasiya edir:

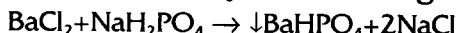


Ammonium-oksalat, barium ionu ilə barium-oksalatdan ibarət ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



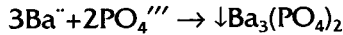
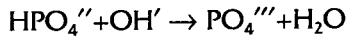
Əmələ gəlmiş çöküntü xlorid və nitrat turşularında, qaynadıldıqda isə asetat turşusunda həll olur. Barium-oksalat çöküntüsü otaq temperaturunda asetat turşusunda demək olar ki, həll olmur.

5. Natrium-monohidrofosfat barium ionu ilə ağ rəngli barium-hidrofosfatdan ibarət amorf çöküntü əmələ gətirir:



Alınmış çöküntü xlorid, nitrat və asetat turşularında həll olur. Barium ionunu qələvilər əvəzində ammonium-hidroksid iştirakı ilə mo-

nohidrofosfat ionu ilə çökdürükdə  $\text{HPO}_4''$  ionu  $\text{PO}_4'''$  ionuna çevrilir və çöküntü normal duza çevrilir.



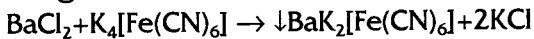
Əmələ gəlmiş çöküntü mineral və asetat turşularında həll olur.

6. Mikrokristalloskopik reaksiya. Tədqiq edilən barium duzu məhlulunun bir damcısını əşya şüşəsi üzərində qızdırın. Şüşə çubuğun ucunda ammonium-heksaflüorosiliseatın  $(\text{NH}_4)_2[\text{SiF}_6]$  kiçik bir parçasını götürüb qızdırılmış damcı ilə qarşdırın. O zaman iynə şəkilli və ya paz şəkilli  $\text{Ba}[\text{SiF}_6]$  tərkibli kristallar əmələ gəlir.

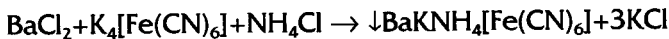
Bu reaksiya ilə bariumun 0,1 mkq miqdarını təyin etmək olar.

Kalsium və stronsiumun miqdarı çox olmadıqda, təsvir edilən üsulla bariumun təyin edilməsinə maneçilik törətmirlər.

7. Sarı qan duzu - kalium-heksasiano-ferroat məhlulu üzərinə 2-3 damcı barium-xloridin doymuş məhlulu əlavə etdikdə  $\text{BaK}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  tərkibli ağ rəngli çöküntünün alınması barium ionlarının olmasını göstərir:

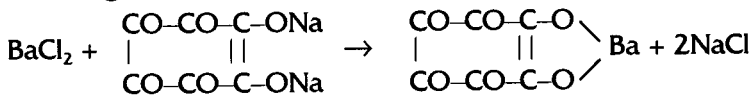


Ammonium duzlarının iştirakı ilə çöküntünün həll olması azalır:



8. Natrium-rodizonat ilə barium ionu barium-rodizonatdan ibarət qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir.

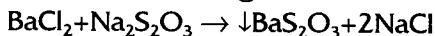
Reaksiyanı damcı üsulu ilə aparmaq lazımdır. Bunun üçün süzgəc kağızına bir damcı neytral barium duzu məhlulu damızdırın. Əmələ gəlmiş yaş ləkənin üzərinə bir damcı 0,1N natrium-rodizonatın məhlulu tökün. Ləkənin qırmızımtıl-qonur rəngə boyanması barium-rodizonat çöküntüsünün əmələ gəlməsini göstərir:



Barium-rodizonat ləkəsinin üzərinə 2N xlorid turşusu tökdükdə ləkənin çöhrayi-qırmızımtıl rəngə çevrilməsi barium-rodizonatın turş duzunun əmələ gəlməsini göstərir. Qeyd etmək

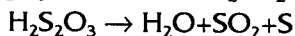
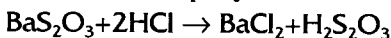
lazımdır ki, əgər HCl-un qatılığı və ya miqdarı çox olarsa ləkə tamamilə rəngsizləşə bilər. Bu zaman Ba<sup>2+</sup> ionlarını təyin etmək olmaz. Ağır metal ionları göstərilən reaksiyaya mane olur.

9. Natrium-tiosulfatı barium-xlorid məhlulunun 2-3 damcısı üzərinə tökərkən BaS<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tərkibli, ağ rəngli çöküntünün əmələ gəlməsi barium ionunun olmasını göstərir.



Göstərilən reaksiya zamanı asanlıqla ifrat doymuş məhlul əmələ gəldiyi üçün alınan qarışığı şüşə çubuqla qarışdırmaqla kristallaşmanı sürətləndirmək olur.

Barium-tiosulfat çöküntüsü, durulaşdırılmış turşularda həll olur. Bunun da nəticəsində tiosulfat turşusu alınır ki, o da su, kükürd qazı və sərbəst kükürdə parçalanır.



10. Alovun rənglənməsi reaksiyası. Barium xlorid, nitrat və s. kimi uçucu duzları rəngsiz alovu sarımtıl-yaşıl rəngə boyayır.

#### 4.2.4. Stronsium

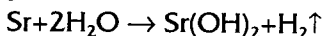
Stronsium gümüşü-ağ metal olub, havada (nəm olduqda) oksidləşir.

Stronsium SrO və SrO<sub>2</sub>-dən ibarət iki oksigenli birləşmə əmələ gətirir. Stronsium-oksidin su ilə reaksiyası nəticəsində stronsium-hidroksid əmələ gəlir:



Stronsium-hidroksid suda bir qədər həll olur və nisbətən qüvvətli hesab olunan əsas əmələ gətirir.

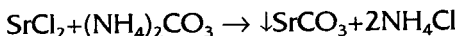
Stronsium metalı su ilə bilavasitə reaksiyaya daxil olur və nəticədə hidrogen ayrılır:



Stronsiumun suda həll olmayan duzlarından stronsium-sulfat və stronsium-karbonat vəsfi analiz üçün əhəmiyyətlidir.

*Sr<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* Stronsium ionu rəngsizdir.

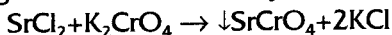
1. Ammonium-karbonat məhlulunu 2-3 damcı stronsium duzu məhlulu üzərinə əlavə etdikdə stronsium-karbonatdan ibarət ağ, kristal çöküntü əmələ gəlir:



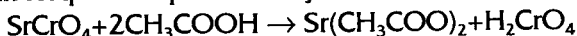
Stronsium-karbonat çöküntüsü, barium-karbonat kimi mineral və asetat turşularında həll olur.

İkinci qrup kationlarının karbonatlarının suda həll olmaları əsasən eyni olub,  $5 \cdot 10^{-5}$  q-mol/l-dir.

2. Kalium-xromat məhlulu ilə stronsium qatı məhluluna təsir etdikdə, sarı rəngli stronsium-xromat çöküntüsü alınır:



Əmələ gəlmiş stronsium-xromat çöküntüsü barium-xromatdan fərqli olaraq asetat turşusunda həll olur:



Kalium-bixromat reaktivi stronsium ionunu hətta natrium-asetatın iştirakı ilə çökdürmür. Çünki həmin şəraitdə kalium-bixromat məhlulunda xromat ionlarının qatılığı o qədər azdır ki, stronsium-xromatın həllolma hasilinə çata bilmir. Bununla da stronsium ionunu barium ionundan ayırmaq mümkündür.

3. Həll olan sulfatlar stronsium duzu məhlulu ilə ağ rəngli, kristal çöküntü əmələ gətirir.

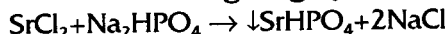
Stronsium-sulfid çöküntüsü turşularda və qələvilərdə həll olmur (səbəbini izah edin). Onu barium-sulfatda olduğu kimi həll etmək olar.

4. Gipsli su, yəni gipsin  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  suda doymuş məhlulu stronsium duzları ilə ağ rəngli kiçik kristallardan ibarət çöküntü (bulanıq) əmələ gətirir. Qarışıq bir qədər gözlədikdən və xüsusən qaynatdıqdan sonra çöküntünün miqdarı çoxalır. Məhlulda barium ionu olduqda çöküntü dərhal alınır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

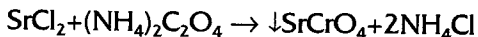
Analiz edilən stronsium duzu məhlulunun 1-2 damcısı üzərinə o qədər də gipsli suyun doymuş məhlulunu töküüb qızdırın. Dərhal və ya bir müddətdən sonra azacıq bulantının alınması stronsium ionunun olmasını göstərir. Məhlulun qızdırılması bulanlığın əmələ gəlməsini tezləşdirir.

5. Natrium-monohidrofosfat barium ionunda olduğu kimi, stronsium duzu məhlulu ilə də ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Alınmış çöküntünün xlorid, nitrat və asetat turşularında həll olmasını yoxlayın.

6. Ammonium-oksalat stronsium ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü mineral turşularda yaxşı, asetat turşusunda isə qaynadıldıqda həll olur.

7. Mikrokrystaloskopik reaksiya. Əşya şüşəsi üzərində bir damcı stronsium duzu məhlulunu quruyuncaya qədər buxarlandırın. Qalığı 2%-li mis 2-nitrat məhlulunda həll edib, yenə də buxarlandırın. Soyuduqdan sonra üzərinə 2 damcı 0,05N asetat turşusu və bir neçə damcı kalium-nitrat kristalı əlavə edin. Bir az sonra (qızdırdıqda reaksiya sürətlənir) damcının ətrafında yaşıl-göy rəngli  $\text{K}_2\text{Sr}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$  tərkibli kiçik kub şəkilli kristallar əmələ gəlir.

Barium və kalium ionları göstərilən təcrübənin aparılmasına maneçilik törətmirlər.

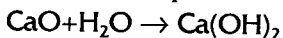
8. Natrium-rodizonat -  $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$  stronsium ionu ilə çöküntü əmələ gətirir. Süzgəc kağızı üzərinə stronsium duzunun neytral məhlulundan bir damcı töküüb üzərinə natrium rodizonatın suda məhlulundan bir damcı əlavə edin. Bu zaman stronsium-rodizonat  $\text{SrC}_6\text{O}_6$  çöküntüsündən ibarət qırmızımtıl-qonur rəngli ləkənin əmələ gəlməsi tədqiq edilən məhlulda stronsium ionlarının olması barədə fikir söyləməyə imkan verir. Damcını durulaşdırılmış HCl ilə islatdıqda çöküntü həll olduğu üçün ləkə itir.

Bariumun iştirakı ilə stronsiumu damcı üsulu ilə təyİN etmək üçün, bariumu çətin həll olan xromat birləşməsinə çevirirlər, sonra da stronsiumu təyİN edirlər. Bunun üçün süzgəc kağızını kalium-xromatın doymuş məhlulu ilə isladıb qurudun, üzərinə bir damcı analiz edilən məhlul tökün və bir dəqiqədən sonra damcı ləkəsini 5%-li natrium-rodizonat məhlulu ilə isladın. Qonur-qırmızı rəngli çöküntünün alınması stronsium ionunun olmasını göstərir.

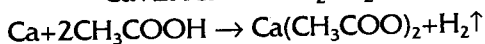
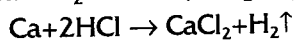
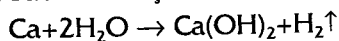
#### 4.2.5. Kalsium

Kalsium gümüşü-ağ, kövrək metaldir. Nəmli havada asanlıqla oksidləşir.

Kalsium  $\text{CaO}$  və  $\text{CaO}_2$ -dən ibarət iki oksigenli birləşmə əmələ gətirir. Kalsium-oksid su ilə reaksiyaya daxil olur və nəticədə kalsium-hidroksiddən ibarət qüvvətli əsas əmələ gətirir:



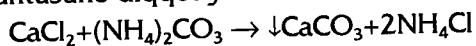
Kalsium metalı suda və turşularda həll olaraq hidrogen ayırır:



Kalsiumun karbonat, fosfat, hidrofosfat, oksalat, flüorid, sili-  
kat, ferrosianid birləşmələri suda həll olmur.

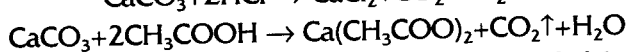
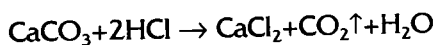
Ca<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları. Kalsium ionunun reaksiyalarını  
aparmaq üçün  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  və ya  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  duzu məhlullarını  
götürmək olar.

1. Ammonium-karbonatı 3 damcısını 2-3 damcı kalsium du-  
zu məhlulu üzərinə tökün. Əmələ gələn ağ, amorf kalsium-  
karbonat çöküntüsünə diqqət yetirin:

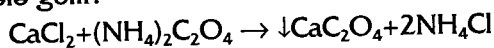


Qarışıqı su hamamında qızdırdıqda, amorf çöküntü kristal  
hala keçir.

Kalsium-karbonat çöküntüsü mineral və asetat turşularında  
həll olur:



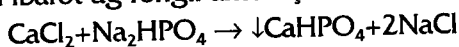
2. Ammonium-oksalat məhlulunu 2-3 damcı kalsium duzu  
məhlulu üzərinə tökdükdə kiçik kristallardan ibarət ağ rəngli  
çöküntü əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş kalsium-oksalat çöküntüsü mineral turşularda  
yaxşı həll olur; lakin barium və stronsium-oksalatdan fərqli olaraq  
asetat turşusunda həll olmur. Ona görə də çökdürməni neytral  
və ya asetat turşusu mühitində aparmaq lazımdır. Kalsium ionu  
üzərinə ammonium-oksalat məhlulu əlavə etdikdən sonra alınan  
qarışıqı qızdırmaqla çökmə prosesini sürətləndirmək olar.

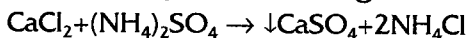
Kalsium ionunu ammonium-oksalatla təyin edərkən barium  
və stronsium ionları əvvəlcədən kənar edilməlidir.

3. Natrium-monohidrofosfat kalsium ionu ilə kalsium-  
hidrofosfatdan ibarət ağ rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir:

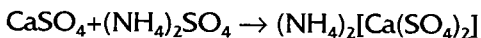


Əmələ gəlmiş çöküntü mineral və və asetat turşularında həll olur.

4. Həllolan sulfatlar qatı kalsium duzları məhlulu ilə ağ rəngli, kiçik kristallardan ibarət çöküntü əmələ gətirir.



Əmələ gəlmiş kalsium-sulfat çöküntüsü ammonium-sulfatın artığı ilə reaksiyaya daxil olub kompleks birləşmə əmələ gətirməklə həll olur:



Barium və stronsium kationları kalsium ionundan fərqli olaraq ammonium-sulfatla ilə heç bir həll olan kompleks birləşmə əmələ gətirmir.

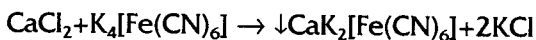
Təcrübəni aşağıdakı mikrokristaloskopik üsulla aparın.

Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı kalsium-xlorid və bir damcı da durulaşdırılmış sulfat turşusu məhlulu damızdırın. Qarışığı alov üzərində bir qədər buxarlaşdırın. O zaman gipsin mikroskop altında asanlıqla fərqlənən səciyyəvi iynə kimi kristalları görünür.

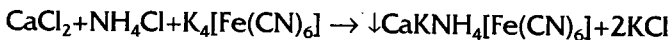
Alınan gipsin  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kristalları öz formasına görə barium-sulfat və stronsium-sulfat kristallarından fərqlənir.

Barium və stronsium ionları artıq miqdarda olduqda kalsium ionlarını ayırmaq lazım gəlir. Bunun üçün qarışığa bir damcı durulaşdırılmış sulfat turşusu əlavə edin. Alınan qarışığı quruyuncaya qədər buxarlandırın. Qalığı bir damcı su ilə qarışdıraraq qızdırın. O zaman kalsium-sulfat çöküntüsü həll olaraq məhlula keçir. Məhlulun duru hissəsini ayırıb əşya şüşəsi üzərində azacıq buxarlandıran zaman  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tərkibli gips kristalları aydın görünür.

5. Sarı qan duzu ilə kalsium ionuna təsir etdikdə, ağ kristal çöküntü alınır:



Ammonium duzlarının iştirakı ilə əmələ gəlmiş çöküntünün həllolma qabiliyyəti daha da azalır:



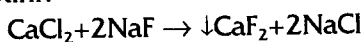
Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:



Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı tədqiq edilən kalsium duzu məhlulu, 1-2 damcı ammonium-xlorid və o qədər də ammonium-hidroksid məhlulu töküb su hamamında qızdırın. Qarışığın üzərinə 3-4 damcı sarı qan duzunun doymuş məhlulunu əlavə edin. O zaman həll olmayan ağ kristal çöküntü alınır.

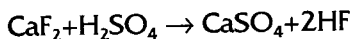
Stronsium ionu sarı qan duzu ilə çöküntü əmələ gətirmədiyi üçün kalsium ionunun təyin edilməsinə maneçilik törətmir.

6. Natrium-flüorid kalsium ionu ilə ağ rəngli həlməşik çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş kalsium-flüorid çöküntüsü mineral turşularda pis həll olur.

Kalsium-flüorid qatı sulfat turşusu ilə qaynadıldıqda həll olaraq məhlula keçir.



#### 4.2.6. İkinci qrup kationları qarışığının analizi

Analizin gedişi. Kalium-bixromat asetat turşusu mühitində yalnız  $\text{Ba}^{2+}$  kationu ilə çöküntü əmələ gətirdiyindən, adətən,  $\text{Ba}^{2+}$  kationlarını  $\text{Sr}^{2+}$  və  $\text{Ca}^{2+}$  kationlarından tədqiq edilən məhlula asetat turşusu və kalium-bixromat məhlulunu əlavə etməklə ayırırlar (cədvəl 9). Bu zaman  $\text{Ba}^{2+}$  kationları  $\text{BaCrO}_4$  şəklində çöküntüyə keçir,  $\text{Sr}^{2+}$  və  $\text{Ca}^{2+}$  kationları isə  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ionlarının artığı ilə məhlulda qalır. Çöküntü süzüntüdən ayrılır və tam çökmə yoxlanılır.

Stronsium və kalsium ionlarını bixromat ionlarından ayırmaq üçün süzüntü üzərinə natrium-karbonat məhlulu tökülür və əmələ gələn  $\text{SrCO}_3$  və  $\text{CaCO}_3$ -dən ibarət çöküntü ayrılır, iki dəfə su ilə yuyulub 2N isti asetat turşusunda həll edilir. Süzüntünün bir qismi üzərinə gipsli su tökülür. Bir neçə dəqiqədən sonra bulanığın alınması stronsium ionlarının olmasını göstərir. Stronsium ionlarını kalsium ionlarından ayırmaq üçün qalan məhlulun üzərinə ammonium-sulfat tökülür və qızdırılır. Qarışıq süzülür. Kalsium-kationları  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$  kompleks duzu şəklində məhlulda qalır.

**Cədvəl 9. İkinci qrup kationları qarışığı analizinin  
ardıcıl gedişi sxemi**

1. Tədqiq edilən məhlul üzərinə $K_2Cr_2O_7$ və $CH_3COONa$ əlavə edilir və süzülür. $Ba^{2+}$ tam çökməsi yoxlanılır.		
2. Çöküntü (I) $BaCrO_4$ tədqiq edilir	3. Süzüntü (I) $Sr^{2+}$ , $Ca^{2+}$ və $Cr_2O_7^{2-}$ ionları var.	
	4. $Sr^{2+}$ , $Ca^{2+}$ kationlarını $Na_2CO_3$ təsiri ilə çökdürürlər ( $pH > 10$ )	
	5. Çöküntü (II) $SrCO_3$ , $CaCO_3$ su ilə yuyulur və 2N $CH_3COOH$ -da həll edilir	6. Süzüntü (II) tədqiq edilmir
	7. Süzüntüdə (III) $Sr(CH_3COO)_2$ , $Ca(CH_3COO)_2$ 2-5 damcı götürüb üzərinə $CaSO_4$ töküüb qızdıraraq $Sr^{2+}$ ionlarını təyin edirlər. Sonra $Sr^{2+}$ $(NH_4)_2SO_4$ təsiri ilə ayrılır	
	8. Çöküntü (III) $SrSO_4$	9. Süzüntü (IV) $Ca^{2+}$ və $(NH_4)_2SO_4$ artığı 1. $(NH_4)_2C_2O_4 + NH_4OH$ 2. $K_4[Fe(CN)_6]$ reaktivini ilə təyin edilir

$Ba^{2+}$  kationlarının təyini və ayrılması. Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı tədqiq edilən məhlul, 2-4 damcı natrium-asetat və 4-5 damcı da kalium-bixromat məhlulu tökülür. Barium-xromatdan ibarət sarı rəngli çöküntünün alınması barium ionlarının olmasını göstərir. Barium ionları olduqda, onları kənar etmək məqsədilə analiz edilən məhlulun 5-6 damcısı üzərinə (həmişə ehtiyat üçün analiz edilən məhluldan bir qədər saxlamaq lazımdır) 4-5 damcı natrium-asetat və çöküntü üzərində narıncı rəng alınincaya qədər kalium-bixromat məhlulu tökülür, şüşə çubuqla qarışdırılır, 2-3 dəqiqəyə qədər qızdırılır və süzülür. Barium-xromatdan ibarət çöküntünü bir neçə dəfə su ilə yuyub, barium ionunun varlığına bir daha inanmaq üçün aşağıdakı təcrübələri etmək lazımdır.

a) Məlumdur ki, qurğuşun-xromatdan fərqli olaraq,  $BaCrO_4$  çöküntüsü  $NaOH$ -da həll olmur;

b) Çöküntünü xlorid turşusunda həll edib, natrium-rodizonat məhlulu və ya alovun rənglənməsi üsulu ilə barium ionlarını təyin etmək lazımdır.

Sr<sup>2+</sup> kationlarının təyini. Ba<sup>2+</sup> kationlarının çökmə tamlığını yoxladıqdan sonra qalan süzüntüdə stronsium və kalsium ionlarını, bixromat ionlarından ayırmaq üçün onları soda məhlulu ilə çökdürürlər. Beləliklə, süzüntünün bir hissəsi üzərinə bir qədər natrium-karbonat əlavə edib şüşə çubuqla qarışdırırlar; 5-10 dəqiqə qaynadırlar və az qalincaya qədər buxarlandırırlar. O zaman kalsium və stronsium kationları karbonat şəklində çökürlər.

Alınan çöküntünü soyuq su ilə yuyurlar və 2N isti asetat turşusunda həll edirlər. Alınan məhluldan 2-5 damcı götürüb, üzərinə o qədər də gipsli su tökürlər. Qarışığı 1-2 dəqiqə qızdırıb bir neçə dəqiqə gözləyirlər. Bulanlığın alınması stronsium ionlarının olmasını göstərir. Stronsium ionları olduqda, onu kalsium ionlarından ayırmaq lazımdır. Bunun üçün qalan məhlulun hamısı üzərinə iki o qədər həcmdə 2N ammonium-sulfat məhlulu tökülür və 5-10 dəqiqə qızdırılır. Maddənin tədriclə çökməsi stronsium ionlarının olmasını göstərir. Qarışığı süzüb kalsiumdan ayırırlar.

Ca<sup>2+</sup> kationlarının təyini. Süzüntü az qalincaya qədər buxarlandırılır və kalsium ionları aşağıdakı qayda ilə təyin edilir:

- 1) Süzüntünün 2-3 damcısı üzərinə (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> və ammonium hidroksid məhlulu tökməklə.
- 2) Qaynatma şəraitində K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] və ammonium-xlorid məhlulu tökməklə.
- 3) Alovun rənginin dəyişməsi.

#### 4.2.7. Birinci və ikinci qrup kationlar qarışığının analizinin ardıcıl gedişi

Birinci və ikinci qrup kationlarından ibarət olan tədqiq edilən məhlul ya çöküntülü, ya da çöküntüsüz ola bilər. Çöküntü AgCl, PbCl<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-dən ibarət xloridlər, BaSO<sub>4</sub>, SrSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>-dən ibarət sulfat, ya da xlorid və sulfatların qarışığından ibarət ola bilər.

Qarışıq çöküntüsüz olduqda analizin gedişi. Sınaq şüşəsinə analiz edilən məhluldan 1-2 ml və 3-5 damcı da xlorid turşusu

töküb şüşə çubuqla qarışdırılır və süzülür. Çöküntü 2 n xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış soyuq su ilə yuyulur.

Çöküntü (I)  $\text{AgCl}$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  tərkibli xloridlərdən ibarətdir. Onu analiz etmək üçün üzərinə 5-10 damcı su tökülür, qaynayıcaya qədər qızdırılır və süzülür. Həmin əməliyyat 2-3 dəfə təkrar edilir. O zaman  $\text{PbCl}_2$  məhlula keçir. Çöküntüdə  $\text{AgCl}$  və  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  qalır.

Süzüntüdə qurğuşun ionlarını təyin etmək üçün ondan 3-5 damcı götürülür, üzərinə o qədər də kalium-yodid əlavə edilir. Nəticədə sarı rəngli qızıla oxşar çöküntünün alınması qurğuşun ionlarının olmasını göstərir.  $\text{Pb}_2$  alınmışdırsa, o qızdırıldıqda həll olur, soyudulduqda isə yenidən alınır.

$\text{Hg}_2^{2+}$  ionlarını təyin etmək üçün süzgecdə qalmış çöküntünün üzərinə 5-7 damcı ammonium hidrosid məhlulu tökülür və qarışdırılır. Bivalentli civə ionları olduqda çöküntü qaralır. Gümüş ionları ammonium-hidrosidin təsiri nəticəsində məhlula keçir.

Gümüş ionlarının təyini. Süzüntünü 2 yerə bölüb birinə kalium-yodid, digərinə isə nitrat turşusu tökülür. Analiz edilən məhlulda gümüş ionları olduqda sınaq şüşəsinin birində sarı rəngli gümüş-yodid, digərində isə ağ rəngli gümüş-xlorid çöküntüsü alınır.

Süzüntünün (I) analizi. Süzüntüdə ikinci qrup kationları və bir qədər də  $\text{Pb}^{2+}$  ionları ola bilər. Süzüntünün üzərinə 12-15 damcı  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  məhlulu töküüb, 5-6 dəqiqə su hamamında qızdırılır. 10 dəqiqə gözlədikdən sonra süzülür. Çöküntünün üzərinə 30%-li ammonium-asetat məhlulu töküüb qızdırılır. O zaman  $\text{PbSO}_4$  tamamilə həll olur. Qarışıq süzülür. Çöküntüdə qalan  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$  və  $\text{CaSO}_4$  iki dəfə distillə edilmiş su ilə yuyulur və karbonatlara keçirilir.

Bunun üçün  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$  və  $\text{CaSO}_4$ -dan ibarət çöküntünü çini kasaya keçirib və barium-sulfatı məhlula keçirdiyimiz qayda ilə ikinci qrup sulfatları məhlula keçirilir.

Süzüntüdə  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ionları məlum qayda ilə təyin edilir.

Qarışıq çöküntülü olduqda analizin gedişi. Analiz edilən məhlul çöküntülü olduqda qarışdırılır və iki yerə bölünür. Bir his-

səsi yoxlamaq üçün saxlanılır; digər hissəsi isə analiz üçün istifadə edilir.

Analiz edilən qarışıqda sulfat və xlorid ionları kifayət qədər olmadıqda məhlulda  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$  ionları ola bilər.

Birinci və ikinci qrup kationlarının çökdürülməsi: Sınaq şüşəsinə 1,5-2,0 ml analiz edilən məhlul (çöküntü ilə birlikdə) 3-4 damcı xlorid, o qədər də sulfat turşusu tökülür və qarışdırılır. Qarışıq süzülür, bir neçə damcı xlorid turşusu qarışdırılmış su ilə yuyulur.

Çöküntüdə  $PbCl_2$ ,  $AgCl$ ,  $Hg_2Cl_2$ ,  $PbSO_4$ ,  $BaSO_4$ ,  $SrSO_4$ ,  $CaSO_4$  ola bilər.

Çöküntü (I) süzgəç kağızı üzərində qaynar su ilə yuyulur və süzüntüdə  $Pb^{2+}$  ionu fərdi reaksiyalarla təyin edilir.

Qurğuşun ionları təyin edildikdən sonra qalan çöküntünün üzərinə 10-12 damcı 25%-li ammonium-hidroksid məhlulu tökülür və qarışdırılır. O zaman gümüş-xlorid həll olur və ammoniyakat kompleksi şəklində məhlula keçir. Çöküntüdə isə qara rəngli  $NH_2HgCl+Hg$  olur. Gümüş ammoniyakat kompleksindən ibarət olan süzüntüdə gümüş ionları məlum üsulla təyin edilir.

Çöküntüdə  $NH_2HgCl+Hg$ ,  $PbSO_4$ ,  $CaSO_4$ ,  $SrSO_4$  və  $BaSO_4$  ola bilər. Həmin çöküntünü analiz etmək üçün gümüş ionlarını tamamilə kənar etmək lazımdır. Onun üçün çöküntünü 2-3 dəfə ammonium-hidroksidlə işləyirlər. Bu əməliyyatı, gümüş ionları mənfi reaksiya verincəyə qədər davam etdirirlər (gümüş ionları vardırsa). Çöküntü su ilə yuyulur, üzərinə 15-16 damcı 30%-li ammonium-asetat  $CH_3COONH_4$  məhlulu tökülür, şüşə çubuqla qarışdırılır və 3-4 dəqiqə su hamamında qızdırılır. O zaman  $PbSO_4$  və  $NH_2HgCl$  həll olur.

Qarışıq süzülür və süzüntünün bir hissəsində  $Pb^{2+}$  ionları  $K_2CrO_4$  və ya  $KJ$  ilə,  $Hg_2^{2+}$  ionları isə sərbəst civəyə reduksiya üsulu ilə təyin edilir.  $Pb^{2+}$  ionları vardırsa, çöküntünü ammonium-asetat məhlulu ilə bir neçə dəfə işləməklə kənar edilir. Çöküntü su ilə yuyulur və yuxarıda göstərilən qayda ilə  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  və  $Ca^{2+}$  ionları təyin edilir.

### 4.3. İKİNCİ KOLLOKVIUMA AİD SUAL VƏ ÇALIŞMALAR

1. İkinci qrupa hansı kationlar daxildir? Onların elementlərin dövri sistemində tutduqları mövqeyi xarakterizə edin.

2. Kalsium, stronsium və barium kationlarının hidrokksidlərini yazın və onların xassələrini təsvir edin.

3. Barium, stronsium və kalsium kationlarının əmələ gətirdikləri çətin həllolan mühüm birləşmələrin düsturlarını yazın və onların rənglərini göstərin.

4. II qrup kationlarının sulfat, oksalat və xromat birləşmələrinin həll olmalarını müqayisə edin.

5. II qrup kationlarının çətin həllolan birləşmələrini hansı üsul ilə məhlulə keçirmək olar? Reaksiya tənliklərini yazın.

6. Barium ionunun əsas reaksiya tənliklərini yazın.

7. Stronsium ionunun əsas reaksiya tənliklərini yazın.

8. Kalsium ionunun əsas reaksiya tənliklərini yazın.

9. II qrup kationlarının qrup reaktivləri ilə çökdürülməsi təfəsilatını təsvir edin. Reaksiya tənliklərini yazın.

10. Barium-sulfat çöküntüsünü necə həll etmək olar?

11. 5 ml 5 N ammonium-xlorid məhlulunda neçə milliqram maqnezium-karbonat həll oluna bilər?

Cavab: 33 mq.

12. 5 ml 5 N ammonium-xlorid məhlulunda neçə milliqram kalsium-karbonat həll oluna bilər?

Cavab: 3,8 mq.

13. Hansı mühitdə və hansı reaktiv ilə stronsium ionu iştirak etdikdə barium ionunu təyin etmək olar?

13. 2 ml 0,1M barium-nitrat məhlulu üzərinə 3 ml 0,07M kalium-xromat məhlulu əlavə etdikdə məhlulda neçə milliqram barium qalar?

Cavab:  $1 \cdot 10^{-4}$  mq.

15. Məhluldan barium ionunun ayrılması qaydasını ətraflı təsvir edin; barium ionunun tam çökməsinə necə inanmaq olar?

16. Tərkibində barium ionu olan hər hansı məhlulda kalium-bixromat məhlulu əlavə edərkən əmələ gələn çöküntünün tərkibi nə üçün  $\text{BaCrO}_4$ -dür, lakin  $\text{BaCr}_2\text{O}_7$  deyildir?

17. Məhluldan barium ionunu  $\text{BaCrO}_4$  şəklində kənar etdikdən sonra nə üçün yenidən stronsium və kalsium ionlarını karbonat şəklində çökdürmək lazımdır?

18. Barium ionunu  $\text{BaCrO}_4$  şəklində ayırdıqdan sonra stronsium və kalsium ionlarının karbonatlarla çökdürülməsini ətraflı təsvir edin.

19. Stronsium ionunun səciyyəvi reaksiyasının necə aparılmasını təsvir edin.

20. Analizin gedişində stronsium ionunu təyin edərkən, məhlulun üzərinə gipsli suyu tökdükdə dərhal çöküntü alınarsa, orada nə ola bilər? Belə halda nə etmək lazımdır?

21. Kalsium ionunu təyin etməmiş stronsium ionunu məhluldan necə kənar etmək olar?

22. Kalsium ionunu necə təyin etmək olar? Kalsium ionunu təyin etdikdən sonra onu təkrarən necə yoxlamaq lazımdır?

23. II qrup kationlarının hansı birləşmələri qüvvətli turşularda həll olmur və onların məhluluna necə keçirmək olar?

24. Duz effekti nəyə deyilir?

25. Həllolma və həllolma hasilə nəyə deyilir?

26. Tam çökməyə çökdürücünün artığı necə təsir göstərə bilər?

27. Çöküntünün həll olmasına eyni adlı ionların daxil edilməsi nə cür təsir göstərir?

28. Çöküntü ilə məhlul arasındakı tarazlığın pozulması hesabına çöküntünün həllolmasını göstərin.

29. Ammonium-oksalat reaktivi ilə stronsium ionu iştirak etdikdə nə üçün kalsium ionunu təyin etmək olmaz?

30. Stronsium ionunu kalsium ionundan ayırmaq üçün gipsli sudan nə üçün istifadə etmək olmaz?

31. Analiz zamanı barium, stronsium və kalsium ionlarının karbonat birləşmələrini nə üçün xlorid turşusunda deyil, asetat turşusunda həll edirlər?

32. Barium ionunun iştirakı ilə stronsium ionunu təyin etmək olarmı?

33. 0,01 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  məhlulunda  $\text{BaSO}_4$ -ın həll olması saf suya nisbətən neçə dəfə azdır?

Cavab: 950 dəfə.

34. Kalsium-karbonatın həll olması  $0,0069$  q/l olduqda onun həllolma hasilini hesablayın.

Cavab:  $4,8 \cdot 10^{-9}$ .

35.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -in həllolması  $2 \cdot 10^{-3}$  q/l olduqda onun həllolma hasilini hesablayın.

Cavab:  $3,8 \cdot 10^{-38}$ .

36.  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ -in həll olması  $6,8 \cdot 10^{-3}$  q/l olduqda onun həllolma hasilini hesablayın:

Cavab:  $2,5 \cdot 10^{-13}$ .

37. Nə üçün xlorid və asetat turşularında barium-karbonat həll olduğu halda, barium-sulfat həll olmur?

38. II qrup kationları qaz lampasının rəngsiz alovunu hansı rəngə boyayır? Bu məqsəd üçün II qrup kationlarının hansı birləşmələrini götürmək məsləhətdir və nə üçün?

39. Qarışıqda yalnız barium və kalsium ionları olduqda onları necə təyin etmək olar?

40.  $\text{PbSO}_4$ -in həllolma hasilini  $2,2 \cdot 10^{-8}$ .  $\text{Pb}_2$ -in həllolma hasilini isə  $8,7 \cdot 10^{-9}$  olduğu halda onların həllolmalarını mol/l və q/l ilə hesablayın. Həllolma hasilini ədədi az olan duzun həllolması nə üçün çoxdur?

Cavab:  $\text{PbSO}_4$ -in həllolması  $1,5 \cdot 10^{-14}$  mol/l və  $4,5 \cdot 10^{-2}$  q/l-dir.  $\text{Pb}_2$ -in həllolması  $1,3 \cdot 10^{-3}$  mol/l və  $6,0 \cdot 10^{-2}$  q/l-dir.

41.  $\text{CaSO}_4$ -in həllolması 2 q/l-dir? Kalsium-sulfatın doymuş məhlulunu, litrində 0,0248 q ammonium-oksalat olan məhlulun bərabər həcmli ilə qarışdırdıqda  $[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$  ionları qatılığı hasilini hesablayın və çöküntü alınmasını müəyyən edin.

Cavab:  $7,5 \cdot 10^{-7}$ ; çöküntü alınır.

42.  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ -in həllolma hasilini  $1,5 \cdot 10^{-32}$  olduğu halda həmin duzun həllolmasını q/l ilə hesablayın. Həmin duzun doymuş məhlulunda  $\text{Pb}^{2+}$  və  $\text{PO}_4^{3-}$  ionları qatılığını tapın.

Cavab:  $1,37 \cdot 10^{-4}$  q/l;  $[\text{Pb}^{2+}] = 5,1 \cdot 10^{-7}$  q-ion/l;  $[\text{PO}_4^{3-}] = 3,4 \cdot 10^{-7}$  q-ion/l.

43. Bərabər həcmli 0,001 N  $\text{SrCl}_2$  və  $\text{K}_2\text{SO}_4$  məhlullarını qarışdırdıqda çöküntü alınacağını hesablamaqla aydınlaşdırın.

Cavab: alınmır.



44. 0,01 N NaCl məhlulunda gümüş-xloridin həll olması ( $hh_{AgCl}=1,56 \cdot 10^{-10}$ ) saf suya nisbətən neçə dəfə az olmasını hesablayın.

Cavab: ~800 dəfə.

45. 100 ml  $Pb(NO_3)_2$  məhlulunda a) ekvivalent miqdarda  $H_2SO_4$  ilə; b) çökdürmə qurtardıqdan sonra  $Pb(NO_3)_2$ -in məhlulda qatılığı 0,01 mol/l olmaq hesabı ilə  $H_2SO_4$ -ün artıq miqdarı ilə təsir etdikdə neçə qram  $Pb^{2+}$  qalacaq.

Cavab: a)  $3,1 \cdot 10^{-3}$  q; b)  $4,6 \cdot 10^{-5}$  q.

46. 0,01M  $((NH_4)_2C_2O_4$  məhlulunda  $CaC_2O_4$ -in ( $hh_{CaC_2O_4} = 2,57 \cdot 10^{-9}$ ) həll olması saf suya nisbətən neçə dəfə azdır? Hesablamanı həllolma hasilinin sadələşdirilmiş və dəqiq düsturuna görə aparın.

Cavab: ~200 dəfə; ~80 dəfə.

47. 0,1 N KCl məhlulu  $CaC_2O_4$ -in həll olmasına necə təsir göstərir?

Cavab: Həllolma ~3 dəfə artır.

48. 0,05 N  $Pb(NO_3)_2$  məhlulunu bərabər həcmdə a) 0,05 N HCl məhlulu; b) 0,5 N HCl məhlulu ilə qarışdırdıqda onun ( $hh=2,4 \cdot 10^{-4}$ ) çökəcəyini hesablamaqla aydınlaşdırın.

Cavab: a) çökmür; b) çökür.

49. 0,1M alüminium duzu məhlulundan alüminium-hidroksid hansı pH-da çökməyə başlamasını hesablayın.

Cavab: pH=3,4.

50. Kalsium-xlorid və sulfat turşusunun hansı minimum qatılığını bərabər həcmdə qarışdırdıqda kalsium-sulfat çöküntüsü alınabilir?

Cavab:  $CaCl_2$  - 0,17%;  $CaSO_4$  - 0,15%.

51. Nə üçün  $Ba^{2+}$  ionunu  $Cr_2O_7^{2-}$  ionları ilə çökdürərkən natrium-asetat əlavə edirlər?

52. Hansı reaktiv - natrium-sulfat, karbonat və ya oksalat ionları kalsium ionlarını daha tam çökdürür? Çöküntülərin suda həll olmalarını müqayisə edin.

53.  $Ba^{2+}$  və  $Sr^{2+}$  ionlarının bərabər qatılıqda olan məhlulları üzərinə  $H_2SO_4$  məhlulunu az-az tökən zaman birinci növbədə hansı çöküntü alınır və nə üçün?

54.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  çöküntüsündən  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarını məhlula keçirmək üsullarını göstərin.

55. Nə üçün  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  asetat turşusunda həll olmur,  $\text{CaCO}_3$  isə asanlıqla həll olur?

56. Nə üçün kalium-xromatın təsirindən  $\text{Sr}^{2+}$  ionları asetat turşusu mühitində çökmür?

57.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  və  $\text{CrO}_4^{2-}$  ionları arasındakı fərqi izah edin və onların qarşılıqlı çevrilmələrini göstərən kimyəvi reaksiya tənliklərini yazın.

58.  $\text{Ca}^{2+}$  təyin etməmişdən əvvəl stronsium ionlarını məhluldan nə cür kənar etmək olar?

59. II qrup kationları qarışığının analiz sxemini tərtib edin.

60. Hidrogen-sulfid təsnifatında II qrup kationlarının qrup reaktivləri ilə çökdürülməsi təfsilatını təsvir edin. Reaksiya tənliklərini yazın.

61. Nəyə görə II qrup kationlarının sulfatlarını məhlula soda məhlulu ilə qaynatmaqla keçirdirlər və nəyə görə çöküntünün üzərindəki məhlulu təkrarən kənara tökmək lazım gəlir?

62.  $25^\circ\text{C}$  1 l gümüş-xloridin doymuş məhlulunda  $1,8 \cdot 10^{-3}$  q duz olduğu məlumdursa, gümüş-xloridin həllolma hasilini hesablayın.

Cavab:  $1,56 \cdot 10^{-10}$ .

63.  $20^\circ\text{C}$  100 q kalsium-oksalatın doymuş məhlulunda  $6,0 \cdot 10^{-4}$  q duz olduğu məlumdursa, kalsium-oksalatın həllolma hasilini hesablayın.

64.  $20^\circ\text{C}$  kalsium-karbonatın həllolma hasilini  $4,8 \cdot 10^{-9}$  bərabər olduqda bu duzun həllolmasını hesablayın.

Cavab:  $6,9 \cdot 10^{-5}$  mol/l,  $6,9 \cdot 10^{-3}$  q/l.

65. 1 l barium-sulfatın doymuş məhlulunda 0,0025 q duz varsa, barium-sulfatın həllolma hasilini hesablayın.

Cavab:  $1 \cdot 10^{-10}$ .

## V FƏSİL

### ÜÇÜNCÜ QRUP KATIONLARI

III qrup kationları I və II qrup kationları ilə müqayisədə bir sıra səciyyəvi xüsusiyyətlərə malikdir. Məsələn, III qrup kationlarının əmələ gətirdikləri duzların bir çoxu həll edildikdə hidrolizə uğrayır, onlar amfoter xassəyə malikdir; oksidləşmə və reduksiya xassələri var; kolloid çöküntülər əmələ gətirirlər və s. Ona görə də III qrup kationları üçün səciyyəvi olan bəzi prosesləri nəzəri cəhətdən izah etmək lazımdır.

#### 5.1. KÜTLƏLƏRİN TƏSİRİ QANUNU VƏ HİDROLİZ PROSESİ

##### 5.1.1. Duzların hidrolizi

Analizdə duzların hidrolizinin böyük əhəmiyyəti var. Belə ki, bir çox duzların məhlullarının pH-ı onların hidrolizi ilə müəyyən olunur. Əgər bu cür duzlardan çökdürücü kimi istifadə edilərsə, onda onlardan artıq miqdarda əlavə edilməsi məhlulun pH-nı və həmçinin tam çökməni əhəmiyyətli dərəcədə müəyyən edir.

Bu hallarla biz II-VI analitik qrup kationlarının çökdürülməsi prosesində rastlaşırıq. Bunlar göstərir ki, analitik kimyanı öyrənərkən hidroliz prosesinə ciddi diqqət yetirmək zəruridir.

Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsindən məlumdur ki, suda məhlulu dissosiasiya edərək hidrogen ionu (daha doğrusu hidroksonium  $H_3O^+$  ionu) əmələ gətirən elektrolitlərə turşular; hidrokstil ionu əmələ gətirən elektrolitlərə isə əsaslar deyilir. Lakin tərkibində nə hidrogen, nə də hidrokstil ionları olmayan bir çox duzlar vardır ki, onların suda məhlulları ya turşu, ya da əsasi xassəyə malik olurlar. Məsələn, dəmir 3-xloridi suda həll etdikdə turşu xassəli; natrium-karbonatı isə suda həll etdikdə əsasi xassəli olur.

Belə maddələrin məhlullarında  $H^+$  və  $OH^-$  ionları haradandır?

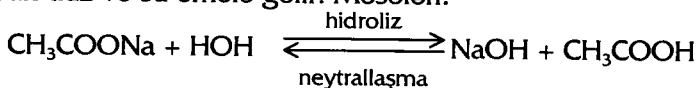
Yuxarıda göstərilən duzlarda nə hidrogen, nə də hidrokstil ionları olmadığı üçün güman etmək lazımdır ki, məhlulda  $H^+$  və

OH' ionları duzun həlledicisi olan suyun dissosiasiyası nəticəsində əmələ gəlmişdir.

Aydınır ki,  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$  tarazlığı suyun, hidrogen və hidroksil ionlarının həll olan duzun və ya başqa birləşmələrin ion və molekulları ilə qarşılıqlı təsiri zamanı pozula bilər. Həll olan duzun ionlarının suyun hidrogen və hidroksil ionları ilə qarşılıqlı təsiri reaksiyasına hidroliz deyilir.

Suyun H' və OH' ionları ilə qarşılıqlı təsir reaksiyasına həll olan duzların ionlarından başqa hidridlər, oksidlər, halogen anhidridləri, sulfidlər, nitridlər və başqa birləşmələr də daxil ola bilər. Ona görə də sözün geniş mənasında hidroliz müxtəlif maddələrin (duzların, hidridlərin, oksidlərin, halogen anhidridlərin, sulfidlərin, nitridlərin və s.) su ilə qarşılıqlı təsiri reaksiyasına deyilir. Bu reaksiya suyun elektrolitik dissosiasiyası tarazlığının pozulması və məhlulun pH-nın dəyişilməsi ilə gedir.

Hidroliz döner prosesdir. Hidrolizin əks reaksiyası neytrallaşmadır. Həqiqətən hidroliz zamanı duz və sudan əsas və turşu əmələ gəlir; neytrallaşma reaksiyasında isə, əsas və turşudan duz və su əmələ gəlir. Məsələn:



Buradan aydın olur ki, hidroliz reaksiyası neytrallaşma reaksiyasının əksinə olub, nəticədə ya turşu, ya da əsasi xassəli məhlul alınmalıdır.

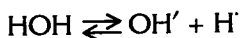
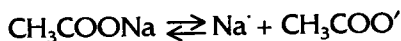
Duzlar o zaman hidroliz edə bilər ki, reaksiya nəticəsində ya zəif turşu, ya da zəif əsas alınsın.

Duzların tərkibindən asılı olaraq, hidrolizin aşağıdakı növləri məlumdur.

1. Qüvvətli əsasin kationu və zəif turşunun anionundan əmələ gələn duzların hidrolizi;
2. Zəif əsasin kationu və qüvvətli turşunun anionundan əmələ gələn duzların hidrolizi;
3. Zəif əsasin kationu və zəif turşunun anionundan əmələ gələn duzların hidrolizi.

Qüvvətli əsasin kationu və zəif turşunun anionundan əmələ gələn duzların hidrolizi. Belə duzlara misal olaraq natrium-asetatı

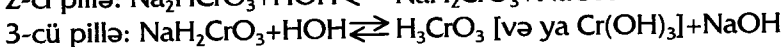
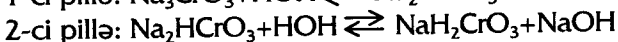
göstərmək olar. Natrium-asetat və buna oxşar bütün duzlar suda, demək olar ki, axıra qədər dissosiasiya edirlər. Natrium-asetatin həlledicisi olan su molekulu da az miqdarda dissosiasiya edərək  $H^+$  və  $OH^-$  ionları əmələ gətirir. Beləliklə, natrium-asetat duzunu suda həll edərkən məhlulda  $Na^+$ ;  $CH_3COO^-$ ;  $H^+$  və  $OH^-$  ionları olur. Bu ionlardan yalnız  $CH_3COO^-$  və  $H^+$  ionları bir-birilə birləşərək zəif dissosiasiya edən asetat turşusu əmələ gətirə bilər. Natrium-asetatı suda həll edən zaman baş verən bütün prosesləri sxematik olaraq aşağıdakı tarazlıq sistemi şəklində göstərmək olar:



Belə hidroliz prosesi aniona görə hidroliz adlanır.  $H^+$  ionları azaldıqda suyun dissosiasiya tarazlığı pozulur və nəticədə suyun yeni molekulları ionlara dissosiasiya edir və sərf olunan hidrogen ionlarının yerini doldurur.

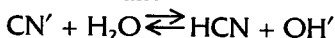
Hidrogen və hidroksil ionları qatılıqlarının vurma hasilı sabit kəmiyyətə ( $10^{-14}$ ) bərabər olduğu üçün hidrogen ionları qatılığının azalması ilə hidroksil ionlarının qatılığı artmalıdır. Beləliklə,  $CH_3COO^-$  ionlarından kifayət qədər olduqda suyun dissosiasiya tarazlığı fasiləsiz olaraq pozulacaq, nəticədə ayrılan  $H^+$  ionları  $CH_3COO^-$  ionları ilə birləşəcək;  $OH^-$  ionları isə məhlulda qalacaqdır. Ona görə də həmin məhlul qələvi reaksiyaya malik olacaqdır. Başqa sözlə, məhlulda  $pH > 7$ .

Qüvvətli əsasla zəif turşulardan əmələ gəlmiş duzlar suda həll edildikdə hidroliz edir və alınan məhlullar əsasi xassəli olurlar. Ona görədir ki, III qrup kationlarından alüminium, sink və xrom ionlarının əmələ gətirdikləri  $Na_3AlO_3$ ,  $K_2ZnO_2$  və  $Na_3CrO_3$  duzlarının suda məhlulları əsasi xassəlidir. Əsasi xassəyə malik olan, məsələn, natrium-xromit aşağıdakı pillələrlə hidrolizə uğrayır:



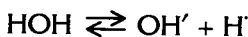
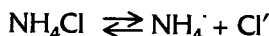
Onu bilmək lazımdır ki, pilləli hidrolizi cəm tənlik şəklində göstərmək olmaz. Tənlikləri birləşdirdikdə məhsulların biri ixtisar olunur. Bunu o zaman etmək olardı ki, birinci pillə üzrə alınan maddənin hamısı ikinci pillədə hidroliz etmiş olsun.

KCN məhlulu da qələvi reaksiyaya malikdir. Onun hidrolizinin ion tənliyi aşağıdakı kimidir:



$\text{CH}_3\text{COONa}$  duzunun hidrolizi ilə müqayisədə KCN-in hidrolizinin bir çox oxşar cəhətlərilə yanaşı, həm də xeyli fərqli cəhətləri də var. Bu da onunla bağlıdır ki, HCN dissosiasiya sabiti  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dissosiasiya sabitindən ( $K=1,86 \cdot 10^{-5}$ ) xeyli kiçikdir. Deməli, bu halda  $\text{H}^+$  ionlarının zəif elektrolit molekulu şəklində birləşməsi prosesi daha asan olacaq; ona görə də tarazlıq halında duzun daha çox hissəsi uyğun əsas və turşuya çevriləcək, yəni duzun hidroliz dərəcəsi daha çox olacaq. Hidroliz dərəcəsinin az olması ilə əlaqədar 1N  $\text{CN}_3\text{COONa}$  məhlulu eyni qatılıqlı KCN məhluluna nisbətən ( $\text{pH}=11,6$ ) daha az qələvi reaksiyaya malikdir ( $\text{pH}=9,4$ ).

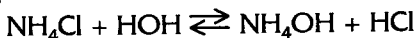
Qüvvətli turşunun anionu və zəif əsasin kationundan əmələ gələn duzların hidrolizi. Belə duzlara  $\text{NH}_4\text{Cl}$  misal ola bilər. Ammonium-xlorid və buna oxşar bütün duzlar suda axıra qədər dissosiasiya edirlər. Ammonium-xlorid aşağıdakı sxem üzrə hidroliz edir:



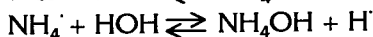
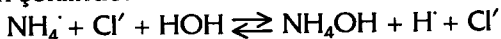
Göstərilən hidroliz reaksiyasının getməsinə səbəb zəif dissosiasiya edən  $\text{NH}_4\text{OH}$ -in alınmasıdır. Hidrolizin bu növünə kationa görə hidroliz deyilir; çünki burada hidrolizə uğrayan duzun kationu ilə suyun hidroksil ionları birləşir.

Yuxarıdakı reaksiya tənliklərindən aydın olur ki, suyun dissosiasiyası nəticəsində ayrılan  $\text{OH}^-$  ionları ammonium-xloridin  $\text{NH}_4^+$  ionları ilə birləşir. Belə olduqda suyun dissosiasiya tarazlığı pozulur və reaksiya hidroksil ionlarının alınması istiqamətinə doğru yönəlir. Hidrogen ionları isə məhlulda qalır. Ona görə də ammonium-xloridin suda məhlulu turşu xassəsinə malikdir.

$\text{NH}_4\text{Cl}$ -in hidroliz zamanı məhlulda turş reaksiya əmələ gəlməsini aydınlaşdırmaq üçün reaksiyanı ion tənliyi şəklində yazmaq əlverişlidir:



və ya ion şəklində:

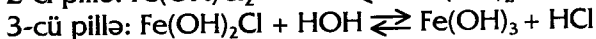
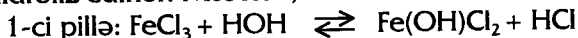


Nəticə etibarilə göstərmək lazımdır ki, qüvvətli turşularla zəif əsaslardan əmələ gəlmiş duzlar hidroliz edir və alınan məhlullar turşu xassəli olurlar.

Həqiqətən təcrübə göstərir ki,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -in 1M məhlulunun pH-ı 4,6-ya bərabərdir. Hidrolizin göstərilən halına IV-VI qrup kationlarını təyin edən zaman rast gələcəyik.

Yuxarıda göstərdiyimiz qrup kationlarının hidrosidləri zəif əsaslardır. Ona görə də həmin kationların əmələ gətirdikləri duzların suda məhlulları turş reaksiyaya malik olurlar. O zaman duzun kationu ilə əmələ gələn əsas nə qədər zəif olsa, bir o qədər məhlulun pH-ı az olar.

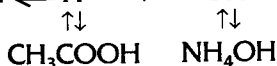
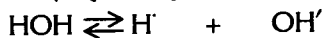
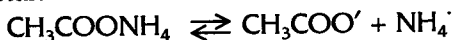
Zəif əsasların çoxvalentli kationları ilə qüvvətli turşuların anionlarından əmələ gələn duzlar ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{BiCl}_3$ ,  $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$  və s. kimi) pilləli hidroliz edirlər. Məsələn;



Çox zaman hidroliz axıra qədər getmir. Ona görə də hidroliz məhsulunun tərkibi müəyyən bir birləşməyə uyğun gəlmir. Məsələn,  $\text{Fe}^{3+}$  və  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^{2+}$  ionları rəngsizdir. Üçvalentli dəmir duzlarının məhlulları isə sarı və hətta qəhvəyi rəngə boyanmış olur. Bu, hidroliz prosesi ilə izah olunur ki, nəticədə rəngli hidroksi-ionlar əmələ gəlir:



Zəif əsasin kationu və zəif turşunun anionundan əmələ gələn duzların hidrolizi. Zəif əsaslarla zəif turşuların duzlarının (məsələn,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) hidrolizini aşağıdakı tarazlıq sistemi şəklində göstərmək olar:



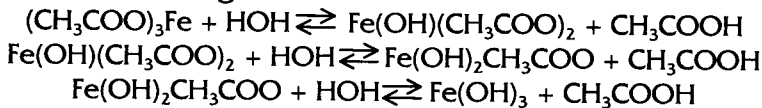
Hidrolizin bu növündə 1-ci və 2-ci hallardan fərqli olaraq, suyun dissosiasiyasından alınan həm H', həm də OH' ionlarının hər ikisi ammonium-asetatın dissosiasiyasından alınan ionlarla birləşir. Nəticə etibarilə zəif dissosiasiya edən asetat turşusu və ammonium-hidroksid alınır.

Hidrolizin bu növü kationa və aniona görə hidroliz adlanır.

Bu tip duzlar hidroliz edərkən alınan məhlulun reaksiyası əmələ gələn turşu və əsasın nisbi qüvvəsindən asılıdır. Əsasın dissosiasiya sabiti turşunun dissosiasiya sabitinə bərabər olarsa, o zaman duzun məhluldakı reaksiyası neytral olacaqdır. Çünki hidroliz nəticəsində alınan H' və OH' ionlarının qatılığı sabit qalacaqdır. Turşunun dissosiasiya sabiti əsasın dissosiasiya sabitindən çox olarsa, o zaman duzun məhluldakı reaksiyası turşu, əsasın dissosiasiya sabiti turşunun dissosiasiya sabitindən çox olarsa, o zaman duzun məhluldakı reaksiyası əsasi xassəli olacaqdır.

Məsələn, yuxarıda göstərdiyimiz ammonium-asetat məhlulunun reaksiyası demək olar ki, neytraldır. Çünki, nəticədə alınan NH<sub>4</sub>OH və CH<sub>3</sub>COOH birləşmələrinin hər ikisinin dissosiasiya sabiti əsasən eynidir. Hidroliz nəticəsində alınan ammonium-hidroksidin dissosiasiya sabiti  $1,79 \cdot 10^{-5}$ , asetat turşusunun dissosiasiya sabiti  $1,86 \cdot 10^{-5}$ -dir.

Çox zəif əsaslardan və zəif turşulardan əmələ gələn duzların hidrolizi zamanı turşu xassəli məhlullar alınır. Məsələn, dəmir və alüminium duzlarına natrium-asetatla təsir etdikdə hidrolizə uğrayan asetatlar əmələ gəlir ki, onlar da əsasi duzlara və sərbəst asetat turşusuna çevrilirlər və nəticədə zəif turş reaksiyaya malik olan məhlul əmələ gəlir. Məsələn:



Beləliklə, zəif əsaslarla zəif turşulardan əmələ gəlmiş duzları suda həll etdikdə hidroliz edir; məhlulun reaksiyası alınan maddələrin dissosiasiya sabitindən asılı olaraq ya neytral, ya zəif turş, ya da zəif əsas xassəli ola bilər.

Qüvvətli əsaslarla qüvvətli turşuların duzları hidroliz etmirlər. Belə duzlara natrium-xloridi misal göstərmək olar. Natrium-xloridi suda həll edərkən suyun hidrogen və hidroksil ionları ilə



onun əmələ gətirə biləcəyi natrium-hidroksid və xlorid turşusu qüvvətli elektrolit olduqlarından duru məhlullarda axıra qədər dissosiasiya edirlər. Ona görə də  $H^+$  və  $OH^-$  ionları bir-birilə birləşir, nəticədə məhlul neytral olur.

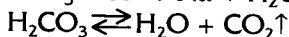
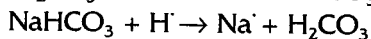
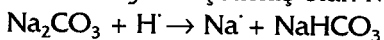
Vəfi analiz praktikasında hidroliz reaksiyalarından analiz gedişində istifadə edirlər. Lakin bəzən hidroliz analizin aparılmasına maneçilik törədir. Ona görə də hidrolizi qüvvətləndirmək və ya aradan qaldırmağın üsullarını bilmək lazım gəlir.

Zəif əsaslarla qüvvətli turşulardan əmələ gəlmiş duzların hidrolizini qüvvətləndirmək üçün məhlula əsas əlavə etmək lazımdır. Burada məqsəd reaksiya nəticəsində ayrılan hidrogen ionlarını neytrallaşdırmaqdır. Belə olduqda dinamik tarazlıq soldan sağa doğru yönəlir və bununla da hidroliz qüvvətlənir.

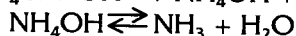
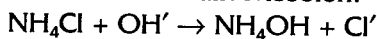
Zəif əsaslarla qüvvətli turşulardan əmələ gəlmiş duzların hidrolizini aradan qaldırmaq üçün məhlula turşu əlavə etmək lazımdır. Çünki məhlulda kifayət qədər hidrogen ionları olduqda ( $NH_4Cl$ -in hidrolizi reaksiyası sxeminə bax) su molekulunun yenicən dissosiasiya etməsinə ehtiyac qalmır, əksinə dinamik tarazlıq sağdan sola doğru yönəlir.

Qüvvətli əsaslarla zəif turşulardan əmələ gəlmiş duzların hidrolizini qüvvətləndirmək üçün məhlula turşu əlavə etmək lazımdır. Bunun səbəbini aydınlaşdırmaq üçün kalium-sianidin yuxarıda yazdığımız hidroliz reaksiyası tənliyinə baxaq. Reaksiyanın soldan sağa getməsinə hidrosil ionu maneçilik törədir. Hidrosil ionu isə həm sianid turşusunu neytrallaşdırır, həm də dinamik tarazlığı sağdan-sola doğru yönəldir. Ona görə də yuxarıda göstərilən reaksiya tənliyində alınan hidrosil ionlarını turşularla neytrallaşdırmaq lazımdır. Turşu əlavə etməklə kalium-hidroksid neytrallaşmış olur və dinamik tarazlıq soldan-sağa doğru yönəlir. Bununla da hidroliz prosesi qüvvətlənir. Əksinə, qüvvətli əsasla zəif turşudan əmələ gəlmiş duzun (məsələn, KCN) suda məhluluna əsaslar əlavə edildikdə hidroliz prosesi zəifləyir. Qeyd etdiyimiz kimi hidrolizi qüvvətləndirmək və ya zəiflətmək məqsədlə hidrogen və ya hidrosil ionlarını artırmaq lazımdır. Bu məqsədlə yalnız turşu və ya əsas məhlullarının əlavə edilməsi yeganə üsul deyildir. Çox zaman turşu və əsasları əvəz edən başqa elektrolitlərdən də istifadə edilir. Məsələn,  $H^+$  ionlarını neytrallaşdırmaq üçün məhlula qüvvətli əsasla zəif turşudan əmələ gəlmiş hər hansı bir duzu (məsələn,  $Na_2CO_3$ ,  $CH_3COONa$  və s.) əlavə

etmək lazımdır. O zaman həmin duzun hidrolizi nəticəsində alınan OH' ionları H' ionlarını neytrallaşdırmış olar. Məsələn:



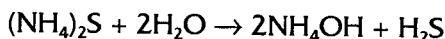
Hidroliz reaksiyası nəticəsində OH' ionlarını neytrallaşdırmaq üçün məhlula qüvvətli turşu ilə zəif əsasdan əmələ gəlmiş hər hansı bir duzu əlavə etmək lazımdır. Məsələn:



Yuxarıda göstərdiklərimizdən əlavə bir də qızdırmaqla hidrolizin gedişini dəyişdirmək olar.

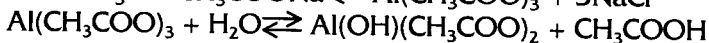
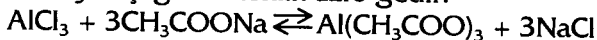
Analitik kimya praktikasında çox rast gəlinən hidroliz prosesi-nə aid bir neçə misal göstərək.

Məlumdur ki, alüminium və xromun həll olan duzlarına ammonium-sulfidlə təsir etdikdə Al(OH)<sub>3</sub> və Cr(OH)<sub>3</sub> tərkibli çöküntülər əmələ gəlir. Halbuki ilk baxışda Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> və Cr<sub>2</sub>S<sub>3</sub> tərkibli birləşmə alınmasını gözləmək olardı. Buna səbəb ammonium-sulfidin suda hidroliz etməsi və nəticədə sərbəst OH' və S'' ionlarının alınmasıdır:



Beləliklə, alüminium və xrom ionları hidroksil və sulfid ionları ilə reaksiyaya girdikləri zaman birinci növbədə hidroksidlər əmələ gətirməlidirlər. Çünki, Al(OH)<sub>3</sub> ilə Cr(OH)<sub>3</sub>-ün həllolma hasiləri alüminium-sulfid və xrom-sulfidin həllolma hasilindən çox azdır. Ona görə də ammonium-sulfid məhlulu ilə təsir etdikdə, Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> və Cr<sub>2</sub>S<sub>3</sub> yox, Al(OH)<sub>3</sub> və Cr(OH)<sub>3</sub> çöküntüsü alınır.

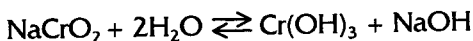
Hidrogen-sulfid təsnifatında Al<sup>III</sup> və Fe<sup>III</sup> kationlarını III qrupun ikivalentli kationlarından və II qrup kationlarından ayırmaq üçün alüminium və üçvalentli dəmiri əsasi asetat birləşməsi şəklində çökdürmək lazım gəlir. Bunun üçün natrium-asetat reaktivindən istifadə edilir. O zaman əvvəlcə Al<sup>III</sup> və Fe<sup>III</sup> ionları asetat ionu ilə birləşərək Al(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub> və Fe(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub> tərkibli normal duz əmələ gətirir. Lakin əmələ gələn duzların hər ikisi zəif əsasla zəif turşunun duzu olduğu üçün suda asanlıqla hidroliz edir. Qayna-dılıqda reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



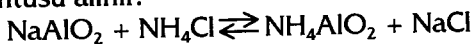


Fe<sup>3+</sup> ionu ilə natrium-asetat məhlulu arasında gedən reaksiya tənliyi də alüminiumda olduğu kimidir.

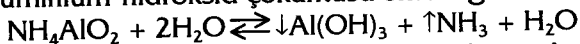
Yeri gəlmişkən qeyd etmək lazımdır ki, Al(OH)<sub>3</sub> və Cr(OH)<sub>3</sub> amfoter birləşmələrdir. Belə ki, onlar qələvilərlə reaksiyaya daxil olduqda özlərini zəif turşu kimi aparırlar və nəticədə alüminatlar (məsələn, NaAlO<sub>2</sub>) və xromitlər (məsələn, NaCrO<sub>2</sub>) adlanan duzlar əmələ gətirirlər. İstər alüminatlar, istərsə də xromitlər əhəmiyyətli dərəcədə hidroliz edirlər. Xromitlərə su ilə təsir etdikdə və ya qızdırdıqda, hidroliz edərək Cr(OH)<sub>3</sub> tərkibli çöküntü əmələ gətirir.



Alüminatlar xromitlərə nisbətən çox çətin hidroliz edirlər. Belə ki, alüminatları nə durulaşdırdıqda, nə də qızdırdıqda Al(OH)<sub>3</sub> çöküntüsünə çevrilmirlər. Lakin alüminat məhlulu üzəri-nə ammonium duzu (məsələn, NH<sub>4</sub>Cl) məhlulu tökdükdə Al(OH)<sub>3</sub> çöküntüsü alınır:



Alınan ammonium-alüminat zəif əsas kationu ilə zəif turşu anionundan əmələ gəldiyi üçün qızdırıldıqda axıra qədər hidroliz edir və alüminium-hidroksid çöküntüsü əmələ gəlir:



Nəticə etibarilə göstərmək olar ki, hidroliz məhsullarından birini məhlula daxil etməklə, reaksiya tarazlığını sağdan-sola doğru yönəltmək olar və bununla da duzun hidroliz dərəcəsini zəiflətmək mümkündür. Digər tərəfdən, məhlulda hidroliz məhsullarından biri azaltmaqla reaksiya tarazlığını soldan-sağa doğru yönəltmək olar və bununla da duzun hidrolizi qüvvətlənər.

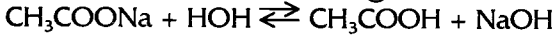
### 5.1.2. Hidroliz dərəcəsi və hidroliz sabiti

Yuxarıda göstərdiklərimizdən aydın olur ki, hidrolizi qüvvətləndirmək və ya zəiflətmək mümkündür. Bununla əlaqədar olaraq hidroliz, miqdarca hidroliz dərəcəsi və hidroliz sabiti kəmiyyətlərilə xarakterizə olunur.

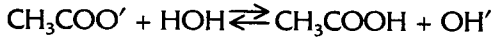
Hidroliz dərəcəsi hidrolizə uğramış duz molekullarının sayının (a) götürülmüş duz molekullarının ümumi sayına (δ) olan nisbətinə deyilir və adətən faizlə ifadə olunur.

$$h = \frac{a}{\delta} \cdot 100$$

Münasib zəif turşu və ya zəif əsasın dissosiasiya sabiti tənliyi və suyun ion hasili vasitəsilə hidroliz dərəcəsini hesablamaq olar. Məsəl üçün, natrium-asetatın hidrolizini götürək:



və ya



Əvvəlcə həmin reaksiyanın tarazlıq sabiti tənliyini yazaq:

$$\frac{[\text{OH}'] [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}'] [\text{H}_2\text{O}]} = K$$

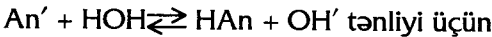
Həlləddici su olduğda durulaşdırılmış məhlullarda kifayət qədər su molekulları olduğundan, onun qatılığı praktiki olaraq dəyişmir. Ona görə də  $[\text{H}_2\text{O}]$  kəmiyyətini sabit qəbul edib tənliyin sağ tərəfinə keçirək.

$$\frac{[\text{OH}'] [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}']} = K \cdot [\text{H}_2\text{O}]$$

İki sabit kəmiyyətin vurma hasilini  $K_{\text{hidr}}$  ilə göstərək.

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] [\text{OH}']}{[\text{CH}_3\text{COO}']} \quad (1)$$

Ümumi şəkildə:



$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}']}{[\text{An}']}$$

Hidroliz məhsullarının qatılıqları hasilinin hidroliz etməmiş duz ionları qatılığına olan nisbəti sabit kəmiyyət olub, hidroliz sabiti ( $K_{\text{hidr}}$ ) adlanır.

$K_{\text{hidr}}$  kəmiyyətini suyun ion hasili kəmiyyəti  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  ilə hidroliz nəticəsində alınan zəif turşunun dissosiasiya sabiti  $K_{\text{tur}}$  kəmiyyətlərindən asanlıqla tapmaq olar. Belə ki,

$$[\text{H}'] [\text{OH}'] = K_{\text{H}_2\text{O}}$$

Buradan

$$[\text{OH}'] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}']}$$

alınır.  $[\text{OH}']$ -in qiymətini (1) tənlikdə yerinə qoyduqda,

$$\frac{K_{H_2O} \cdot [CH_3COOH]}{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]} = K_{hidr}$$

və ya

$$\frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH}} = K_{hidr}$$

Bu tip duzlar üçün ümumi olaraq,

$$\frac{K_{H_2O}}{K_{tur}} = K_{hidr}$$

alınır.

Burada  $K_{tur}$  hidroliz nəticəsində əmələ gələn zəif turşunun dissosiasiya sabitini göstərir.

Qüvvətli əsaslarla zəif turşulardan əmələ gələn duzların hidroliz sabiti, suyun ion hasilinin duzun hidroliz prosesində alınan zəif turşunun dissosiasiya sabitinə olan nisbətində bərabərdir.

Hidroliz sabiti tənliyi hidroliz dərəcəsini hesablamağa imkan verir.

Hidroliz dərəcəsini hesablamaq üçün, məhlulda duzun qatılığını  $C$  mol/l qəbul etdikdə hidroliz dərəcəsi  $h$ -a bərabər olar. O zaman duzun hidrolizə uğrayan hissəsinin qatılığı  $Ch$  olar.

Duzun hidrolizə uğramamış hissəsi  $C - Ch$ , yaxud  $C(1 - h)$  olar. Qəbul edilmiş işarələri hidroliz sabiti tənliyində yerinə qoyduqda:

$$K_{hidr} = \frac{Ch \cdot Ch}{C - Ch} = \frac{K_{H_2O}}{K_{CH_3COOH}}$$

$$\frac{C^2 h^2}{C(1 - h)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{tur}}; \quad \frac{Ch^2}{1 - h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{tur}}$$

alınır.

Bir qayda olaraq  $h$  kəmiyyəti vahidə nisbətən kiçik olduğu üçün onu nəzərə almamaq olar. O zaman:

$$Ch^2 \approx \frac{K_{H_2O}}{K_{tur}}$$

alınar, yaxud:

$$h^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{tur} \cdot C_{duz}}; \quad h = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{tur} \cdot C_{duz}}}$$

Sonuncu tənlik, hidroliz dərəcəsinə hesablamaq üçün mühüm düsturdur. Həqiqətən də ədədi qiymətləri alınan tənlikdə yerinə qoysaq, hidroliz dərəcəsi kəmiyyəti alınır. Belə ki, 0,1 M  $CH_3COONa$  məhlulunun hidroliz dərəcəsi bərabərdir:

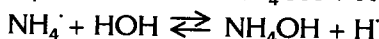
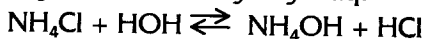
$$h = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,85 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{0,55 \cdot 10^{-8}} = 0,74 \cdot 10^{-4}$$

yaxud, 0,0074%.

Sonuncu düsturdan aydın olur ki, qüvvətli əsas kationu ilə zəif turşu anionundan əmələ gələn duzların hidroliz dərəcəsi, suyun ion hasilinin turşunun dissosiasiya sabiti ilə məhlulda olan duzun qatılığı hasilinə olan nisbətinin kvadrat kökünə bərabərdir.

Zəif əsas kationundan və qüvvətli turşu anionundan  $NH_4Cl$  alınan duzun hidroliz dərəcəsinə və hidroliz sabitini hesablayaq:

Hidroliz reaksiyasının ion tənliyini yazaq:



Alınan ion tənliyinə kütlələrin təsiri qanununu tətbiq edək:

$$K = \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+]}{[NH_4^+] [H_2O]}$$

Suyun qatılığını tənliyin sol tərəfinə gətirib, iki sabit kəmiyyətin vurma hasilini bir kəmiyyətlə göstərsək, hidroliz sabiti tənliyini almaq olar:

$$K_{hidr} = \frac{[NH_4OH] \cdot [H^+]}{[NH_4^+]}$$

Yaxud ümumi şəkildə:

$$K_{hidr} = \frac{[KtOH] \cdot [H^+]}{[Kt^+]}$$

Suyun ion hasilindən tapırıq ki:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^+]}$$

[H<sup>+</sup>] qiymətini hidroliz sabiti tənliyində yerinə qoyarıq.

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}$$

alırıq.

$$\frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}} \text{ olduğunu bildiyimiz üçün yazmaq}$$

olar:

$$K_{\text{hidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}}}$$

NH<sub>4</sub>Cl üçün hidroliz sabiti bərabərdir.

$$K_{\text{hidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,79 \cdot 10^{-5}} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

Beləliklə, zəif əsasla qüvvətli turşudan əmələ gəlmiş duzların hidroliz sabiti suyun ion hasilinin duzun hidrolizi nəticəsində alınan zəif əsasın dissosiasiya sabiti kəmiyyətinə olan nisbətində bərabərdir.

NH<sub>4</sub>Cl-in hidroliz dərəcəsini hesablamaq üçün duzun məhluldakı qatılığını C mol/l və onun hidroliz dərəcəsini də h ilə göstərək. O zaman duzun hidroliz etmiş hissəsinin qatılığına bərabər olan hidroliz məhsulunun qatılığı Sh-a bərabər olar. Duzun hidroliz etməmiş hissəsinin qatılığı C-Ch-a bərabər olar. Qəbul edilmiş işarələri hidroliz sabiti tənliyində yerinə qoyduqda:

$$K_{\text{hidr}} = \frac{\text{Ch} \cdot \text{Ch}}{\text{C} - \text{Ch}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}}$$

yaxud:

$$\frac{\text{C}^2 h^2}{\text{C}(1-h)} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}}$$

alınar.

Məxrəcdə h-in qiymətini nəzərə almasaq:

$$\text{Ch}^2 = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}}$$

alınar.

Buradan:

$$h^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{duz}}$$

$$h = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{duz}}}$$

Ədədi qiymətlər hidroliz dərəcəsi tənliyində yerinə qoysaq, 0,1M  $NH_4Cl$  məhlulunda

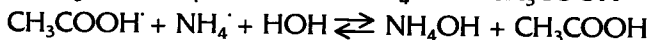
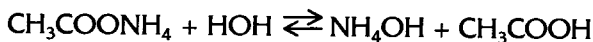
$$h = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,79 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{0,56 \cdot 10^{-8}} = 0,75 \cdot 10^{-4} = 0,0075\%$$

alınar.

Yuxarıdakı hidroliz dərəcəsi formulundan aydın olur ki, zəif əsas kationu ilə qüvvətli turşu anionundan əmələ gəlmiş duzların hidroliz dərəcəsi, suyun ion hasilinin əsasın dissosiasiya sabiti ilə duzun qatılığı hasilinə olan nisbətinin kvadrat kökünə bərabərdir.

Zəif əsas kationu ilə zəif turşunun anionundan əmələ gələn  $CH_3COONH_4$  duzun hidroliz dərəcəsinə və hidroliz sabitini hesablayaq:

Ammonium-asetatın hidroliz reaksiyasının ion tənliyini yazaq:



Tarazlıq sabiti tənliyini hidroliz sabiti tənliyi əsasında yazaq:

$$\frac{[NH_4OH][CH_3COOH]}{[NH_4^+][CH_3COO^-][H_2O]} = K$$

K - kimyəvi tarazlıq sabitidir.

$$\frac{[NH_4OH][CH_3COOH]}{[NH_4^+][CH_3COO^-]} = K \cdot [H_2O] = K_{hidr}$$

Ümumi şəkildə

$$K_{hidr} = \frac{[KtOH][HAn]}{[Kt^+][An^-]}$$

Dissosiasiya sabiti tənliyindən  $NH_4OH$  və  $CH_3COOH$ -ın hidroliz qatılığı tapılır:



$$K_{\text{diss. NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

Buradan:

$$[\text{NH}_4\text{OH}] = \frac{[\text{NH}_4^+] [\text{OH}^-]}{K_{\text{diss. NH}_4\text{OH}}}$$

alınır.

Bunun kimi də:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{K_{\text{diss. CH}_3\text{COOH}}}$$

alınır.

$[\text{NH}_4\text{OH}]$  və  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  üçün tapılmış ifadələri hidroliz sabiti tənliyində yerinə qoyduqda:

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}$$

alınır.

Buradan

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}$$

Sonuncu tənliyə əsasən demək olar ki, zəif əsas kationu və zəif turşu anionundan əmələ gələn duzun hidroliz sabiti, suyun ion hasilinin duzun hidrolizindən alınan turşu və əsasın dissosiasiya sabitlərinin hasilinə olan nisbətində bərabərdir.

Formulda ədədi qiymətləri yerinə qoyduqda, hidroliz sabiti kəmiyyətini tapmaq olar:

$$\begin{aligned} K_{\text{hidr CH}_3\text{COONH}_4} &= \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot K_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,79 \cdot 10^{-5} \cdot 1,85 \cdot 10^{-5}} = \\ &= \frac{10 \cdot 10^{-15}}{3,31 \cdot 10^{-10}} = 3,02 \cdot 10^{-5}. \end{aligned}$$

Hidroliz dərəcəsi kəmiyyətini hesablamaq üçün fərz edək ki, duzun məhluldakı ümumi qatılığı  $C$  mol/l-ə, hidroliz dərəcəsi  $h$ -ə bərabərdir. O zaman hidroliz etmiş hissənin qatılığına bərabər olan hidroliz məhsulu qatılığı  $Ch$ -ə, duzun hidroliz etməmiş hissəsinin qatılığı  $C-Ch$ -ə və ya  $C(1-h)$ -ə bərabər olar:

$$K_{\text{hidr}} = \frac{Ch \cdot Ch}{C(1-h)(1-h)C} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}$$

yaxud:

$$\frac{h^2}{(1-h)^2} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}$$

Buradan:

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}}$$

Zəif əsas kationu ilə zəif turşu anionundan əmələ gələn duzlar yaxşı hidroliz etdiyi üçün, məxrəcdə  $h$  kəmiyyətini nəzərdən qaçırmaq olmaz. Sonuncu tənlikdən aydın olur ki, bu duzların hidroliz dərəcəsi, qatılıqdan asılı deyildir. Həmin tənlikdə sabitləri yerinə qoyub duzun hidroliz dərəcəsinə tapmaq olar:

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -ün hidroliz dərəcəsi

$$\begin{aligned} \frac{h}{1-h} &= \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{əsas}} \cdot K_{\text{tur}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,79 \cdot 10^{-5} \cdot 1,85 \cdot 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{3,31 \cdot 10^{-10}}} = \\ &= \sqrt{3,02 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{30,2 \cdot 10^{-6}} = 5,49 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

bərabərdir.

Buradan:

$$h = 5,49 \cdot 10^{-3}(1-h) = 5,49 \cdot 10^{-3} = 5,49 \cdot 10^{-3}h;$$

$$h + 5,49 \cdot 10^{-3} - h = 5,49 \cdot 10^{-3}$$

$$h = \frac{0,00549}{1,00549} = 0,00546$$

Yaxud

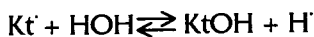
$$0,00546 \cdot 100 = 0,546\%$$

### 5.1.3. Hidrolizə uğrayan duzların məhlullarının [H] və pH-ın hesablanması

Hidrolizə uğrayan duzların məhlulunun [H] və pH-nı hidroliz sabiti tənliyinə əsasən hesablamaq olar.

1. Zəif əsas kationu ilə qüvvətli turşu anionundan əmələ gələn duzların məhlullarının [H] və pH-ın hesablanması. Bu tip

duzların hidrolizi kationa görə gedir ki, onu da aşağıdakı sxemlə göstərmək olar:



Reaksiyanın ion tənliyindən görünür ki:

$$[KtOH] = [H^+]$$

Məlumdur ki, göstərilən tip duzların hidroliz dərəcəsi nisbətən az olur ( $h \leq 0,01$ ), ona görə də onu nəzərə almasaq, hidrolizə uğramayan kationların qatılığı duzun molyar qatılığına bərabər olar, daha doğrusu:

$$[Kt^+] = C_{\text{duz}}$$

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[KtOH] \cdot [H^+]}{[Kt^+]} = \frac{[H^+]^2}{C_{\text{duz}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{K_{\text{hidr}} \cdot C_{\text{duz}}}$$

$$K_{\text{hidr}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH}}$$

olduğu üçün

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot C_{\text{duz}}}{K_{KtOH}}}$$

Sonuncu tənliyi loqarifmalayıb, hər iki tərəfini mənfi birə vursaq,

$$\lg[H^+] = \frac{1}{2}(\lg K_{H_2O} + \lg C_{\text{duz}} - \lg K_{KtOH});$$

$$-\lg[H^+] = \frac{1}{2}(-\lg K_{H_2O} - \lg C_{\text{duz}} + \lg K_{KtOH});$$

pH =  $-\lg[H^+]$  olduğundan

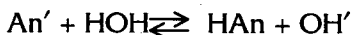
$$pH = \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} - \lg C_{\text{duz}} + \lg K_{KtOH}),$$

yaxud

$$pH = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{əsas}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{duz}}$$

2. Qüvvətli əsas kationu ilə zəif turşu anionundan əmələ gələn duzların məhlullarının  $[H^+]$  və pH-nın hesablanması. Bu tip

duzların hidrolizi aniona görə gedir ki, onu da aşağıdakı sxemlə göstərmək olar:



Reaksiyanın ion tənliyindən görünür ki:

$$[\text{HAn}] = [\text{OH}']$$

Buradan:

$$[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}'] = [\text{OH}']^2$$

$$[\text{An}'] = C_{\text{duz}}$$

O zaman:

$$K_{\text{hidr}} = \frac{[\text{HAn}][\text{OH}']}{[\text{An}']} = \frac{[\text{OH}']^2}{C_{\text{duz}}}$$

Buradan:

$$[\text{OH}'] = \sqrt{K_{\text{hidr}} \cdot C_{\text{duz}}}$$

$$K_{\text{hidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HAn}}} \text{ olduğu üçün}$$

$$[\text{OH}'] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{duz}}}{K_{\text{HAn}}}}$$

Sonuncu tənliyi loqarifmalayıb, hər iki tərəfini mənfi birə vur-  
saq,

$$\lg[\text{OH}'] = \frac{1}{2}(\lg K_{\text{H}_2\text{O}} + \lg C_{\text{duz}} - \lg K_{\text{HAn}});$$

$$-\lg[\text{OH}'] = \frac{1}{2}(-\lg K_{\text{H}_2\text{O}} - \lg C_{\text{duz}} + \lg K_{\text{HAn}});$$

$$\text{pOH} = \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} + \lg K_{\text{tur}} - \lg C_{\text{duz}})$$

$$\text{pOH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{tur}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{duz}}$$

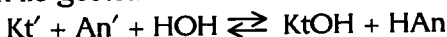
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{tur}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{duz}}$$

Göstərilən tip duzların məhlullarında  $[\text{H}']$  bilavasitə aşağıdakı  
formulla hesablanır:

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{HAn}}{C_{duz}}}$$

3. Zəif əsas kationu ilə zəif turşu anionundan əmələ gələn duzların məhlullarının  $[H^+]$  və pH-nın hesablanması. Bu tip duzların hidrolizi, kationa və aniona görə gedir ki, onu da aşağıdakı sxem ilə göstərmək olar:



Göstərilən tip duzların hidroliz sabiti tənliyinin çıxarılmasına yuxarıda rast gəlmişdik:

$$K_{hidr} = \frac{[KtOH][HAn]}{[Kt'] \cdot [An']} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn}}$$

Məlumdur ki:

$$[KtOH] = [HAn]; \quad [KtOH] \cdot [HAn] = [HAn]^2$$

$$[Kt'] = [An'] = C_{duz}; \quad [Kt'] \cdot [An'] = C_{duz}^2$$

Alınanları hidroliz sabiti tənliyində yerinə qoyduqda

$$K_{hidr} = \frac{[HAn]^2}{C_{duz}^2} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn}}$$

alınır.

$$[HAn] = \frac{[H^+] \cdot [An']}{K_{HAn}} = \frac{[H^+] \cdot C_{duz}}{K_{HAn}}$$

olduğu üçün

$$\frac{[H^+]^2 \cdot C_{duz}^2}{C_{duz}^2 \cdot K_{HAn}^2} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn}}$$

Buradan

$$[H^+]^2 = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{duz}^2 \cdot K_{HAn}^2}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn} \cdot C_{duz}^2}$$

yaxud:

$$[H^+]^2 = \frac{K_{H_2O} \cdot K_{HAn}}{K_{KtOH}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{HAn}}{K_{KtOH}}}$$

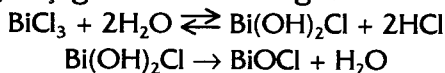
Aldığımız ifadəni loqarifmalayıb, hər iki tərəfini mənfə birə vuraq.

$$\begin{aligned} \lg[H^+] &= \frac{1}{2}(\lg K_{H_2O} + \lg K_{HAN} - \lg K_{KtOH}) \\ -\lg[H^+] &= \frac{1}{2}(-\lg K_{H_2O} - \lg K_{HAN} + \lg K_{KtOH}) \\ pH &= \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} - \lg K_{HAN} + \lg K_{KtOH}) \\ pH &= 7 - \frac{1}{2} \lg K_{tur} + \frac{1}{2} \lg K_{\text{əsas}} \end{aligned}$$

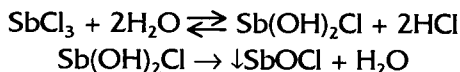
#### 5.1.4. Vəsfı analizdə hidrolizin əhəmiyyəti

Hidroliz vəsfı analizdə həm nəzəri, həm də praktiki cəhətdən böyük əhəmiyyətə malikdir. Məsələn, məlumdur ki, alüminium, xrom və titan sulfidləri asanlıqla hidroliz edir və reaksiya praktiki olaraq axıra qədər gedir. Ona görə də alüminium, xrom və titan duzları məhluluna  $NH_4OH$  və  $NH_4Cl$ -un iştirakı ilə ammonium-sulfidlə təsir etdikdə  $Al_2S_3$ ,  $Cr_2S_3$  və  $TiS_2$  əvəzinə onların hidrosidləri, daha doğrusu  $Al(OH)_3$ ,  $Cr(OH)_3$  və  $Ti(OH)_4$  alınır ki, həmin prosesi də hidrolizi bilmədən başa düşmək olmaz.

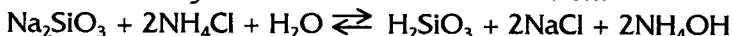
Bir çox kation və anionların təyin etmək üçün hidroliz reaksiyalarından istifadə edirlər. Məsələn, berilium, bismut və stibiumun xloridləri asanlıqla hidroliz edir və nəticədə həllolmayan  $Be_2OCl$ ,  $BiOCl$  və  $SbOCl$  birləşmələri alınır. Həmin çöküntülərin alınması ilə analiz edilən məhlulda adları çəkilən kationları təyin edirlər. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bunun kimi də:



Hidroliz reaksiyası ilə bəzi kationları habelə silikat, asetat və s. kimi anionları təyin etmək mümkündür. Məsələn:



İonları bir-birindən ayırmaq üçün də hidroliz reaksiyasından istifadə edirlər. Məsələn, xrom ionlarını alüminium ionlarından ayırmaq üçün, analiz edilən məhlulun üzərinə artıq miqdarda NaOH əlavə edilir və qızdırılır. O zaman natrium-alüminat  $\text{NaAlO}_2$  və natrium-xromit  $\text{NaCrO}_2$  alınır. Məhlulu qaynatdıqda natrium-xromit hidroliz edir və nəticədə  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ -dən ibarət çöküntü alınır ki, onu da süzmək yolu ilə alüminium ionlarından ayırırlar.

Analiz edilən məhlulun turşuluğunu və əsaslığını tənzim etmək üçün hidroliz reaksiyasından istifadə edirlər. Məsələn, analiz edilən məhlulun turşuluğunu azaltmaq üçün oraya natrium-asetat və ya natrium-karbonat əlavə edirlər. Həmin duzlar suda həll olaraq hidroliz edir və nəticədə sərbəst hidrosil ionları əmələ gəlir ki, bununla da məhlulun turşuluğu azalır. Turşuluğu artırmaq və ya pH-ı azaltmaq üçün məhlula ammonium-xlorid əlavə edirlər. O zaman ammonium-xlorid hidroliz edir və nəticədə sərbəst hidrogen ionları əmələ gətirir ki, o da pH kəmiyyətini azaldır.

Bir çox analitik reaksiyaları icra edərkən duzların hidroliz məhsulundan reaktiv kimi istifadə edilir. Ona görə də analitiklər duzların hidroliz reaksiyasının tənzim edilməsi qaydasını bilməlidir.

Duzların hidroliz dərəcəsini kütlələrin təsiri qanunu, temperatur və məhlulun qatılığı ilə tənzim edirlər. Məsələn, kationların hidrogen-sulfid üsulu ilə analizində ikinci qrup kationlarını  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , üçüncü qrup kationlarını isə  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ilə çökdürürlər. Həmin reaktivlərin hər ikisi məhlulda hidrolizə uğrayır.

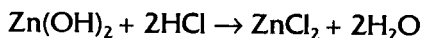
Ammonium-karbonat məhlulu hidroliz edərək pH-ı 9,2-yə bərabər olan ammoniumlu bufer qarışığı əmələ gətirir.  $\text{pH}=9,2$  mühitdə barium, stronsium və kalsium ionları karbonat şəklində tamamilə çökür, maqnezium ionları isə məhlulda qalır, həll olması bir qədər az olan  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$ , habelə  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  çöküntülərinin əmələ gəlməsi üçün pH 9,3-11,3 intervalında olmalıdır. Beləliklə, məhlulun pH-nı 9,2-də saxlamaq üçün oraya  $\text{NH}_4\text{OH}$  və  $\text{NH}_4\text{Cl}$  əlavə edilir ki, bunun da nəticəsində böyük bufer tutumu yaranır.

## 5.2. KÜTLƏLƏRİN TƏSİRİ QANUNU VƏ AMFOTERLİK

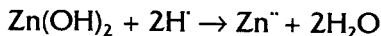
Qeyri-üzvi kimya kursundan məlumdur ki, tipik metalların hidrokksidləri əsaslar, qeyri-metalların və yüksək oksidləşmə dərəcəsinə bəzi tipik olmayan metalların (məsələn, xrom, manqan, molibden və s.) hidrokksidləri isə turşular sinfinə mənsubdur. Lakin həm turşu, həm də əsasi xassələrini özündə əks etdirən hidrokksidlərə də təsadüf edilir. Bunlara amfoter hidrokksidlər deyilir. Mühitdən asılı olaraq, hidrokksidlərin və ya başqa elektrolitlərin həm turşu, həm də əsasi xassə göstərmək qabiliyyətinə amfoterlik deyilir.

Amfoter hidrokksidlərə  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  və s. misal ola bilər. Həmin hidrokksidlər praktiki olaraq suda həll olmayan çöküntüdür. Onları müvafiq duz məhlulları üzərinə ekvivalent miqdarda qələvi əlavə etmək yolu ilə alırlar.

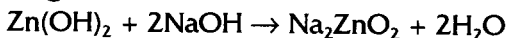
Amfoter hidrokksid kimi sink-hidroksidi götürək. Bu hidrokksid əsaslar kimi turşuların təsiri ilə həll olur, nəticədə uyğun duz və su əmələ gəlir. Məsələn:



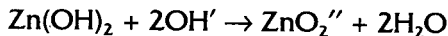
və ya



Lakin sink-hidroksid qələvilərdə də asanlıqla həll olaraq sinkatlar əmələ gətirir. Məsələn:

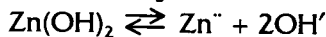


və ya

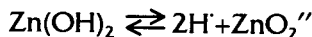


Buradan aydın olur ki, sink-hidroksil turşu xassəsinə malikdir.

Beləliklə,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  amfoter hidrokksidlərə tipik misal olaraq turşu və əsasların xassələrini özündə birləşdirir. Ona görə də dissosiasiya etdikdə eyni zamanda həm hidrogen, həm də hidrokksil ionları verməlidir. Məsələn,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  molekulunun bir hissəsi əsasən aşağıdakı kimi dissosiasiya edir:

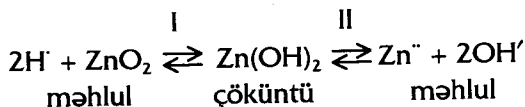


Başqa bir hissəsi isə





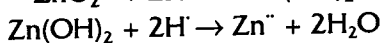
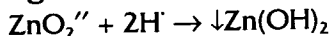
tənliyi ilə dissosiasiya edir. Birinci tənliyi ikinci tənliklə müqayisə etdikdə deyə bilərik ki, çöküntü və məhluldan ibarət olan sistemdə bir-biri ilə bağlı olan aşağıdakı tarazlıq zənciri mövcuddur:



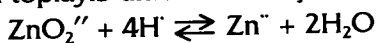
Bu sistemə qələvi ilə  $\text{OH}^-$  ionları daxil etdikdə  $\text{Zn(OH)}_2$ -in əmələ gətirdiyi  $\text{H}^+$  ionları hidrosil ionları ilə birləşir və I tarazlıq pozulur. Bunun nəticəsində məhlul  $\text{Zn(OH)}_2$ -ə nisbətən doymamış olur və çöküntü həll olaraq  $\text{ZnO}_2^{--}$  ionlarını əmələ gətirir. Söz yox ki, hidrosil ionlarının əlavə edilməsilə eyni zamanda tarazlıq sola doğru yönəlir.

Digər tərəfdən turşuların təsirindən  $\text{OH}^-$  ionlarının birləşməsi baş verəcək ki, nəticədə II tarazlıq pozulur və çöküntü həll olaraq məhlula  $\text{Zn}^{++}$  ionlarını verəcək, daha doğrusu, sinkin uyğun duzu əmələ gəlir və yuxarıda göstərilən reaksiya sağa doğru gedər.

Beləliklə, sink-hidroksidə qələvi əlavə etdikdə məhlulda  $\text{ZnO}_2^{--}$  ionu alınır.  $\text{ZnO}_2^{--}$  anionunda olan sinki  $\text{Zn}^{++}$  kationuna çevirmək üçün hidrogen ionları ilə təsir etmək lazımdır. Belə olduqda əvvəlcə  $\text{Zn(OH)}_2$  çöküntüsü əmələ gəlməli, sonra da alınan çöküntü turşunun artığında həll olaraq  $\text{Zn}^{++}$  ionu verməlidir:



Hər iki tənliyi toplayıb ümumi tənlik şəklində göstərək:



Yuxarıda gördük ki,  $\text{Zn(OH)}_2$ -ə qələvilərin artığı ilə təsir etdikdə  $\text{ZnO}_2^{--}$  anionları əmələ gəlir. Bu o deməkdir ki, sonuncu reaksiya dönerdir və kimyəvi tarazlığa gətirib çıxarmalıdır. Buradan görünür ki, hər hansı bir şəraitdə sink duzları məhlullarında  $\text{Zn}^{++}$  kationları və  $\text{ZnO}_2^{--}$  anionları olmalıdır; bu ionların nisbəti məhlulda  $\text{H}^+$  ionların qatılığı ilə müəyyən olunur. Sonuncu tənliyə kütlələrin təsiri qanununu tətbiq etdikdə yaza bilərik:

$$\frac{[\text{Zn}^{++}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{ZnO}_2^{--}] \cdot [\text{H}^+]^4} = K_1$$

$[H_2O]^2$  və  $[H^+]$  kəmiyyətlərini tənliyin sağ tərəfinə keçirdikdə alırıq:

$$\frac{[Zn^{2+}]}{[ZnO_2^{2-}]} = \frac{K_1}{[H_2O]^2} \cdot [H^+]^4$$

$[H_2O]$  praktiki sabit kəmiyyət olduğundan

$$\frac{K_1}{[H_2O]^2} = K$$

alırıq:

$$\frac{[Zn^{2+}]}{[ZnO_2^{2-}]} = K \cdot [H^+]^4$$

Aldığımız tənlikdən görürük ki,  $[H^+]$  ionlarının qatılığını artırıqda  $Zn^{2+}$  ionlarının qatılığı sürətlə artır,  $ZnO_2^{2-}$  ionlarının qatılığı isə azalır. Məhlulə qələvi əlavə etdikdə isə tərsinə dəyişikliklər baş verəcək.

$Zn(OH)_2$  haqqında dediklərimiz digər amfoter hidroksidlərə də tam şəkildə tətbiq edilə bilər.

Yuxarıdakı nəzəriyyəyə görə hər bir amfoter hidroksid iki cür dissosiasiya etdiyindən onlar iki sabitlə  $K_{tur}$  və  $K_{\text{əsas}}$  ilə xarakterizə olunur. Belə ki, sink-hidroksidin əsas kimi dissosiasiya sabiti:

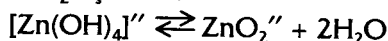
$$K_{Zn(OH)_2} = \frac{[Zn^{2+}] \cdot [OH^-]^2}{[Zn(OH)_2]} = 1,5 \cdot 10^{-9}$$

Turşu kimi dissosiasiya sabiti

$$K_{H_2ZnO_2} = \frac{[H^+]^2 \cdot [ZnO_2^{2-}]}{[H_2ZnO_2]} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

Əsas və turşu kimi dissosiasiya sabitlərinin müqayisəsində məlum olur ki,  $Zn(OH)_2$  əsasi xassələrini turşuya nisbətən daha qabarıq şəkildə biruzə verir. Sink-hidroksid 0,01M duz məhlulundan pH 6,4-8,0 olduqda çökür, pH 12-13 olduqda isə o qələvinin artığında həll olaraq  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  kompleks ionunu əmələ gətirir.

Qızdırıldıqda sinkin  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  kompleks ionu dehidratlaşır və sinkat ionuna  $ZnO_2^{2-}$  çevrilir:

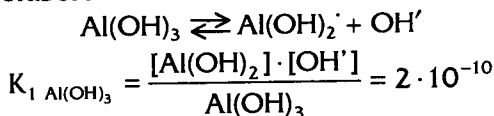


Alüminium-hidroksid  $\text{Al}(\text{OH})_3$  və xrom 3-hidroksid  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  qələvilərlə qarşılıqlı təsirdə olduqda metaalüminatlar və meta-xromitlər əmələ gətirir:

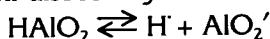


$[\text{Al}(\text{OH})_4]'$  və  $[\text{Cr}(\text{OH})_4]'$  ionlarına  $\text{AlO}_2'$  və  $\text{CrO}_2'$ -nin hidratlaşmış anionları kimi baxmaq olar.

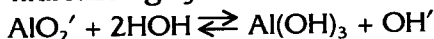
Alüminium-hidroksidin birturşulu əsas kimi dissosiasiya sabiti  $2 \cdot 10^{-10}$  bərabərdir.



Birəsaslı turşu kimi dissosiasiya sabiti  $6 \cdot 10^{-12}$  bərabərdir.



Beləliklə, alüminium-hidroksiddə də əsasi xassə turşu xassəsinə nisbətən qüvvətlidir. Alüminium-hidroksid 0,01M duz məhlullarında pH 4 olduqda çökməyə başlayır, lakin pH-in 10,8 qiymətində çöküntü həll olaraq alüminatlar  $\text{NaAlO}_2$  və  $\text{Ba}(\text{AlO}_2)_2$  əmələ gətirir. Qələvinin artığında  $\text{pH} > 11$  olduqda isə alüminatlar çox davamlı olurlar. pH-in qiyməti azaldıqda isə onlar aşağıdakı sxem üzrə hidrolizə uğrayırlar:



Xrom 3-hidroksidin dissosiasiyası da alüminium-hidroksidin dissosiasiyası kimi gedir. Alüminatlardan fərqli olaraq xromitlər qızdırılan zaman qüvvətli hidrolizə uğrayırlar ki, bundan da istifadə edib xromitləri alüminatlardan ayırırlar. Bundan əlavə xrom 3-hidroksid  $\text{Zn}''$ ,  $\text{Mn}''$ ,  $\text{Co}''$  və  $\text{Ni}''$  ionları ilə qələvilərdə həll olmayan sink, manqan, kobalt, nikel və s. xromitlər  $\text{Zn}(\text{CrO}_2)_2$ ;  $\text{Mn}(\text{CrO}_2)_2$  və s. əmələ gətirir.

Analiz zamanı xromitlərin bu xüsusiyyətini nəzərə almaq lazımdır. 0,01M məhlulundan pH 4,9-6,8 olduqda xrom 3-hidroksid ayrılır və pH 12-14 olduqda o, qələvilərdə həll olur.

Beləliklə,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  çökdürülməsi və həll edilməsi üçün qələvinin daha yüksək qatılığı tələb olunur:

Vəsfı analiz kursunda rast gələn kationlar içərisində  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  ionları da amfoter xassəyə malikdirlər.

Əsas və turşu tipə malik bəzi amfoter hidrokşidlərin dissosiasiya sabiti aşağıdakı cədvəldə verilir:

Cədvəl 10

$\text{Kt}(\text{OH})_n$ tipli hidrokşidlər	$K_{\text{Kt}(\text{OH})_n}$	$K_{\text{H}_n\text{A}_n}$
$\text{Be}(\text{OH})_2$	$K=1,0 \cdot 10^{-18}$	$K=2,0 \cdot 10^{-30}$
$\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{HAlO}_2$	$K=2,0 \cdot 10^{-10}$	$K=6,0 \cdot 10^{-12}$
$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$K=1,5 \cdot 10^{-9}$	$K=7,1 \cdot 10^{-12}$
$\text{Ga}(\text{OH})_3$	$K=1,6 \cdot 10^{-11}$	$K=5,0 \cdot 10^{-11}$
$\text{In}(\text{OH})_3$	$K=1,3 \cdot 10^{-34}$	$K=1,0 \cdot 10^{-16}$
$\text{As}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{HAsO}_2$	$K=1,0 \cdot 10^{-14}$	$K=5,7 \cdot 10^{-10}$
$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K=9,6 \cdot 10^{-4}$	$K=2,0 \cdot 10^{-16}$
$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$K=1,0 \cdot 10^{-12}$	$K=6,0 \cdot 10^{-18}$
$\text{Sb}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{HSbO}_2$	–	$K=1,0 \cdot 10^{-11}$
$\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{HCrO}_2$	–	$K=9,0 \cdot 10^{-17}$

### 5.2.1. Amfoter hidrokşidlərin dissosiasiyasının elektrostatik nəzəriyyəsi

Hazırda amfoter hidrokşidlərin dissosiasiyasını izah edən iki nəzəriyyə var: 1. Elektrostatik və 2. Koordinasiya.

Vəsfı analiz kursuna aid kitabların əksəriyyətində amfoterlik, 1916-cı ildə alman alimi V.Kossel tərəfindən verilmiş kimyəvi rəbitənin elektrostatik nəzəriyyəsi əsasında izah edilir.

Kossel nəzəriyyəsinə əsasən elektrolitlərin molekulları Kulon qanununa görə qarşılıqlı cəzb olunan ionlardan ibarətdir. Bu zaman ionlara, onların səthində bərabər paylanmış müəyyən radiuslu yüklərin sferası kimi baxılır. Ona görə də ionların radiuslarını  $r_1$  və  $r_2$  ilə, yükünü isə  $\lambda_1$  və  $\lambda_2$  ilə işarə etsək, onların arasındakı cazibə qüvvəsini tapa bilərik.

$$f = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{(r_1 + r_2)^2}$$

Alınan tənlik Kulon qanununun riyazi ifadəsidir. Bu tənliyə görə iki müxtəlif yüklü hissəciklər arasındakı cazibə qüvvəsi, onların yüklərinin hasili ilə düz mərkəzləri arasındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasibdir. Bu qüvvənin qiyməti az olduqda ionlar arasındakı rabitə də zəif olur və maddəni suda həll etdikdə o daha asan dissosiasiya edə bilir.

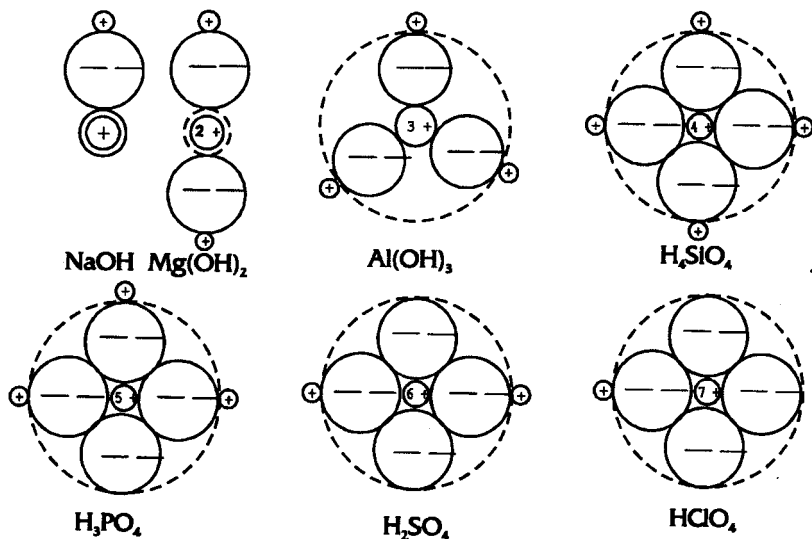
Yuxarıda göstərilənlərə əsasən demək olar ki, əks yüklü iki hissəcik arasındakı cazibə qüvvəsi, bunlardan hər birinin yükü daha böyük, radiusu isə kiçik olduqda bir o qədər çox olur.

Ümumi kimya kursundan məlumdur ki, hər hansı bir molekulun elektrolitik dissosiasiyası, onun valent rabitələrindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Lakin elementar hissəciklər arasındakı rabitənin polyarlığı, elementin sabit xassəsi olmayıb, habelə bu hissəciklərlə birləşmiş elementlərdən də az və ya çox dərəcədə asılıdır. Məsələn, hidrogenin oksigenlə ROH tipli birləşmələrində rabitənin polyarlığı R atomu və ya radikalın kimyəvi təbiətindən asılı olaraq əsaslı surətdə dəyişir. Əgər R qüvvətli metal xassəsinə malikdirsə (elementin dövrü sistemdə I və II qruplarda olduğu kimi) onunla oksigen arasındakı rabitənin polyarlığı yüksək olur. Belə olduqda oksigenlə hidrogen arasındakı rabitə az polyar olur. Əksinə R atomu və ya radikalında qeyri-metal xassələri çoxdursa, onunla oksigen arasındakı rabitə qeyri-polyar və ya polyar olur. Oksigenlə hidrogen arasındakı rabitənin polyarlığı isə aydın ifadə olunur. Başqa sözlə desək, iki rabitədən hər birinin xarakteri, oksigenin R və H-dan elektronları nisbətən asanlıqla cəzb etməsi ilə müəyyən olunur.

Göstərilən nəzəri faktlara əsasən elementlərin dövrü sisteminin III sırasında yerləşən natrium, maqnezium, alüminium, silisium, fosfor, kükürd və xlor atomlarının əmələ gətirdikləri hidrok-sidlərin, həmin elementlərin yüklərindən və radiuslarından asılı olaraq dissosiasiyasının xarakterini nəzərdən keçirək.

Məlumdur ki, NaOH molekulu üç iondan ibarətdir. Bu ionlardan ən kiçik radiusu olan hidrogen, ən böyük radiusu olan isə oksigendir (şəkil 35). Na<sup>+</sup> ionunun radiusu H<sup>+</sup> ionunun radiusundan böyük olduğu üçün Na<sup>+</sup> ionu ilə O<sup>2-</sup> ionu arasındakı rabitə, O<sup>2-</sup> ionu ilə H<sup>+</sup> ionu arasındakı rabitəyə nisbətən çox zəif olmalıdır. Ona görə də NaOH-in suda məhlula Na<sup>+</sup> və OH<sup>-</sup> ionla-

rına dissosiasiya edir. Natrium-hidroksidin dissosiasiyası nəticəsində  $\text{Na}^+$  ionu ayrıldıqdan sonra  $\text{O}''$  və  $\text{H}^+$  ionları arasındakı rabitə daha da qüvvətlənir. Çünki indi artıq eyni yüklü  $\text{Na}^+$  və  $\text{H}^+$  ionları arasında dəf etmə qüvvəsi yoxdur. Digər tərəfdən ikiyüklü  $\text{O}''$  ionunun biryüklü  $\text{H}^+$  ionunu özünə cəzb etmə qabiliyyəti artır. Ona görə də, mürəkkəb hidroksil ionu, sonradan hidrogen və oksigen ionlarına dissosiasiya etmir.



Şəkil 35. R-in yükü və radiusundan asılı olaraq dissosiasiyanın xarakteri

İndi də  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -in dissosiasiyasını izah edək. Məlumdur ki, maqneziumun ion radiusu ( $0,78 \cdot 10^{-8}$  sm) natriumun ion radiusundan ( $0,98 \cdot 10^{-8}$  sm) kiçikdir. Digər tərəfdən maqnezium ionu iki yükə, natrium ionu isə bir yükə malikdir. Göstərilən iki əsas xüsusiyyətə görə  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekulunda  $\text{Mg}''$  ionu ilə  $\text{O}''$  ionu arasındakı rabitə,  $\text{NaOH}$ -dakı rabitədən möhkəm olmalıdır. Bu səbəbdən də  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekulunu dissosiasiya edərkən  $\text{OH}'$  ionları əmələ gətirməsi,  $\text{NaOH}$  molekulunun dissosiasiya edərək  $\text{OH}'$  ionları əmələ gətməsinə nisbətən çox zəif olmalıdır. Həqiqətən də  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekulunda  $\text{H}^+$  ionlarının  $\text{O}''$  ionları ilə rabitəsi  $\text{NaOH}$

molekuluna nisbətən zəifdir. Çünki, əvvəla  $\text{Na}^+$  ionuna nisbətən iki yükə malik olan  $\text{Mg}^{2+}$  ionu  $\text{H}^+$  ionunu daha şiddətlə itələyir. Digər tərəfdən də maqneziumun ion radiusu natriumun ion radiusundan kiçikdir ki, bu da  $\text{Mg}^{2+}$  ionunun elektrik yükü sıxlığının çox olmasını göstərir. Lakin  $\text{H}^+$  ionlarının  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekulunun qalan hissəsilə olan rəbitəsi,  $\text{NaOH}$  molekulundakı oksigenlə olan rəbitəsinə nisbətən zəif olsa da, o hələ kifayət qədər möhkəmdir. Ona görə də  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekulu dissosiasiya edərək sərbəst  $\text{H}^+$  ionları əmələ gətirə bilmir.

Məlumdur ki, 3-cü qrupa daxil olan alüminium elementi müsbət üç yüklü ion əmələ gətirir. Onun ion radiusu ( $0,57 \cdot 10^{-8} \text{sm}$ ) maqneziumun ion radiusundan kiçikdir.

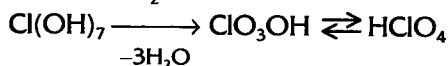
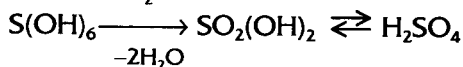
$\text{Al}(\text{OH})_3$  molekulunun quruluş sxeminə diqqət yetirdikdə demək olar ki,  $\text{Al}^{3+}$  ionu ilə  $\text{O}^{2-}$  ionu arasındakı rəbitə daha möhkəm olmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq  $\text{Al}(\text{OH})_3$  molekulundan  $\text{OH}^-$  ionlarının ayrılması,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  molekuluna nisbətən zəif olmalıdır.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  molekulunda həmin rəbitə o qədər zəifdir ki,  $\text{H}^+$  ayrıla bilər.

Beləliklə,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -də  $\text{Al}^{3+}$  ionu yükünün daha da artdığı və radiusu kiçildiyi üçün,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  molekulu mühitdən asılı olaraq, həm  $\text{H}^+$  ionları, həm də  $\text{OH}^-$  ionlarının alınması ilə dissosiasiya edir. Buna görədir ki,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  tipik amfoter hidroksid olub, məhlula həm hidrogen, həm də hidroksil ionları göndərə bilir. Bununla belə  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -in əsas və turşu kimi dissosiasiya dərəcəsi çox azdır.

Alüminiumdan sonra gələn, silisium, fosfor, kükürd və xlor hidroksidlərində oksigen ionları mərkəzi ion tərəfindən o qədər möhkəm cəzb olunur ki, hidroksil ionları ayrılıb məhlula keçə bilmir. Hidrogen ionları isə əksinə asan ayrılaraq daha çox miqdarda məhlula keçir. Ona görə də bu cür hidroksidlər ancaq turşu tipə görə dissosiasiya edirlər; bu zaman mərkəzi ionun yükünün artması və onun ion radiusunun azalması ilə əlaqədar olaraq dissosiasiya dərəcəsi böyüyür. Məsələn, silikat turşusu çox zəif turşu olduğu halda, fosfat turşusu ondan bir qədər qüvvətli, sulfat və perxlorat turşuları isə daha qüvvətli turşulara aiddir.

Kossel nəzəriyyəsi, oksigenli turşuların, tərkibini də asanlıqla izah edir. Həqiqətən  $P^{5+}$ ,  $S^{6+}$  və  $Cl^{7+}$  ionlarının oksidləşmə dərəcəsinə uyğun olaraq deyə bilirik ki, onların hidrokisidlərinin formulu  $P(OH)_5$ ,  $S(OH)_6$ ,  $Cl(OH)_7$  olmalıdır. Lakin bu cür tərkibli hidrokisidlər məlum deyildir. Bunların əvəzində yaxşı məlum olan  $PO(OH)_3$  və ya  $H_3PO_4$ ,  $SO_2(OH)_2$  və ya  $H_2SO_4$  və  $ClO_3OH$  və ya  $HClO_4$  geniş tətbiq olunur. Oksigenli turşu molekullarının tərkibindəki bu dəyişikliklər onunla izah olunur ki, çoxlu miqdarda hidrosil ionları yığıldıqda, eyni adlı  $OH'$  ionları arasında dəfətmə qüvvələri yaranır və  $OH'$  ionlarının hamısı molekulda qala bilmir, oksigen və hidrogen ionlarının bir hissəsi su şəklində molekuldan ayrılır.

Məsələn:



Kossel nəzəriyyəsinə əsasən D.İ.Mendeleyevin dövrü sisteminə dövrlər və ya qruplar üzrə hidrokisidlərin xassələrində olan dəyişiklikləri əvvəlcədən göstərmək və izah etmək mümkündür.

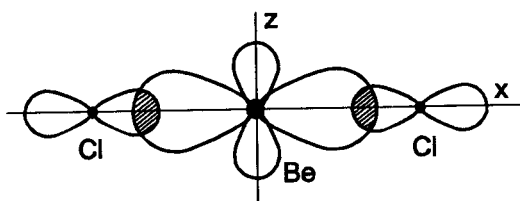
Kossel nəzəriyyəsinin çatışmayan cəhəti başlıca olaraq ondan ibarətdir ki, o hidrosid molekullarında olan bütün rabitələri ion rabitəsi kimi qəbul edir və ionlara müəyyən radiuslu kürelər kimi baxır. Halbuki müasir təsəvvürlərə görə yalnız ion rabitəsindən ibarət olan birləşmələr mövcud deyildir.

Kossel nəzəriyyəsi haqqında dediklərimizi ümumiləşdirsək belə nəticəyə gəlmək olar ki, bu nəzəriyyə müxtəlif elementlərin hidrokisidlərinin əsası, turşu və ya amfoter xassələrinin əmələ gəlmə səbəbini, turşu və əsasların tərkib və quruluşunu sadəcə olaraq izah edir. Ona görə də Kossel nəzəriyyəsi daha mükəmməl olan koordinasiya nəzəriyyəsi ilə əvəz olundu.



## 5.2.2. Amfoterliyin koordinasiya nəzəriyyəsi

Hal-hazırda amfoterlik, kompleksmələgəlmə, hidrokسيد molekullarının və onlardan əmələ gələn ionların hidratlaşma prosesləri əsasında həmin təsəvvürlər stereokimyada aydınlaşdırılır. Tipik amfoter hidrokسيد əmələ gətirən elementlərin elektron quruluşlarını araşdırarkən aydın olur ki, yalnız boş orbitalı olan atomlar amfoter xassəyə malik ola bilər. Ona görə də həmin elementlər aşağı enerjili molekullar əmələ gətirə bilərlər.



Şəkil 36.

Berillium-xlorid molekulu quruluşu

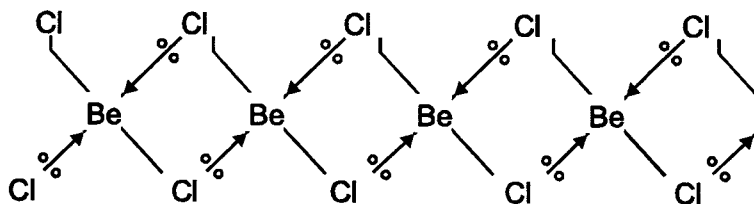
əmələ gətirən Be, Pb, Cr, Al, Ga, Ge, As, Zn, Sn, Sb və s. element ionları aşağı enerji əlaqəsi olan boş elektron orbitallarına malikdirlər. Belə ki, tipik amfoter hidrokسيد əmələ gətirən berillium atomu  $1s^2 2s^2$  elektron quruluşuna malikdir. Berillium atomu həyacanlıqda elektronların  $1s^2 2s^2 2p^1$  valentlik konfigurasiyası yaranır. Əgər, berillium atomlarının hibrid sp orbitallarından və xlorun p orbitallarından Cl-Be-Cl xətti molekullarının əmələ gəlməsini hesab etsək, o zaman berillium atomlarında iki boş 2p orbitalı qalır.

Doğrudan da praktiki olaraq müəyyən edilmişdir ki, berillium-xlorid  $BeCl_2$  molekulu yalnız qaz halında xətti quruluşa malikdir. Bərk halda isə berillium-xlorid polimerləşir və sonsuz zəncirdən ibarət olur. Burada berilliumun hər atomu 4 xlor atomu ilə tetraedrik quruluş əmələ gətirir.

Belə olduqda xlorun iki atomu donor olub özünün istifadə edilməmiş elektron cütlərindən birini berillium atomuna verərək onun iki boş 2p orbitalını doldurur ki, onu da aşağıdakı sxemlə göstərmək olar.

Məlumdur ki, aşağı enerjili boş atom orbitalı molekullarda koordinasiya donor-akseptor rabitəsi əmələ gətirmək yolu ilə doldurulur.

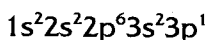
Doğrudan da tipik amfoter hidrokسيد



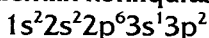
Şəkil 37. Bərk halda  $\text{BeCl}_2$ -nin quruluşu

Kovalent doymuş molekullar həmişə reaksiyaya çox yavaş daxil olur, lakin aşağı enerjili boş orbitalı olan mərkəzi atom reaksiyaya çox asanlıqla daxil olur. Çünki boş orbital asanlıqla donor-akseptor rəbitəsi əmələ gətirir ki, bunun nəticəsində də dimer və polimer birləşmələr alınır.

Məlumdur ki, sərbəst alüminium atomu aşağıdakı elektron quruluşuna malikdir.

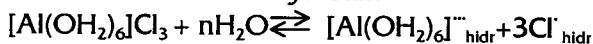


Həyacanlıqda isə valentlik konfigurasiyası əmələ gəlir.

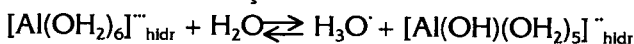


Ona görə də alüminiumun xarici energetik səviyyəsində 3 elektronu var ki, onlar da  $3s 3p_x 3p_y$  orbitalarında yerləşir.  $3p_z$  orbital isə boş olur ki, oraya donorun elektronları (xlorla dimer  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  və su ilə akva kompleks əmələ gətirdikdə) keçir.

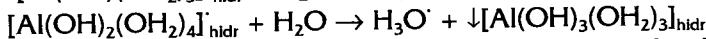
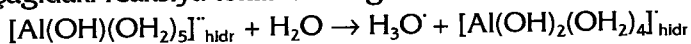
$\text{Al}_2\text{Cl}_6$  cüda həll olaraq parçalanır, sudakı oksigen istifadə olunmamış cütün hesabına metallarla xlor nisbətən daha möhkəm koordinasiya rəbitəsi əmələ gətirir. Bunun nəticəsində xlor ionları su ilə əvəz olunur və məhlulda hidratlaşmış  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  daha doğrusu  $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]\text{Cl}_3$  molekulları əmələ gəlir. Alüminium-xloridi suda həll edərkən alınan kristalhidratın tərkibi də belə olur. Alüminium-xloridin molekulları yenidən hidratlaşaraq aşağıdakı kimi ionlara dissosiasiya edir.



Hidratlaşmış  $[\text{Al}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$  ionları turşu xassəsi göstərir. Çünki koordinasiya əlaqəsi ilə birləşmiş suyun protonları müsbət yüklü alüminium ionları tərəfindən qüvvətlə dəf olunurlar. Bunun nəticəsində O-H rəbitəsi zəifləyir və məhlulda hidroksonium və hidrokso-alüminium ionları keçir:



Neytral məhlulda həmin proses neytral alüminium-hidroksid  $[Al(OH)_3(OH_2)_3]_{hidr}$  əmələ gəlməyə qədər davam edir ki, bunu da aşağıdakı reaksiya tənlikləri ilə göstərmək olar:

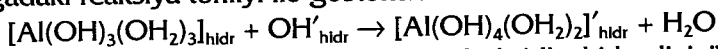


Mühitdən və ikinci komponentin tərkibindən asılı olaraq neytral alüminium-hidroksid ya turşu, ya da əsas kimi dissosiasiya edir. Bunun səbəbi  $[Al(OH)_3(OH_2)_3]$  molekulunda  $Al^{III}-O''$  və  $O''-H'$  ionları arasındakı rəbitə enerjisinin bir-birinə çox yaxın olmasıdır. Turş mühitdə  $OH'$  ionlarının turşunun hidroksonium ionları ilə rəbitəsi nəticəsində yenidən alüminiumun hidratlaşmış duzu alınır. Məsələn:



Bu proses pilləli olub, üç mərhələdə gedir.

Qələvi mühitdə isə alüminiumla koordinasiya rəbitəsi ilə birləşən dördüncü su molekulunun protonu ayrılır və kompleks alüminat anionu  $[Al(OH)_4(OH_2)_2]'_{hidr}$  əmələ gəlir ki, bunu da aşağıdakı reaksiya tənliyi ilə göstərmək olar:



Hidrogen rəbitəsi ilə alüminium-hidroksidlə birləşdiyi üçün neytral hidratlaşmış alüminium-hidroksidin  $[Al(OH)_3(OH_2)_3]$  5 və 6-cı su molekulları proton ayıra bilmirlər.

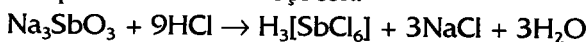
### 5.2.3. Vəfi analiz praktikasında amfoterliyin rolu

Yuxarıda qeyd etmişdik ki, vəfi analiz praktikasında xüsusilə kationların turşu-əsas üsulu ilə analizində amfoterliyin böyük əhəmiyyəti var. Amfoterliyə görə kationların bütün hidroksidləri iki qrupa bölünür: amfoter və qeyri-amfoter.

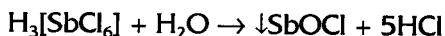
Amfoter hidroksidlər kationların 3-cü qrupunu təşkil edir ki, buraya  $Al^{III}$ ,  $Cr^{III}$ ,  $Zn^{II}$ ,  $Sn^{IV}$ ,  $Sn^{II}$ ,  $As^{III}$  aiddir. Amfoterliyə görə 3-cü qrup kationlarına  $Be^{II}$ ,  $Ga^{III}$ ,  $Jn^{II}$ ,  $Ge^{IV}$  kimi tipik amfoter kationlar da aiddir. Lakin bu elementlərin vəfi reaksiyalarının öyrənilməsi universitetlərin analitik kimya proqramında nəzərə alınmayıb. Bu kationlardan başqa  $Pb^{II}$ ,  $Sb^{III}$  ionları da amfoterdirlər. Lakin analizin gedişində qurğuşun ionları birinci qrup kationları ilə

birlikdə çökərək, qurğuşun-xlorid şəklində daha asan təyin olunur. Ona görə də  $Pb^{2-}$  birinci qrup kationlarına daxil edilmişdir.

Suda məhlulda, adətən, natrium-stibiət  $Na_3SbO_3$  və ya turş məhlullarda  $[SbCl_6]^{3-}$  kompleks anion şəklində mövcud olan üçvalentli stibium ionları analizin gedişində 4-cü qrup kationları ilə birlikdə olur və onun tərkibində öyrənilir. Hidrogen-sulfid üsulunda stibium ionlarının  $Sb^{3-}$  dördüncü qrupdan beşinciyə keçməsi onunla əlaqədardır ki, I-VI qrup kationları qarışığını analiz edərkən əvvəlcə 1-ci qrup kationlarını çökdürmək üçün durulaşdırılmış HCl, sonra isə ikinci qrup kationlarını çökdürüb ayırmaq üçün durulaşdırılmış  $H_2SO_4$  əlavə etdikdə  $Sb^{3-}$  ionları  $[SbCl_6]^{3-}$  kompleks anionuna keçəcək:



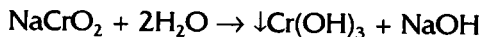
Məhlulu su ilə durulaşdırdıqda və ya məhlulun pH-nı artırırdıqda  $H_3[SbCl_6]$  stibil-xlorid adlı ağı çöküntü əmələ gətirərək hidrolizə uğrayır:



$SbOCl$  çöküntüsünü qızdırdıqda HCl artığında yaxşı, lakin NaOH-da pis həll olur. Ona görə də IV-VI qrup kationları qarışığını otaq temperaturunda NaOH-ın artığı ilə işləyən zaman  $SbOCl$  beşinci qrup kationları ilə birlikdə çöküntüdə qalır.

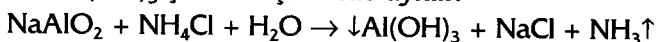
Kationların sulfid üsulu ilə analizi zamanı  $Al(OH)_3$ ,  $Cr(OH)_3$  və  $Zn(OH)_2$  amfoter hidrokislərini üçüncü qrup kationlarından  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Co(OH)_2$  və s. qeyri-amfoter hidrokislərdən ayırmaq üçün amfoterlikdən istifadə olunur.

Amfoter hidrokislərin qələvi məhlulunu qaynatdıqda xromitlər hidrolizə uğrayıb  $Cr(OH)_3$  çöküntüsü şəklində ayrılır, alüminat və sinkatlar isə məhlulda qalır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu,  $Cr(OH)_3$ -ün turşu xassələrinin  $Al(OH)_3$ -dən az olması ilə izah edilir. Xrom 3-hidroksid pH=4,6-da, alüminium-hidroksid pH=3,8-də, sink-hidroksid isə pH=6,8-də çökür.

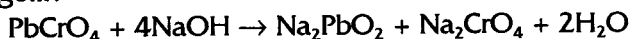
Tərkibində sinkat və alüminat olan süzüntünün üzərinə bərk halda  $NH_4Cl$  əlavə edib qaynatdıqda, alüminatlar hidrolizə uğrayır və  $Al(OH)_3$  çöküntü şəklində ayrılır:



Sinkatlar isə məhlulda qalır. Beləliklə, amfoter hidrokksidlərin ayrılması gədir.

Amfoterlikdən nəinki amfoter hidrokksidləri ayırmaqda, həmçinin yoxlama reaksiyalarda da istifadə olunur. Məsələn, birinci, ikinci və üçüncü qrup kationlarının turşu-əsas üsulu ilə analizini aparan zaman,  $PbCl_2$ -nin xeyli həll olmasına görə qurğuşun xlorid şəklində tam ayırmaq olmur. Qurğuşun ionlarının bir hissəsi üçüncü qrup kationları ilə birlikdə qalır.

Bariumu asetat turşusu mühitində kalium-xromatla təyin edən zaman barium-xromatla birlikdə xarici görünüşcə ondan fərqlənməyən qurğuşun-xromat çöküntüsü də ayrılır. Buna tam inanmaq üçün bu çöküntü qarışığına isti qələvi məhlulu əlavə edilir. Bu zaman qurğuşun-xromat həll olaraq plümbit  $Na_2PbO_2$  əmələ gəlir:



Barium-xromat isə çöküntüdə qalır.

Hərtərəfli və müxtəlif məqsədlər üçün vəsfi analiz praktikasında amfoterlikdən geniş miqyasda istifadə olunur.

### 5.3. KOLLOİD SİSTEMLƏR

Çökdürmə prosesini öyrənərkən tez-tez kolloid məhlulların əmələ gəlməsi ilə rastlaşırıq. Onların əmələ gəlməsi nəticəsində uyğun çətin həllolan maddələri məhluldan süzməklə ayırmaq və ionların ayrılmasına nail olmaq olmur.

Ona görə də kolloid məhlulların əmələ gəlməməsi və yaxud əmələ gələrsə, onları parçalamaq üçün bütün tədbirləri görmək lazım gəlir. Kolloid məhlul nəyə deyilir və onların analitik kimya nöqtəyi nəzərindən hansı mühüm xassələri vardır?

Hər hansı bir maddənin xırdalanmış hissəciklərinin qaz, maye və ya bərk maddə mühitində yayılmasından alınan sistemlərə dispers sistemlər deyilir. Xırdalanmış maddəyə dispers faza, maddənin yayıldığı mühitə isə dispers mühit deyilir. Dispers sistemlər bir-birindən disperslik dərəcəsinə görə, yəni hissəciklərin ölçülərinə görə fərqlənirlər. Hissəciklər nə qədər xırd olsalar, disperslik dərəcəsi bir o qədər artıq olur və əksinə. Əgər

dispers fazanın hissəcikləri  $100 \mu\text{m}$ -dan böyükdürsə, onda uyğun dispers sistemə suspenziya (hissəciklər bərk olduqda), və ya emulsiya (hissəciklər maye olduqda) deyilir. Suspenziyaya misal olaraq tərkibində asılqan vəziyyətdə gil hissəcikləri olan suyu, emulsiyaya isə misal olaraq tərkibində asılqan vəziyyətdə çox xırda yağ damlaları olan südü göstərmək olar. Belə dispers sistemlər osmos təzyiqinə və diffuziya qabiliyyətinə malik olmur.

Hissəciklərin ölçüsü  $0,1$  mikrondan bir millimikrona qədər olan dispers sistemlər suspenziyalardan fərqlənir. Belə sistemlərin hissəcikləri fasiləsiz xotik hərəkətdə olurlar. Ona görə də onlar osmos təzyiqi və diffuziya etmək qabiliyyətinə malikdir. Belə sistemlər kinetik davamlı olurlar. Kinetik davamlı sistemlər içərisindən şüa keçirdikdə onlar bulanıq görünürlər. Buna oxşar dispers sistemlərə kolloid sistemlər deyilir.

Kolloid sistemlərin hissəcikləri molekulardan çox böyük olur. Çünki kolloid hissəciklər nisbətən çoxlu miqdarda molekul və ya atomlardan təşkil olunmuş aqreqatlardan ibarət olur. Ona görə də kolloid sistemlər suspenziyalar kimi heterogen sistemlərə daxildir.

Beləliklə, hissəciklərin ölçüsü  $0,1$  mikronla bir millimikron arasında olan dispers sistemlərə kolloid məhlullar və ya zollar deyilir. Hissəciklərin böyüklüyü bir millimikrondan kiçik olan sistemlərə həqiqi məhlullar və ya sadəcə olaraq məhlullar deyilir.

Həqiqi məhlulların hissəcikləri ayrı-ayrı molekul və ya ionlardan ibarət olduğu üçün, onları mövcud böyüdücü cihazların heç biri ilə görmək mümkün deyildir.

Lakin, suspenziya və emulsiyalar, habelə, kolloid məhlulların dispers hissəcikləri bir çox molekulardan təşkil olunduqları üçün onlarda az və çox dərəcədə müxtəlif cinslilik vardır. Suspenziya və emulsiyaların müxtəlif cinsliliyi ən əvvəl onların bulanıq olmalarında özünü göstərir. Zülal, nişasta və s. kimi birləşmələrdə onların molekulaları o qədər böyükdür ki, bu maddələrin məhlulları kolloid sistemlərin bütün xassələrinə malik olurlar. Deməli, bu

---

\* Yada salaq ki,  $1 \mu\text{m}$  (millimikron)  $0,000001$  mm bərabərdir;  
 $100\mu\text{m}=0,0001$  mm.

cür sistemlərdə yüksək molekululu birləşmələrin ayrı-ayrı molekulları kolloid hissəciklər rolunu oynayırlar.

Kolloid məhlulların hissəcikləri suspenziya və emulsiyaların hissəciklərindən daha kiçik, lakin həqiqi məhlulların hissəciklərindən böyük olur. Onları adi mikroskopla yox, ultra-mikroskopla görmək mümkündür.

Suspenziya və emulsiyanın böyük hissəcikləri adi süzgəc kağızından və ya gil süzgülərindən keçmədiyi halda, kolloid məhlullarının kiçik hissəcikləri keçir. Lakin kolloid məhlulların hissəcikləri perqamentdən və ya adi süzgülədən keçmir. Əksinə, həqiqi məhlulların hissəcikləri perqament və ya qovucucuqdan da keçir.

III, IV və V qrup kationlarının hidrosidləri və sulfidləri əsas etibarilə amorf çöküntülərdir. Onlarda kolloid məhlullar əmələ gətirmək meyli çoxdur. Ona görə də bəzi ionlar çox zaman ya qismən çökür, ya da bəzən qətiyyən çökmür. Göstərilən halı nəzərə alaraq, həmişə çalışmaq lazımdır ki, kolloid məhlullar ya heç əmələ gəlməsin, ya da əmələ gəldikdə tezliklə koagulyasiya etsin.

Əvvəllər elə hesab edilirdi ki, kolloid məhlullar əmələ gətirmək qabiliyyəti yalnız bəzi maddələrə aiddir. Sonralar isə sübut olunmuşdur ki, müəyyən şəraitdə tipik kristallar da, məsələn NaCl, kolloid məhlullar əmələ gətirə bilər. Ona görə də biz maddənin kolloid və kristallik halından danışacağıq.

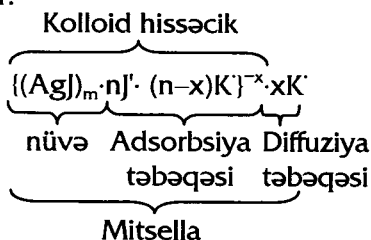
Kolloid məhlulları, maddənin iri hissəciklərini bu və ya digər üsullarla (məsələn xüsusi "kolloid dəyirmanı" vasitəsilə) kolloid hissəciklərin ölçüsünə qədər xırdalamaqla almaq olar. Bu cür üsullara dispersləşdirmə üsulları deyilir. Kolloid məhlulları almaq üçün buna əks olan kondensləşdirmə üsullarından da istifadə etmək olar. Burada bu və ya digər maddənin ion və ya molekullarının bir-birilə birləşməsi nəticəsində kolloid hissəciklər alınır. Bu cür birləşmə hər hansı bir çətin həllolan maddənin alınması ilə müşaiət edilən kimyəvi reaksiya zamanı baş verə bilər. Əgər bu proses xeyli dərəcədə davam edərsə nəticədə alınan uyğun maddənin iri hissəcikləri öz ağırlıqları nəticəsində çöküntü şəklində ayrılacaq. Məhlulda reaksiyaya girən maddələrin qatılıqları kifayət qədər kiçik olduqda onda çöküntü əvəzinə kolloid məhlul alına bilər.

Davamlı kolloid məhlul almaq üçün dispers hissəciklər müəyyən müddət bir-birilə birləşməməlidirlər. Kolloid məhlullarda isə hissəciklərin iriləşməsinə gətirən qüvvələr mövcuddur; bu cür qüvvələrə molekulyar cəzb etmə qüvvələrini göstərmək olar ki, onların təsiri nəticəsində hissəciklər toqquşduqda bir-birilə birləşə bilər. Həmin istiqamətdə mayenin səthi gərilmə qüvvələri də təsir edir; bu qüvvələr hissəciklərlə maye səthinin təmasda olmasının mümkün qədər azalmasına çalışırlar. Hissəciklər nə qədər böyük olarsa, təmasda olan səth bir o qədər kiçik olar.

Bütün bunlara baxmayaraq xarakter kolloid məhlullar müəyyən müddət ərzində çöküntü əmələ gətirmir. Görünür kolloid hissəciklərin bir-birilə birləşməsinə maneçilik törədən müəyyən qüvvələr mövcuddur.

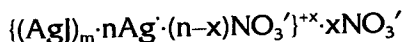
Bu səbəblərdən biri kolloid hissəciklərin eyniadlı elektrik yüklərinin olmasıdır. Onların təsirindən kolloid hissəciklər bir-birini dəf edir və nəticədə iri aqreqatların əmələ gəlməsinə maneçilik törədilir.

Əksər hallarda kolloid hissəciklərin yükü bu hissəciklərin tərkibinə daxil olan eyniadlı ionların adsorbsiyası nəticəsində yaranır. Belə ki, kalium-yodidın artığını gümüş-nitrat üzərinə əlavə etməklə gümüş-yodid zolu əmələ gəlir. Bu zaman məhluldan  $J'$  ionlarının müəyyən miqdarını ( $n$ ) adsorbsiya edən çoxlu miqdarda ( $m$ ) mənfi yüklənmiş  $AgJ$  molekulu əmələ gəlir. Bu cür mənfi yüklənmiş hissəciklər məhluldan uyğun miqdarda ( $n$ ) əksyüklü ionları  $K'$  cəzb edir; bu ionların bir hissəsi ( $x$ ) maye fazada məhlulda qalaraq "diffuz təbəqəsini" əmələ gətirir, digər hissəsi isə ( $n-x$ ) hissəcik tərəfindən adsorbsiya olunur və onunla birlikdə hərəkətdə olur. Elektrik yüklənmiş kolloid hissəciklərin gümüş-yodid mitsellasının quruluşunu sxematik olaraq aşağıdakı formula göstərmək olar:





Əgər həmin zol  $\text{AgNO}_3$  artıqlığı şəraitində əmələ gəlsə, onda onun mitselləsi aşağıdakı formulla ifadə edilən quruluşa malikdir:



Hər iki halda mitsellanın "nüvəsi"  $(\text{Ag})_m$  kimyəvi tərkibi və kristal quruluşuna görə eynidir, lakin kolloid hissəciklərin yükü müxtəlifdir; çünki birinci halda  $J'$  ionları adsorbsiya olunur, ikinci halda isə  $\text{Ag}'$  ionları. Adsorbsiya nəticəsində kolloid hissəcik müəyyən yükə malik olur və nəticədə kolloid məhlul davamlı olur. Adsorbsiya olunan maddəyə stabilizator deyilir. Yuxarıdakı misallarda stabilizator  $\text{KJ}$  və  $\text{AgNO}_3$  olmuşdur.

Kolloid məhlulların davamlılığı hissəciklərdə elektrik yüklərinin olmasından başqa, həm də kolloid hissəciklərin solvatlaşması, yəni onlar tərəfindən həlledici molekullarının adsorbsiyası ilə əlaqədardır.

Nəticədə kolloid hissəciklər solvat təbəqələri ilə əhatə olunur və ona görə də bir-birinə yaxınlaşa bilmirlər. Nəticədə onların iri aqreqatlar şəklində birləşməsi mümkün olmur. Müxtəlif kolloid hissəciklərin solvatlaşması meyli müxtəlifdir. Bu mənada kolloid məhlullar liofil və liofob olmaqla iki cür olur. (Əgər həlledici sudursa, onda onlara hidrofily və hidrofob kolloidlər deyilir).

Liofil kolloidlərin həllediciyə qarşı hərisliyi çoxdur və onlar güclü dərəcədə solvatlaşmırlar; liofob kolloidlər isə həllediciyə qarşı həris deyildirlər. Bu halda da hissəciklər tərəfindən, lakin xeyli dərəcədə zəif solvatlaşma baş verir. Burada hissəciklər tərəfindən adsorbsiya olunan ionların solvat təbəqələri ilə əhatə olunmaq cəhdləri müşahidə olunur ki, bu da liofob zollar üçün davamlılıq faktorudur.

Hidrofil kolloidlərə misal olaraq zülallar, nişasta, yapışqan və s. məhlulları; hidrofob kolloidlərə isə metalların, sulfidlərin, müxtəlif duzların zollarını göstərmək olar. Metal hidrosidlərin zolları aralıq yeri tutur. Əgər hidrofob kolloidin zolu üzərinə hər hansı bir elektrolitin azacıq miqdarı əlavə edilərsə kolloid hissəciklər bir-biri ilə birləşərək iri aqreqatlar əmələ gətirir. Bu prosesə koaqulyasiya deyilir. Əgər koaqulyasiya prosesi çox dərəcədə gedərsə, onda əmələ gələn aqreqatlar ağırlıq qüvvələrinin təsiri ilə qabın dibinə çökəcək ki, buna sedimentasiya prosesi deyilir.

Koaqulyasiya hadisəsini belə izah etmək olar ki, kolloid hissəciklər elektrolit-koaqulyatorun əksyüklü ionlarını adsorbsiya etdikdə hissəciklərin yükü o qədər kiçilir ki, onlar bir-biri ilə birləşirlər (bu zaman baş verən solvat təbəqələrinin dağılması da buna kömək edir).

Liofil kolloidlərdə davamlılığın mühüm faktoru hissəciklərdə solvat təbəqələrinin olmasıdır. Onların dağılmasına müxtəlif üsullarla, həmçinin elektrolitlərin əlavə edilməsilə nail olmaq olar, lakin bu zaman liofob kolloidlərə nisbətən elektroliti daha çox qatılıqda əlavə edirlər. Artıq qatılıqda əlavə edilən elektrolit ionları solvatlaşaraq kolloid hissəcikdən həlledici molekullarını alır; kolloid hissəciklər liofob kolloid xassələrinə malik olurlar. Elektrolitin ionları hissəcikləri yüksüzləşdirdiyindən kolloidin koaqulyasiyası baş verir ki, buna duzlaayırma deyilir.

Hidrofil kolloidin hidrofob kolloid zolu üzərinə əlavə edilməsi sonuncunun elektrolitlərin təsirinə qarşı davamlılığını xeyli artırır. Bu hadisənin mahiyyəti hidrofob kolloid hissəciklərinin hidrofily kolloid hissəciklərini adsorbsiya etməsindədir ki, nəticədə hidrofob hissəciklər uyğun solvat təbəqələrinə malik olurlar. Bu hadisəyə "kolloid müdafiəsi" deyilir.

Elektrolitin əlavə edilməsindən başqa koaqulyasiyaya adətən, məhlulun temperaturunun artması da səbəb olur. Bu zaman hissəcikləri yükləndirən kənar ionların adsorbsiyası da azalır və bundan başqa solvat təbəqələrinin dağılması baş verir.

Koaqulyasiya nəticəsində ayrılan çöküntülərə gel deyilir. Hidrofil kolloidlər çox vaxt həlməşikvarı gellər əmələ gətirir.

Qeyd etmişdik ki, analiz zamanı kolloid məhlulların əmələ gəlməsi işi mürəkkəbləşdirir. Kolloid hissəciklər sərbəst şəkildə süzgecin məsamələrindən keçirlər və çökmürlər. Beləliklə, uyğun maddəni süzməklə ayırmaq olmur. Kolloid vəziyyətdə olan maddələrin ayrılması üçün kolloidin koaqulyasiyasına nail olmaq zəruridir. Çökdürmə zamanı elektrolit-koaqulyator rolunu ən əvvəl çökdürücü oynayır. Çökdürücünü, adətən, azacıq artıq miqdarda əlavə edirlər. Çökdürücünün həddən artıq miqdarda əlavə edilməsi ziyanlıdır, çünki hissəciyin yükü dəyişə bilər və məhlul kolloid vəziyyətə keçə bilər. Bundan başqa məhlulun üzərinə hər hansı bir elektrolit, adətən, ammonium duzu əlavə etdikdə və ya məhlulu qaynatdıqda koaqulyasiya baş verir.

Koaqulyasiyanın baş verməsi üçün məhlulda üzvi birləşmələr olmamalıdır. Onları kənar etmək üçün adətən analiz edilən məhlul qatı  $\text{HNO}_3$  və  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qarışığı ilə qaynadırlar; bu zaman üzvi birləşmələr  $\text{CO}_2$  və  $\text{H}_2\text{O}$ -ya qədər oksidləşirlər.

Çöküntünü yuduqda belə, adətən, kolloid məhlulların alınması baş verir. Bunu belə izah etmək olar ki, çökdürmə zamanı əlavə edilən elektrolit-koaqulyator çöküntüdən yuma prosesində tədricən yuyulur; hissəciklər yenidən yüklənir və bir-birindən dəf olurlar. Nəticədə kolloid məhlul əmələ gəlir və maddə süzgedən və ya çöküntüdən məhlula keçir. Bu hadisəyə peptidləşmə deyilir. Bunun qarşısını almaq üçün bəzi çöküntüləri təmiz su ilə yox, elektrolitin durulaşdırılmış məhlulu ilə yuyurlar (adətən hər hansı bir ammonium duzu ilə). Sonuncunun ionları çöküntü tərəfindən adsorbsiya olunur və tədricən çöküntüdən yuyulan ionları əvəz edirlər.

Nəticədə peptidləşmə hadisəsinin qarşısı alınır.

#### 5.4. QOŞAÇÖKMƏ

Çöküntülər məhluldan ayrılarkən öz səthlərində eyniadlı və müxtəlif kənar ionları adsorbsiya edirlər. Kolloid hissəciklərin səthi böyük olduğu üçün bu adsorbsiya onlarda daha çox baş verir. Hər hansı qarışıqların kiçik miqdarını təyin edərkən adsorbsiya hadisəsinə mütləq nəzərə almaq lazım gəlir.

Ayrılma reaksiyalarında qarışıqların kiçik miqdarları çox vaxt çöküntü tərəfindən tamamilə adsorbsiya olunur və məhlulda onları təyin etmək mümkün olmur.

Təcrübə göstərir ki, adətən, ilk növbədə verilmiş kolloid hissəciklərin tərkibinə daxil olan elektrik yüklü ionlar adsorbsiya olunur. Bu cür yüklənmiş hissəciklər koaqulyasiya olunaraq özləri ilə birlikdə əksyüklü kənar ionları da cəzbə edərək çöküntüyə keçirirlər. Belə ki, əgər dəmir 3-hidroksidi ammoniyak mühitində çökdürdükdə,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  hissəcikləri  $\text{OH}'$  ionlarını adsorbsiya edərək mənfi yüklənir. Ona görə də koaqulyasiya etdikdə məhluldan müxtəlif kationları da çöküntüyə keçirəcək ki, analizin gedişində bununla hesablaşmaq lazımdır.

Əksinə, əgər dəmir 3-hidroksidi zəif turş mühitdə çökdürsək, onda  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  hissəcikləri  $\text{Fe}'''$  ionlarını adsorbsiya etdiyindən

müsbət yüklənirlər. Nəticədə çöküntü məhluldan müxtəlif anionları ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  və s.) adsorbsiya edəcək. Təcrübə şəraitində, verilmiş çökdürücü ilə özü təklidə çöküntü əmələ gətirməyən maddələrin çökdürülən birləşmə ilə birlikdə çökməsi prosesinə qoşaçökmə deyilir.

Qoşaçökmə nəinki kənar maddələrin çöküntü hissəciklərinin səthində, habelə kristalın yarıqlarında və mikrokapilyarlarda adsorbsiya edilməsi nəticəsində baş verə bilər. Bu daxili adsorbsiyanın mexaniki adsorbsiya növünə aiddir. Adsorbsion qoşaçökmə zamanı isə çöküntünün böyüyən kristallarının səthi üzərində adsorbsiya olunan uyğun ionlar vaxtında çöküntünün öz ionları ilə tam əvəz oluna bilmir və kristallar böyüdükdə onun daxilində qalır.

Çox vaxt qoşaçökməyə səbəb qarışıq kristalların alınmasıdır, yəni eyni kristallik formada kristallaşan iki və ya daha çox maddələrdən əmələ gələn kristallardır. Qarışıq kristallar əmələ gətirə bilən maddələrə izomorf maddələr deyilir. Ona görə də bu növ qoşaçökməyə izomorf qoşaçökmə deyilir.

İzomorfizm bütün ionlar üçün mümkündür hal deyil. İzomorf kristallar yalnız o vaxt alına bilər ki, onları əmələ gətirən müxtəlif eyniyüklü ionların radiusu bir-birinə çox yaxın və koordinasiya ədədləri bərabər olsun.

Qoşaçökməyə səbəb həmçinin çöküntü ilə qoşaçökən qarışıq arasında kimyəvi birləşmənin əmələ gəlməsidir. Məsələn, manqanı  $MnO_2$  şəklində çökdürərkən  $Zn^{2+}$  ionlarının  $ZnMnO_3$  əmələ gəlməklə qoşaçökməsini və s. göstərmək olar. Lakin qoşaçökmənin bu növünə nisbətən az rast gəlmək olur.

Beləliklə, qoşaçökmə zamanı iki hala rast gəlmək olar:

a) qoşaçökən qarışıq çöküntü hissəciklərinin səthində yerləşir (səthi adsorbsiya) və

b) qoşaçökən qarışıq çöküntü hissəciklərinin daxilində yerləşir (daxili adsorbsiya və ya okklyuziya). Buraya adsorbsion qoşaçökmə, qarışıq kristalların və kimyəvi birləşmələrin əmələ gəlməsi aiddir.

Birinci halda adsorbsiya olunan ionlar məhlulda olan uyğun ionlarla dinamik tarazlıqda olur. Çöküntünü yuyarkən bu tarazlıq daim pozulur və adsorbsiya olunan ionlar tədricən çöküntünün səthindən məhlula keçir. Deməli, səthdə adsorbsiya olunan qarışıq

şıqlar çöküntünü yumaqla kənar edilə bilər. Əksinə, daxildə adsorbsiya olunan qarışıqları çöküntünü yumaqla kənar etmək olmaz. Qarışıqların yenidən məhlula keçirilməsinə yalnız bütün çöküntünün həlledilməsi ilə nail olmaq olar.

Əgər ayrılma reaksiyalarında hər hansı ionlar çox dərəcədə qoşaçökməyə, onda onları ayırmazdan əvvəl birbaşa təyini reaksiyaları ilə məhlulun ayrı-ayrı hissələrində təyin etmək məqsəddəyigundur.

Qoşaçökmənin qarşısını almaq üçün çox vaxt (xüsusilə miqdari analizdə) yenidənçökmədən istifadə edilir. Məsələn, tutaq ki,  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarını  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  şəklində  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarının iştirakı ilə çökdürmək lazım gəlir. Bu zaman  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  da bir qədər qoşa çökəcək. Qarışığı kənar etmək üçün çöküntü məhluldan ayrılır, azacıq yuyulur və HCl-da həll edilir. Bu zaman alınan məhlulda ilkin məhlulda olan  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarının hamısı və  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarının azacıq bir qismi olacaq. Əgər turşunu neytrallaşdırmaqla  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ -in çökməsini yenidən təkrar etsək (yəni onu yenidən çökdürsək) təkrar çökmə zamanı  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarının qatılığı ilkin çökməyə nisbətən xeyli kiçik olacaq. Ona görə də  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ -in çöküntüsü də praktiki olaraq  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  qarışığından azad olacaq.

Qoşaçökmədən başqa analitiklər sonradan çökmə hadisəsi ilə də rastlaşırlar. Məhlul çöküntü ilə qaldıqda hər hansı qarışıq sonradan tədricən çöküntü şəklində ayrılır.

Biz gördük ki, həm qoşaçökmə, həm də sonradan çökmə bir çox ionların analitik ayrılması zamanı ciddi maneəçilik törədir. Lakin qoşaçökmə hadisəsinin müsbət rolu da ola bilər. Məhlulda çox az miqdarlarda olan ionları qoşaçökmənin köməyi ilə qatılaşdırmaq olar. Analizdə bundan çox istifadə edilir.

Məsələn, əgər məhlulda  $\text{Cu}^{2+}$  ionları çox az miqdarda olarsa, onda onlar  $\text{H}_2\text{S}$  təsirindən çökməyəcəklər. Lakin məhlula azacıq miqdarda ikivalentli civə duzu əlavə edilərsə, onda hidrogen-sulfidin təsirindən əmələ gələn  $\text{HgS}$  çöküntüsü  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarını da özü ilə birlikdə çökdürəcək. Alınan çöküntünü  $\text{HgS} + \text{CuS}$  qızartdıqda civə kənar olunacaq (əmələ gələn  $\text{HgO}$  sərbəst civə və oksigenə qədər parçalanacaq və uçacaqdır),  $\text{CuS}$  isə  $\text{CuO}$ -ə çevriləcək. Alınan mis 2-oksidi bir neçə damcı HCl-da həll etdikdən sonra məhlulda asanlıqla  $\text{Cu}^{2+}$  ionları təyin olunur.

Yuxarıdakı əməliyyata kollektor ilə çökdürmə deyilir. Burada kollektor (daşıyıcı) rolunu HgS oynayır. HgS kollektorunda Cu<sup>+</sup> ionları qatılaşdığından onun az miqdarlarını təyin etmək imkanı yaranır. Kollektor ilə çökdürmədən həm vəsfi, həm də miqdarı analizdə geniş istifadə edilir.

## 5.5. OKSIDLƏŞMƏ-REDUKSIYA PROSESLƏRİ

Əvvəllərdə oksidləşmə prosesini yalnız maddələrin oksigenlə birləşməsi, reduksiyanı isə oksigenin maddələrdən ayrılması kimi izah edirdilər. Lakin bu məsələnin sonrakı tədqiqi nəticəsində məlum oldu ki, oksidləşmə elementin elektron itirməsi; reduksiya isə elektron birləşdirməsi prosesindən ibarətdir.

Atom elektron itirdikdə mənfəi yükünün miqdarı azalır. Nəticədə elektroneytral atom müsbət yüklü iona çevrilir, daha doğrusu, oksidləşir.

Bunun əksinə olaraq, atom elektron qəbul etdikdə, mənfəi yükünün miqdarı çoxalır, nəticədə elektroneytral atom mənfəi yüklü iona çevrilir; daha doğrusu reduksiya olunur.

Atom qəbul etdiyi və ya itirdiyi elektronların sayı qədər elektrik yükünə malik iona çevrilir. İonun elektrik yükünün mütləq qiyməti onun valentliyini göstərir.

Neytral atomlardan əlavə, ionlar da elektron qəbul edə bilər və itirər; daha doğrusu, reduksiya oluna və ya oksidləşə bilər.

Bəzi maddələr yalnız oksidləşdirici, yaxud yalnız reduksiyaedici ola bildikləri halda, bəzi maddələr üçün bu xüsusiyyət reaksiya şəraitindən asılıdır. Mürəkkəb maddənin tərkibindəki element özünün ən yüksək oksidləşmə dərəcəsinə olduqda həmin maddə yalnız oksidləşdirici ola bilər; çünki birləşmədə yüksək valentli element valentliyini yalnız azalda bilər; başqa sözlə, elektron qəbul edə bilər. Məsələn, HClO<sub>4</sub>-də xlor +7 oksidləşmə dərəcəsi göstərir. O heç vaxt valentliyini artırma bilməz, lakin azalda bilər. Yəni, elektron qəbul edə bilər. Demək, HClO<sub>4</sub> yalnız oksidləşdirici ola bilər.

Mürəkkəb maddənin tərkibindəki element özünün ən aşağı oksidləşmə dərəcəsinə olduqda, həmin maddə yalnız reduksiyaedici ola bilər. Çünki birləşmədə ən aşağı valentli element, va-

lentliyini yalnız artırır bilər; yəni, elektron itirə bilər. Məsələn,  $H_2S$ -də kükürd-2 oksidləşmə dərəcəsinə göstərir. Ona görə də elektron itirərək oksidləşə bilər. Deməli,  $H_2S$  reduksiyaediciyədir.

Yuxarıda göstərilən ümumi qaydaları xlorit turşusuna ( $HClO_2$ ) tətbiq edərək onun oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedici olduğunu müəyyən edə bilərik. Xlorit turşusunda xlor +3 oksidləşmə dərəcəsinə göstərir. O şəraitdən asılı olaraq iki elektron itirər və +5 oksidləşmə dərəcəsinə göstərir. Bundan başqa, xlorit turşusundakı xlor dörd elektron itirərək, +7 oksidləşmə dərəcəsinə göstərə bilər. Digər tərəfdən, xlorit turşusundakı xlor şəraitdən asılı olaraq 1, 2, 3 və 4 elektron qəbul edərək +2, +1, 0 və -1 oksidləşmə dərəcəsi göstərə bilər. Yuxarıda deyilənlərdən aydın olur ki, xlorit turşusundakı xlorun oksidləşmə dərəcəsi həm artır, həm də azala bilər.

Söz yox ki, bu da reaksiya şəraitindən və xlorit turşusu ilə reaksiyaya girən maddələrin təbiətindən asılıdır. Nəticə etibarilə demək olar ki, şəraitdən və reaksiyaya girən maddələrin təbiətindən asılı olaraq xlorit turşusu həm oksidləşdirici, həm də reduksiyaedici ola bilər.

Yalnız mürəkkəb maddələr deyil, eyni zamanda sərbəst atomlar da oksidləşdirici və reduksiyaedici ola bilərlər.

Müxtəlif elementlərin atomlarının elektron alıb-vermə qabiliyyəti müxtəlif olduğuna görə oksidləşdirici və reduksiyaedici maddələrin fəallığı da müxtəlif olmalıdır. Bir atom və ya ion nə qədər asanlıqla elektron vermə qabiliyyətinə malikdirsə, bir o qədər də onun reduksiyaedicilik qabiliyyəti yüksək olur. Digər tərəfdən atomun və ya ionun elektron almaq qabiliyyəti artıq ol-duqca, onun oksidləşdiricilik qabiliyyəti də o qədər yüksək olur.

Ümumi kimya kursundan məlumdur ki, kimyəvi reaksiyalarda atomun nüvəsi dəyişilmir. Atomun bir çox fiziki-kimyəvi xassələri elektron təbəqələri ilə əlaqədardır; hətta demək olar ki, atomun xarici elektron təbəqələri kimyəvi reaksiyalarda həlledici rol oynayır.

Atomun xarici elektron təbəqələrinin quruluşu ilə onun kimyəvi xassələri arasında sıx əlaqə vardır. Xarici təbəqədə olan elektronlar (bəzən də axırdan II və III təbəqədə) valentlik elektron-

ları adlanırlar. Valentlik elektronları nüvədən az və ya çox dərəcədə uzaqda olur və nüvə tərəfindən nisbətən zəif cəzb olunur.

D.İ.Mendeleyevin elementlərin dövri sistemində atomların xarici elektron təbəqələrində yerləşən elektronların sayı elementlərin sıra nömrələrinin artması ilə dövri olaraq dəyişir. Bundan da asılı olaraq elementlərin kimyəvi xassələri dövri olaraq dəyişir.

Atomun nüvəsinin yükü və təbəqələrindəki elektronların ümumi sayının müxtəlif olmasına baxmayaraq xarici elektron təbəqələrindəki elektronların sayı bərabər olarsa, həmin elementlərin kimyəvi xassələri də bir-birinə oxşar olar. Məsələn, VII qrupda yerləşən xlor, brom və yod atomlarının hər üçünün xarici elektron təbəqələrində olan elektronların sayı 7 olduğu üçün onların bir sıra fiziki-kimyəvi xassələri də bir-birinə oxşayır.

### 5.5.1. Mühüm reduksiyaedicilər

Reduksiyaedicilər elektroneytral atomlar və ionlar ola bilər.

Təsirsiz qazlardan və flüordan başqa bütün elementlər müəyyən şəraitdə reduksiyaedici ola bilər. Praktikada isə elektronlarını asanlıqla itirə bilən elementlər reduksiyaedici sayılır. Gündəlik laboratoriya praktikasında oksidləşdirici və reduksiyaedici kimi o maddələr işlədilir ki, onlar asanlıqla oksidləşdirir (reduksiya olunur) və ya reduksiya edir (oksidləşir).

Xarici elektron təbəqəsində 4-dən az elektron olan elementlər yalnız elektron itirmək qabiliyyətinə malik olduqlarına görə reduksiyaedicilərdirlər. Ən tipik reduksiyaedicilər Mendeleyev cədvəlinin 1-ci və 2-ci qruplarındakı əsas yarımqrup elementləridir. Məsələn, Na, K, Pb, Cs, Ca, Sr və Ba. Göstərilən elementlər şəraitdən asılı olaraq, hətta hidrogeni də reduksiya edir və nəticədə hidridlər alınır.

Birinci qrup elementlərinin atomlarının xarici elektron təbəqəsində 1, ikinci qrup elementlərində 2, üçüncü qrup elementlərində 3, qalan qrupların əlavə yarımqrup elementlərinin atomlarının xarici örtüklərində isə 2 elektron olduğu üçün bunlar elektron itirə bilirlər. Ona görə də reduksiyaedicidirlər.



Müxtəlif metalların reduksiyaedicilik qabiliyyəti də müxtəlif olur. Təbiidir ki, metal atomunun elektron itirmək qabiliyyəti nə qədər yüksək olarsa, reduksiyaedicilik qabiliyyəti də o qədər yüksək olar.

Məlumdur ki, atomun radiusu böyük olduqca valentlik elektronları da nüvədən uzaq olur. Belə olduqda isə nüvə ilə valentlik elektronları arasında cazibə qüvvəsi azalır və atomun elektron itirmək qabiliyyəti artır. Başqa sözlə, elementlərin dövri sisteminə qruplar üzrə yuxarıdan aşağıya gəldikcə atomların radiusu böyüyür. Bununla da elektron itirmək qabiliyyəti artır. Deməli, dövrün nömrəsi böyüdükcə elementlərin reduksiyaedicilik xassəsi artır. Məsələn, kalium metalı natrium metalından, barium metalı isə maqnezium metalından daha qüvvətli reduksiyaedicidir.

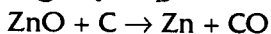
Metalın reduksiyaediciliyi, onun elektroneytral atomunun elektron itirərək müsbət iona çevrilməsi deməkdir.

Element nə qədər asanlıqla elektron itirərsə, o qədər də çətinliklə onu geri alır; əksinə, element nə qədər çətinliklə elektron itirərsə, o qədər də asanlıqla onu geri alır.

Metalların öz elektronlarını asanlıqla itirə bilmələri onların reaksiyaya girmək qabiliyyətini artırır. Məsələn, natrium metalı şiddətlə reaksiyaya daxil olaraq asanlıqla elektron itirir. Ona görə də natriumun reduksiyaedicilik qabiliyyəti yüksəkdir. Natrium metalı iona çevrildikdən sonra çətinliklə elektron qəbul edə bilir. Başqa bir misal göstərək. Mis metalı fəal deyildir; o, nisbətən çətinliklə elektron itirir. Mis ionu isə asanlıqla elektron qəbul edir. Mis ionu olan məhlula natrium metalı daxil edilərsə, asanlıqla o elektronunu itirər, mis ionu isə həmin elektronu asanlıqla qəbul edir. Əksinə, mis metalını natrium ionu olan məhlula daxil etdikdə heç bir dəyişiklik baş verməz. Lakin mis metalını gümüş ionu olan məhlula daxil etdikdə, mis metalı iona çevrilər, gümüş ionu isə metal şəklində sərbəst ayrılır. Demək, gümüş ionu mis ionuna nisbətən daha asanlıqla elektron almaq qabiliyyətinə malikdir. Buradan aydın olur ki, reaksiyaya girmək qabiliyyəti natrium metalında misdən, mis metalında isə gümüşdən daha yüksəkdir.

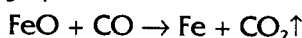
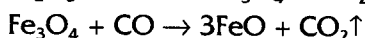
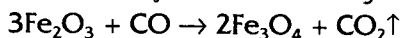
Laboratoriya praktikasında və texnikada çox rast gəlinən bəzi reduksiyaediciləri göstərək.

1. Karbon. Məlum olduğu kimi, karbon elementlərin dövri sistemində IV qrupda yerləşir. Onun xarici elektron təbəqəsində 4 elektron vardır. Karbon atomu çox zaman 4 elektron verir və bununla da o reduksiyaedici olur. Metalları oksidlərindən reduksiya etmək üçün karbon geniş miqyasda tətbiq edilir. Məsələn:



2. Karbon 2-oksidi. Birləşmələrində karbonun sabit valentliyi 4-dür. Ona görə də karbon 2-oksidi birləşməsində olan ikivalentli karbon asanlıqla 2 elektron itirir və bununla da 4 valentli olur.

Metallurgiya sənayesində metalları oksidlərindən reduksiya etmək üçün karbon 2-oksidi çox mühüm rol oynayır. Məsələn:



Məhlulda, adi temperaturda karbon 2-oksidi qızıl, platin, palladium və başqa elementlərin duzlarını sərbəst metala qədər reduksiya edir.

3. Dəmir, sink, alüminium və qalay metalları reduksiyaedici kimi üzvi maddələr istehsalında, xüsusən, nitrobirləşmələrin reduksiyasında tətbiq edilir.

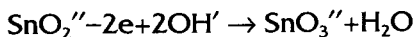
4. Hidrogen, bəzi nadir metalların oksidlərindən reduksiya etmək üçün tətbiq edilir.

5. İkivalentli qalay birləşmələri. Məlumdur ki, qalay birləşmələrində əsasən +4 oksidləşmə dərəcəsini göstərir. Ona görə də o asanlıqla ikivalentlidən dördvalentliyə keçir. İkivalentli qalay birləşmələrinin reduksiyaedici təsiri ondan ibarətdir ki,  $\text{Sn}^{II}$  ionu reduksiya olunan maddəyə (oksidləşdiriciyə) 2 elektron verərək özü  $\text{Sn}^{IV}$  ionuna çevrilir.



İkivalentli qalay, reduksiyaedicilik xassəsini həm turş, həm də əsasi mühitdə büruzə verir.  $\text{Sn}^{II}$  və  $\text{Sn}^{IV}$  ionlarının qələvi mühitdə sərbəst halda olmaları mümkün olmadığı üçün onlar mürəkkəb  $\text{SnO}_2^{II}$  (stannit) ionu və  $\text{SnO}_3^{II}$  (stannat) ionu əmələ gətirirlər.

Yuxarıda göstəriləyi kimi, birləşmələrində qalay əsasən dördvalentlidir. Qələvi mühitdə stannit ionu asanlıqla stannat ionuna oksidləşir:

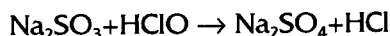


Buradan aydın olur ki, stannit ionu qələvi mühitdə reduksiyaediciyə.

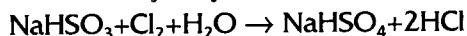
6. Sulfid turşusu və onun duzları. Birləşmələrində kükürdün valentliyi əsasən altıya bərabər olduğu üçün  $\text{SO}_3''$  ionu asanlıqla  $\text{SO}_4''$  ionuna oksidləşir. Bu halda sulfid birləşmələri reduksiyaedicidir.

Sulfid birləşmələrinin reduksiyaediciliyi onunla əlaqədardır ki, sulfid ionundakı 4 valentli kükürd, reduksiya olunan maddəyə (oksidləşdiriciyə) 2 elektron verərək tərkibində 6 valentli kükürd olan  $\text{SO}_4''$  ionuna çevrilir (oksidləşir).

Məsələn:

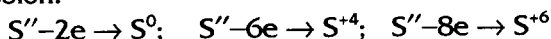


Natrium-sulfid və natrium-hidrosulfid fotoqrafiyada reduksiyaedici kimi, toxuculuq sənayesində isə ağardılmış parçada qalan xlor izlərini təmizləmək üçün işlədilir. Məsələn:



Sulfid turşusu və onun duzları bir sıra üzvi maddələrin də reduksiyası üçün tətbiq edilir.

7. Hidrogen-sulfid. Hidrogen-sulfidin reduksiyaedici təsiri ondan ibarətdir ki, mühitdən asılı olaraq  $\text{S}^{2-}$  ionu, oksidləşdiriciyə 2, 6 və ya 8 elektron verərək 0, +4, +6 oksidləşmə dərəcəsinə keçir. Məsələn:



4 və 6 valentli kükürd çox zaman  $\text{SO}_2$  və ya  $\text{SO}_3$  qazı, ya da  $\text{SO}_3''$  və  $\text{SO}_4''$  ionu şəklində olur. İkivalentli kükürd ionunun sərbəst kükürdə, dördvalentli və ya altıvalentli hala keçməsi, oksidləşdiricinin təbiətindən və reaksiya şəraitindən asılıdır.

8. Yodidlər. Yodidlərin reduksiyaedici təsiri ondan ibarətdir ki, yodid ionu ( $\text{I}'$ ) reduksiya olunan maddəyə (oksidləşdiriciyə) öz elektronunu verir. Bunun nəticəsində yodid ionu 0, +1, +3, +5, +7 oksidləşmə dərəcəsi vəziyyətinə keçir. Təbiidir ki, bu çevrilmələr oksidləşdiricinin təbiətindən və reaksiya şəraitindən

asıldır. Qələvi mühitdə yodid ionu +1 oksidləşmə dərəcəsi vəziyyətinə keçdiyi halda, həmin mühitdə temperaturdan asılı olaraq 0, +3, +5 və +7 oksidləşmə dərəcəsinə də keçə bilər. Turş mühitdə isə yodid ionu yalnız sərbəst yoda qədər oksidləşir.

Yodid ionu ilə bir çox maddələr reduksiya olunur. Təbiidir ki, həmin reaksiya nəticəsində yodid ionu oksidləşərək sərbəst yoda çevrilir. Məsələn, permanınatlar ( $MnO_4^-$ ), bixromatlar ( $Cr_2O_7^{2-}$ ), xloratlar ( $ClO_3^-$ ), nitritlər ( $NO_2^-$ ), arsenatlar ( $AsO_4^{3-}$ ),  $Fe^{3+}$  duzları və s. turş mühitdə yodidlərlə reduksiya olunduqda müvafiq  $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO$ ,  $AsO_3^{3-}$  və s. birləşmələri əmələ gəlir və sərbəst yod ayrılır.

9. Elektrik cərəyanı. Elektrik cərəyanı reduksiyaedici kimi geniş miqyasda tətbiq edilir. Müasir texnikada elektroliz üsulu ilə litium, natrium, kalsium, stronsium, barium, alüminium, mis, nikel, xrom, sink və s. metalları onların müvafiq məhlullarından, yaxud ərinmiş birləşmələrindən alırlar.

Elektrik cərəyanının reduksiyaedici təsiri onunla izah edilir ki, elektroliz zamanı məhluldan keçən elektrik cərəyanı, oradakı ionları istiqamətləndirir; o zaman müsbət ionlar katoda çatır və öz yüklərini ona verərək reduksiya olunurlar. Eyni zamanda mənfə yüklü ionlar anoda çatır və ondan elektron alaraq elektroneytral atoma çevrilirlər; daha doğrusu, oksidləşirlər.

### 5.5.2. Mühüm oksidləşdiricilər

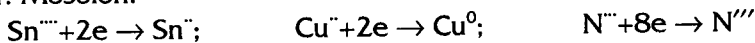
Oksidləşdiricilər neytral atom və ya müsbət yüklü ionlar ola bilər. Oksidləşdiricilər yalnız o atomlar ola bilər ki, onlar asanlıqla elektron birləşdirə bilsinlər.

Qeyri-metal atomları içərisində ən qüvvətli oksidləşdiricilər halogen atomları hesab olunur.

D.İ. Mendeleeyevin elementlərin dövrü sistemində IV-VII qrup elementlərinin atom radiusları böyüdükcə elektron birləşdirmək qabiliyyəti azalır. Ona görə də onların oksidləşdirici xassələri zəifləyir.

Qeyri-metal ionları nəinki oksidləşdirici, eyni zamanda reduksiyaedici də ola bilərlər. Bundan başqa, müsbət yüklə yüklənmiş metal və qeyri-metal ionları da oksidləşdirici ola bi-

lirlər. Belə halda onlar elektron qəbul edərək reduksiya olunurlar. Məsələn:



Bir qayda olaraq elementin oksidləşmə dərəcəsi çox olduqca onun oksidləşdirici təsiri də yüksək olur. Atomdan və ya iondan ayrılan elektronların sayı nə qədər çox olarsa, onların ayrılması üçün bir o qədər çox enerji lazım olar; enerji isə nə qədər çox tələb olunarsa, əmələ gələn ionlar elektronu da o qədər şiddətlə cəzb edər. Məsələn:  $\text{N}^{+++}$  ionu  $\text{N}^{0}$  ionuna nisbətən daha şiddətli oksidləşdirici xassəyə malikdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan bəzi elementlər məhlulda yalnız mürəkkəb anionlar şəklində olurlar. Bu hal heç də onların oksidləşdirici xassələrini zəiflətmir.

Flüor, ozon, qurğuşun 2-oksidi, "nəcib" metalların ionları, oksidləşmə dərəcəsi yüksək olan elementlər, nisbətən qüvvətli oksidləşdiricilərdir.

Laboratoriya praktikasında və istehsalatda ən çox rast gəlinən oksidləşdiricilərin bəziləri ilə tanış olaq.

1. Oksigen. Məlumdur ki, oksigen atomunun xarici elektron təbəqəsində 6 elektron vardır. Oksigenin oksidləşdirici təsirinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, o asanlıqla 2 elektron qəbul edərək 8 elektronlu davamlı elektron konfigurasiyasına malik olur. Söz yox ki, oksigen elektron alaraq oksidləşmə dərəcəsi mənfi iki olan iona çevrilir; daha doğrusu, reduksiya olunur.

İstehsalatın müxtəlif sahələrində, xüsusilə, metallurgiya və kimya sənayesində oksigen geniş miqyasda tətbiq edilir. Oksigenin asetilenlə qarışığı yüksək temperatur ( $3500^{\circ}\text{C}$ ) almaq üçün istifadə edilir.

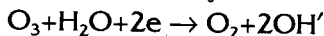
Oksigen aşağıdakı tənlik üzrə oksidləşmə reaksiyasına daxil olur:



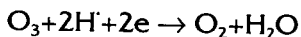
2. Ozon oksigenə nisbətən daha qüvvətli oksidləşdirici xassəyə malikdir. Ozonun qüvvətli oksidləşdirici xassəsi onun asanlıqla parçalanaraq bir atom oksigen verməsi ilə izah olunur. Ozon qızıl, platin və iridiumdan başqa bütün metalları onların oksidlərinə, ammonyaku nitrat turşusuna, sulfidləri sulfatlara qədər oksidləşdirir.

Qüvvətli oksidləşdirici olaraq ozon bakteriyaları məhv edir. Ona görə də ozon suyu yoluxdurucu mikroorqanizmlərdən təmizləmək və havanı dezinfeksiya etmək üçün işlədilir.

Neytral mühitdə ozonla oksidləşmə

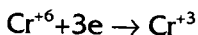


turş mühitdə isə



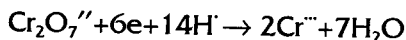
reaksiya tənlikləri üzrə gedir.

3. Xromat və bixromat turşuları yalnız məhlulda məlumdur. Bir qayda olaraq  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  və  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  duzlarından müxtəlif maddələrin oksidləşdiricisi kimi istifadə edirlər. Turş mühitdə xromat ( $\text{CrO}_4''$ ) ionu da bixromat ionuna çevrildiyi üçün laboratoriya praktikasında oksidləşdirici kimi əsasən,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  tətbiq edilir. Xromat və bixromatların turş mühitdə oksidləşdirici təsirinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, oksidləşmə dərəcəsi +6 olan xrom oksidləşən maddədən (reduksiyaedici) 3 elektron alaraq, oksidləşmə dərəcəsi +3 olan iona çevrilir; bu da üçvalentli xrom ionunun daha da sabit olması ilə izah edilir:



Üçvalentli xrom ionu məhlulda özünü kation kimi aparır. Ona görə də bixromat ionundan oksigenin ayrılması üçün məhlulda hidrogen ionları qatılığı kifayət qədər olmalıdır.  $\text{Cr}_2\text{O}_7''$  ionunun tamamilə  $\text{Cr}'''$  ionuna çevrilməsi üçün 7 oksigen atomu ayrılmalıdır. Bunun üçün də 14 hidrogen ionunun reaksiyada iştirak etməsi zəruridir.

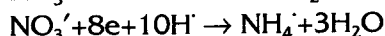
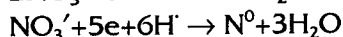
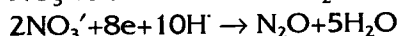
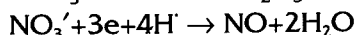
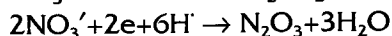
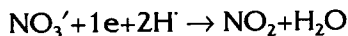
Bu səbəbdən də reaksiya qüvvətli turşu mühitdə aparılır. Bixromatın reduksiyası prosesini aşağıdakı ion tənliyi ilə göstərmək olar:



4. Nitrat turşusu qüvvətli oksidləşdiricilərdən biridir. O, bir çox metal və qeyri-metalları oksidləşdirir. Məsələn, kükürdü sulfatlara, fosforu fosfatlara, karbonu karbon 4-oksida qədər oksidləşdirir. Nitrat turşusunun oksidləşdirici təsirinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, nitrat ionuna daxil olan oksidləşmə dərəcəsi +5 olan azot şəraitdən asılı olaraq reduksiyaedici) 1,2,3,4,5, yaxud 8 elektron qəbul edərək +4, +3, +2, +1, 0 və -3 oksidləşmə dərəcəsi vəziyyətinə keçir. Nitrat ionundakı azotun oksidləşmə dərəcəsi

cəsinin azalması ilə əlaqədar olaraq, nitratda olan oksigenin miqdarı azalmalıdır. Lakin oksigenin nitratdan ayrılması üçün məhlulda hidrogen ionlarının qatılığı kifayət qədər olmalıdır.

Nitrat ionunun reduksiya olmasını aşağıdakı ion tənlikləri ilə ifadə etmək olar:



Qatı nitrat turşusunu su ilə durulaşdırdıqca onun oksidləşdirici xassəsi azalır. Nitrat turşusu qızdırıldıqda daha qüvvətli oksidləşdirici kimi təsir göstərir.

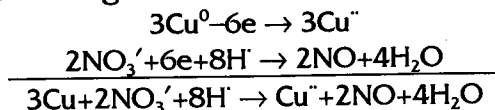
Nitrat turşusunun reduksiyası nəticəsində əmələ gələn məhsul, reduksiyaedici təbiətindən, nitrat turşusunun qatılığından, temperaturdan və s. faktorlardan asılıdır.

Bir qayda olaraq, demək olar ki, nitrat turşusunun axıra qədər reduksiyası üçün ən əlverişli şərait, nisbətən qüvvətli reduksiyaedici təbiiq edilməsi, nitrat turşusunun duru götürülməsi və reaksiyanın soyuq şəraitdə aparılmasından ibarətdir. Çox zaman nitrat turşusu reduksiya olduqda, NO və NO<sub>2</sub> əmələ gəlir. Bundan əlavə qatı nitrat turşusu reduksiya olanda NO<sub>2</sub> duru nitrat turşusu reduksiya olanda isə NO alınır.

Sərbəst halda metalların əksəriyyəti nitrat turşusunda həll olur. Məlum olduğu kimi, qızıl və platin nitrat turşusunda həll olmur.

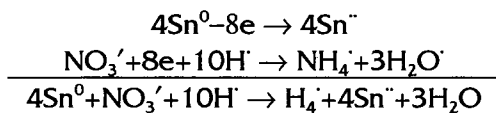
Nitrat turşusu ilə sərbəst metallar arasında gedən qarşılıqlı təsirin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, metal atomu öz valent elektronlarını nitrat turşusunda olan beşvalentli azota verir və nəticədə müsbət yüklü iona çevrilir.

Müxtəlif metallar nitrat turşusunu müxtəlif cür reduksiya edirlər. Məsələn, mis metalı ilə nitrat turşusu arasındakı reaksiya aşağıdakı sxem üzrə gedir:

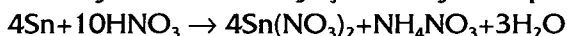


Soyuq şəraitdə çox duru nitrat turşusu ilə maqnezium, sink, qalay və s. kimi metallara təsir etdikdə, nitrat turşusunda olan azot -3 oksidləşmə dərəcəsinə qədər reduksiya olunur.

Məsələn:



Həmin reaksiya molekul tənliyi şəklində yazıldıqda,



alınır.

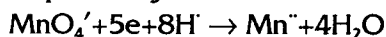
Qüvvətli reduksiyaedici metallar, oksidləşmə dərəcəsi +5 olan nitrat turşusundakı azotu -3 oksidləşmə dərəcəsinə qədər reduksiya edirlər.

Metalların gərginlik sırasında hidrogendən sonra yerləşən metallar nitrat turşusuna təsir edir və onun qatılığından asılı olaraq NO yaxud, NO<sub>2</sub> ayırırlar.

Hidrogendən əvvəl yerləşən və ona yaxın olan metallar da çox zaman nitrat turşusunun qatılığından asılı olaraq NO və NO<sub>2</sub>-dən əlavə N<sub>2</sub>O-da ayırırlar.

5. Kalium-permanqanat turş mühitdə qüvvətli oksidləşdiricidir. O, bir sıra üzvi birləşmələrin oksidləşdirilməsində tətbiq edilir. Kalium-permanqanatın oksidləşdiricilik təsiri onunla izah olunur ki, oksidləşmə dərəcəsi müsbət 7 olan manqan (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> anionunda) oksidləşən maddədən, mühitdən asılı olaraq, 3 yaxud 5 elektron qəbul edir və nəticədə +4, yaxud daha sabit +2 oksidləşmə dərəcəsinə qədər reduksiya olunur.

Kalium-permanqatda oksidləşmə dərəcəsi +7 olan manqan +2 oksidləşmə dərəcəsinə qədər reduksiya olarkən oksigen ionları manqandan ayrılmalıdır. Məsələn:

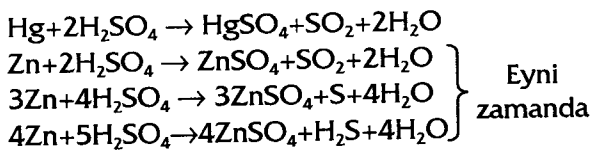


Hidrogen ionlarının məhlulda qatılığı az olduqda, oksidləşmə dərəcəsi +7 olan manqan +4 oksidləşmə dərəcəsinə qədər reduksiya olur. Kalium-permanqanat turş mühitdə ikivalentli qalayı və dəmiri, dörd və üçvalentliyə; sulfidləri-sulfatlara; nitritləri-nitratlara və s. qədər oksidləşdirir.

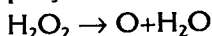
6. Qatı sulfat turşusu nisbətən qüvvətli oksidləşdiricidir. Xüsusən yüksək temperaturda o karbonu - CO<sub>2</sub>-ə, kükürdü -



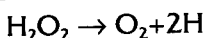
SO<sub>2</sub>-ə, HJ və HBr-i (bir qədər) sərbəst yod və brom qədər oksidləşdirir. Duru sulfat turşusu mis, gümüş, civə və s. metalları oksidləşdirə bilmir. Qatı sulfat turşusu oksidləşdirici kimi təsir etdikdə, kükürdün oksidləşmə dərəcəsinin azalması hesabına SO<sub>2</sub>-yə sərbəst kükürd və hətta sulfid turşusuna qədər reduksiya olunur:



7. Hidrogen-peroksidin oksidləşdirici təsiri, onun asanlıqla atomar oksigen və suya parçalanması ilə izah edilir:



Bəzi hallarda hidrogen-peroksid çox qüvvətli oksidləşdiricilərlə reaksiyaya daxil olduqda özünü reduksiyaedici kimi aparır. Bu zaman sərbəst oksigen və atomar hidrogen alınır:



Hidrogen-peroksid texnikada parçanın, fil dişinin, küləşin, xəzlərin və s. ağardılmasında istifadə olunur. Hidrogen-peroksid rəngsizləşdirici kimi tətbiq edildikdə maddənin keyfiyyətini aşağı salır. Hidrogen-peroksidin duru məhlulu tibbdə qarqara etmək və yaraları yumaq üçün işlədilir. O, yağlı boya ilə çəkilən köhnəlmiş şəkilləri təmizləmək işində də tətbiq edilir.

8. Manqan 4-oksit qüvvətli oksidləşdiricilər sırasına daxildir. +4 oksidləşmə dərəcəsinə olan manqan asanlıqla 2 elektron alır və oksidləşdirici təsir göstərir.

Manqan 4-oksit turş mühitdə xlorid turşusundan xlorun alınmasında, şüşə sənayesində, müxtəlif kükürlü birləşmələrin oksidləşdirilməsində işlədilir və s.

9. Qurğuşun 4-oksit nisbətən qüvvətli oksidləşdiricilər sırasına daxildir. Onun əsas valentliyi iki olduğu üçün asanlıqla 2 elektron alır. Bununla da oksidləşdirici təsir göstərir. O, qurğuşunlu akkumulyator hazırlamaq işində geniş miqyasda tətbiq olunur.

10. Ağardıcı əhəng. Qüvvətli oksidləşdiricilər sırasına daxildir. Parçaların, kağızların ağardılmasında və dezinfeksiya işlərində geniş miqyasda tətbiq edilir.

11. Kalium-xlorat və xlorat turşusunun oksidləşdirici təsiri onunla izah olunur ki, onların molekulunda oksidləşmə dərəcəsi +5 olan xlor, oksidləşən maddədən 6 elektron qəbul edərək -1 oksidləşmə dərəcəsində olan xlorə çevrilir:



Cl' ionu mənfi yüklü oksigen ionu ilə birləşə bilmir. Ona görə də ayrılan oksigen ionlarının birləşməyə daxil olması üçün məhlulda kifayət qədər hidrogen ionları olmalıdır. Beləliklə, xlorat ionunun oksidləşdirici xassəsi ancaq qüvvətli turşu mühitdə mümkündür.

Kalium-xlorat qatı nitrat turşusu mühitində üçvalentli xromu - xromata, qatı xlorid turşusu mühitində ikivalentli dəmiri - üçvalentli dəmirə, arsen 3-sulfidi və arsen 5-sulfidi  $\text{AsO}_4^{\text{V}}$  oksidləşdirir.

Xlorat turşusunun 40%-li məhlulu yanan maddələrə (məsələn, kağıza) asanlıqla təsir edir və onları alovlandıraraq oksidləşdirir. Lakin xlorat turşusunun duzları suda həll olduqda oksidləşdiricilik xassəsini büruzə verə bilmir.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, maddələrin oksidləşdirici və reduksiyaedici qruplara bölünməsi, müəyyən dərəcədə şərti xarakter daşıyır.

### 5.5.3. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərinin düzəldilməsi

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini düzəldərkən birləşmələrdə və ya mürəkkəb ionlarda elementlərin oksidləşmə dərəcəsini təyin etməyi bacarmaq üçün aşağıdakıları bilmək lazımdır.

1. Metal hidridlərindən başqa ( $\text{KH}$ ,  $\text{CaH}_2$  və s.) qalan birləşmələrdə hidrogenin oksidləşmə dərəcəsi +1-dir.
2. Flüorun oksidləşmə dərəcəsi bütün hallarda -1-dir.
3. Qələvi metallar bütün birləşmələrdə +1, qələvi-torpaq metalları isə +2 oksidləşmə dərəcəsi göstərir.

4. Oksigenin oksidləşmə dərəcəsi əksər birləşmələrdə  $-2$ ,  $F_2O$  birləşməsində  $+2$ , peroksidlərdə ( $H_2O_2$ ,  $BaO_2$ ) isə  $-1$ -dir.

5. Bir sıra elementlərin oksidləşmə dərəcəsi dəyişkəndir. Məsələn, qalay  $+2$ ,  $+4$ , kükürd  $-2$ ,  $+4$ ,  $+6$  oksidləşmə dərəcəsi göstərir.

6. Elementlərin oksidləşmə dərəcəsi  $-4$ -dən  $+8$ -ə qədər dəyişə bilər.

Hər bir element üçün maksimum oksidləşmə dərəcəsi onun dövrü sistemdə yerləşdiyi qrupun nömrəsinə uyğun gəlir.

7. Birləşmələrdə elementin oksidləşmə dərəcəsi molekul əmələ gələn zaman itirdiyi, yaxud birləşdirdiyi elektronların sayına bərabərdir.

8. Şəraitdən asılı olaraq eyni bir element müxtəlif oksidləşmə dərəcəsi göstərə bilər. Məsələn, xlor  $NaCl$  və  $CaCl_2$  birləşmələrində  $-1$ ,  $NaOCl$  birləşməsində  $+1$ ,  $KClO_3$  birləşməsində  $+5$  oksidləşmə dərəcəsi göstərir.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tənliklərini düzəltmək üçün reduksiyaedici və oksidləşdiricini müəyyən etmək, reduksiyaedicinin verdiyi və oksidləşdiricinin aldığı elektronların sayını bilmək lazımdır.

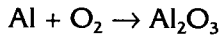
Oksidləşmə-reaksiya reaksiyalarında, reduksiyaedicinin itirdiyi elektronların sayı oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların sayına bərabər olmalıdır.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərinin əmsallaşdırılması aşağıdakı qayda ilə aparılır.

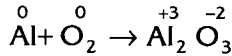
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini düzəldərkən reaksiyaya daxil olan və reaksiyadan alınan məhsulların kimyəvi formullarını bilmək zəruridir. Bunun üçün onları ya xüsusi tədqiqat yolu ilə, yaxud reaksiyada iştirak edən maddələrin məlum xassələrinə əsasən təyin edirlər.

Yuxarıda deyilənləri aydınlaşdırmaq məqsədilə, alüminium oksigenlə oksidləşməsi reaksiyası tənliyini düzəldək. Tənliyin düzəldilməsini bir qayda olaraq aşağıdakı ardıcıl planla aparmaq məsləhətdir:

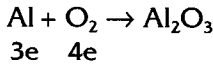
1. Götürülən və alınan maddələrin formullarını yazmaq (şərti olaraq həmişə birinci yerdə reduksiyaedicini, ikinci yerdə isə oksidləşdiricini yazmaq) lazımdır.



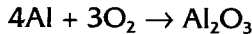
2. Oksidləşmə dərəcəsinə dəyişən atom və ya ionların oksidləşmə dərəcəsi tapılır:



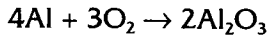
3. Reduksiyaedicilərin verdikləri və oksidləşdiricilərin aldıkları elektronların sayını müəyyən edib, hər birinin öz kimyəvi işarəsi və ya formulu altında yazmaq:



4. Verilən və qəbul edilən elektronların sayını bərabərləşdirmək üçün tapılan əmsalların yeri dəyişdirilir və mümkün olan halda ixtisar aparılır:



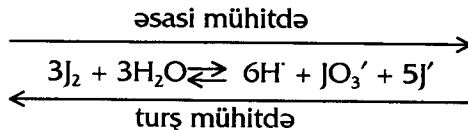
5. Reaksiyaya daxil olan və reaksiyadan sonra alınan hər bir elementin atomlarının sayı yoxlanır və müvafiq əmsallar yazılır:



6. Tənliyin hər iki tərəfində olan element atomlarını saymaqla tənliyin düzgün tərtib olunub-olunmamasını yoxlamaq lazımdır.

Qeyd: Bir qədər təcrübə qazandıqdan sonra söz yox ki, yuxarıda göstərilən əməliyyatı təkrar etmədən bir dəfəliyə yazmaq olar.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini düzəldərkən yaddan çıxarmaq olmaz ki, həmin proseslərin müəyyən istiqamətə doğru aparılması, birinci növbədə reaksiyanın mühitindən asılıdır. Çox zaman oksidləşdirici və reduksiyaedicilər özlərinin xassələrini yalnız müəyyən mühitdə biruzə verirlər. Reaksiyanın mühiti turş, əsas və ya neytral ola bilər. Hətta, mühit prosesin istiqamətini də dəyişdirə bilər. Məsələn,



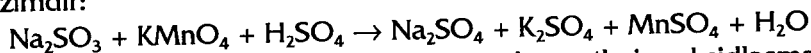
Bu misalda qələvi mühit, reaksiyanın istiqamətini soldan-sağa, daha doğrusu,  $\text{JO}_3'$  və  $\text{J}'$  əmələ gəlməsi istiqamətinə doğru yönəldir. Çünki qələvi mühitdə məhlulda olan hidrosil ionları,

hidrogen ionları ilə birləşərək onun qatılığını azaldır. Ona görə də reaksiya soldan sağa doğru gedir. Turş mühit isə reaksiya tarazlığını sağdan-sola, daha doğrusu  $J_2$  və  $H_2O$  əmələ gəlməsi istiqamətinə doğru yönəldir. Çünki turş mühitdə hidrogen ionları,  $HJO_3$  molekulunun oksigeni ilə birləşərək praktiki olaraq dissosiasiya etməyən su molekulu əmələ gətirir.

Reaksiyada turş mühit yaratmaq üçün çox zaman sulfat turşusundan istifadə edilir. Xlorid və nitrat turşuları nisbətən az hallarda tətbiq edilir. Bunun səbəbi odur ki, qatı xlorid turşusu reduksiyaedici xassəyə malikdir; nitrat turşusu isə özü qüvvətli oksidləşdiricidir. Ona görə də xlorid və nitrat turşularınınin tətbiq edilməsi, aralıq maddələrin alınmasına səbəb olur. Qələvi mühit yaratmaq üçün, əsasən,  $NaOH$  və  $KOH$ -dan istifadə edilir.

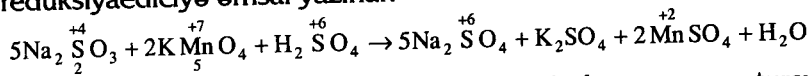
Turş mühitdə aşağıdakı ardıcılığı saxlamaqla, natrium-sulfit və kalium-permanqanat arasında gedən reaksiya tənliyini tərtib edək:

1. Götürülən və alınan maddələrin formullarını yazmaq lazımdır:



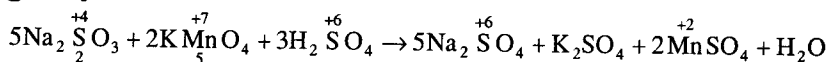
2. Oksidləşmə dərəcəsi dəyişən elementlərin oksidləşmə dərəcəsinə müəyyən edib, verilən və qəbul edilən elektronların sayını onların kimyəvi işarəsi altında yazmaq lazımdır.

Məsələn,  $Na_2SO_3$  molekulunda  $S^{+4}$  ( $SO_3''$ ), ionu reduksiyaediciyədir. O, iki elektron verib  $S^{+6}$  ( $SO_4''$ ) ionuna çevrilmiş və bununla da oksidləşmə dərəcəsi artmışdır.  $KMnO_4$  molekulunda isə  $MnO_4'$  ( $Mn^{+7}$ ) ionu oksidləşdiricidir. O, turş mühitdə beş elektron alıb  $Mn^{+2}$  ionuna çevrilmişdir və manqanın oksidləşmə dərəcəsi artmışdır. Beləliklə, reduksiyaediciyənin (kükürdün) altından 2, oksidləşdiricinin (manqanın) altından isə 5 rəqəmi yazılır. Ondan sonra 2 rəqəmini oksidləşdiriciyə, 5 rəqəmini isə reduksiyaediciyə əmsal yazırlar.

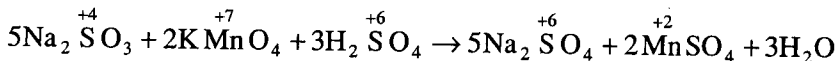


3. Sağ tərəfdə olan turşu qalıqlarının miqdarına əsasən turşu üçün əmsal tapılır. Reaksiya nəticəsində səkkiz turşu qalığı alınmışdır ki, bunların da beşi oksidləşmə-reduksiya prosesi

nəticəsində, üçü isə sulfat turşusu molekulu hesabına əmələ gəlmişdir.

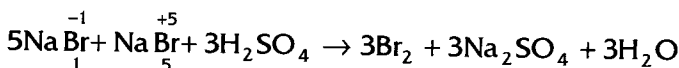


4. Sol tərəfdə olan hidrogen ionlarının miqdarına əsasən sağ tərəfdə su molekulunun miqdarı müəyyən edilir. Beləliklə, tənlik aşağıdakı kimi yazılmalıdır:

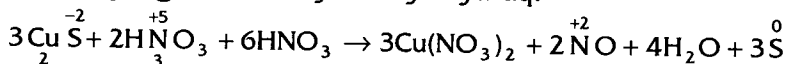


Tənliyin hər iki tərəfində atomlar sayının bir-birinə bərabər olmasını yoxlamaqla, əmsalların düzgün qoyulmasına inanmaq olar.

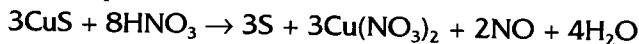
Reduksiyaedici mənfə oksidləşmə dərəcəsinə malik halogen ionu, oksidləşdirici isə müsbət oksidləşmə dərəcəli həmin halogen olduqda, nəticədə oksidləşdirici və reduksiyaedici neytral molekulaya qədər reduksiya olunur və oksidləşir. Məsələn:



Nitrat turşusunun oksidləşdirici xassələri ilə yuxarıda tanış olduq. İndi isə mis 2-sulfidin qatı və duru nitrat turşusu ilə qaynatdıqda gedən reaksiya tənliyini yazmaq:

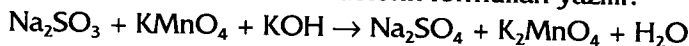


Birinci tənlikdə nitrat turşusu molekulundan iki dəfə götürülməsinin səbəbi, onun ancaq 2 molekulunun oksidləşməyə sərf olunduğunu, 6 molekulunun isə düzəmələgəlmədə iştirak etməsini göstərməkdir. Söz yox ki, həmin tənliyi başqa şəkildə yazmaq olar:

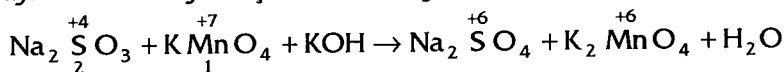


Natrium-sulfidin qələvi mühitdə və reduksiyaedici çatışma-dıqda kalium-permanqanatla reaksiya tənliyini tərtib edək. Bu-nun üçün yuxarıda göstərilmiş ardıcılığa riayət edək:

1. Götürülən və alınan maddələrin formulları yazılır:



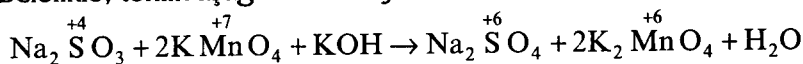
2. Oksidləşmə dərəcəsini dəyişən elementlərin oksidləşmə dərəcəsi müəyyən edilir, verilən və qəbul edilən elektronların sayı onların kimyəvi işarəsi altında yazılır:



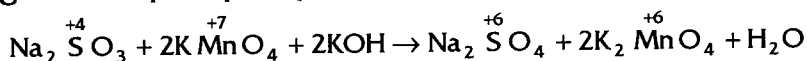
$\text{Na}_2\text{SO}_3$  molekulunda  $\text{SO}_3''$  ( $\text{S}^{+4}$ ) ionu reduksiyaedici olaraq iki elektron verir və  $\text{SO}_3''$  ( $\text{S}^{+6}$ ) ionuna çevrilir.

$\text{KMnO}_4$  molekulunda  $\text{MnO}_4'$  ( $\text{Mn}^{+7}$ ) ionu oksidləşdirici olaraq qələvi mühitdə, həm də reduksiyaedici çatışmadıqda, bir elektron qəbul edir və  $\text{MnO}_4''$  ( $\text{Mn}^{+6}$ ) ionuna reduksiya olunur.

Reduksiyaedicinin altından 2, oksidləşdiricinin altından isə 1 rəqəmi yazılır. Sonra da oksidləşdirici və reduksiyaedici üçün əmsal tapılır. Onun üçün reduksiyaedicinin itirdiyi elektronların sayını (2-ni) oksidləşdiriciyə; oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların sayını (1-i) isə reduksiyaediciyə yazmaq lazımdır. Ona görə də reaksiyaya 1 molekul  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 2 molekul  $\text{KMnO}_4$  tələb olunur. Beləliklə, tənlik aşağıdakı kimi yazılır:



3. Qələvi molekulu üçün əmsal tapılır. Bunun üçün tənliyin sağ və sol tərəfində oksidləşmə dərəcəsini dəyişməyən metal ionlarının sayını tapıb fərqə görə əmsallar müəyyən edilir. Aşağıdakı tənliyin sağ tərəfində 4K, sol tərəfində 2K vardır. Ona görə də fərq 2 rəqəmi qələvi üçün əmsal yazılır:



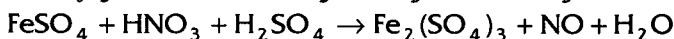
4. Hidrogen atomlarının sayını yoxlayaraq əmələ gələn su molekulunun miqdarını müəyyən etmək lazımdır. Göstərdiyimiz misalda su bir molekuldur.

Oksidləşmə-reduksiya reaksiya tənlikləri əmsallarının düzəldilməsində yuxarıda göstərdiyimiz qaydadan əlavə, çox zaman aşağıdakı üsuldan da istifadə edirlər.

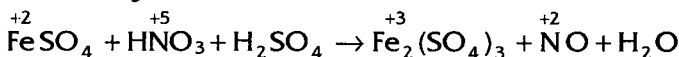
Bu qaydanı izah etmək üçün turş və əsasi mühitdə bir neçə misal göstərək:

1-ci misal.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mühitində  $\text{HNO}_3$  turşusunun təsiri ilə  $\text{FeSO}_4$ -in oksidləşməsi.

1. Hər şeydən əvvəl reaksiya tənliyinin sxemi yazılır:



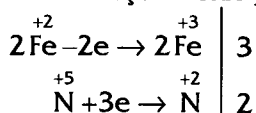
2. Oksidləşmə dərəcəsini dəyişən atom və ya ionların oksidləşmə dərəcəsi tapılır və tapılan rəqəmlər onların kimyəvi iştirəsi üstündə yazılır.



3. Aşağıdakı mühakiməyə əsasən, elektronların yenidən paylanması sxemi tərtib edilir. Reaksiyada  $\text{Fe}^{+2}$   $\text{Fe}^{+3}$  vəziyyətinə keçmişdir. Ona görə də  $\text{Fe}^{+2}$  oksidləşmə dərəcəsini bir vahid artırmış və nəticədə oksidləşmişdir: daha doğrusu, 1 elektron itirmişdir. Eyni zamanda buradan aydın olur ki,  $\text{Fe}^{+2}$  reduksiyaedicidir.

Reaksiya tənliyinin sol tərəfində +5 oksidləşmə dərəcəsi olan azot, oksidləşmə dərəcəsini azaltmış və nəticədə reduksiya olunmuşdur; daha doğrusu 3 elektron qəbul etmişdir. Eyni zamanda buradan aydın olur ki,  $\text{N}^{+5}$  oksidləşdiricidir.

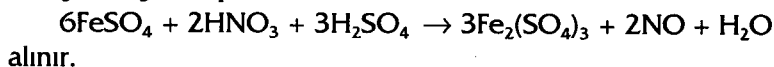
Beləliklə, reaksiya zamanı elektronların yenidən paylanması sxemini, azotun qəbul etdiyi elektronların sayını, dəmirin itirdiyi elektronların sayı ilə bərabərləşdirməklə yazaq:



+2 oksidləşmə dərəcəsində olan dəmirə 2 əmsal onə görə yazılmışdır ki, yuxarıdakı reaksiya tənliyi nəticəsində əmələ gələn dəmir 3-sulfat molekulunun tərkibində iki dəmir atomu vardır.

4. Maddə kütləsinin saxlanması qanununa əsasən oksidləşdirici və reduksiyaedicilər üçün əmsal müəyyən edək. Reduksiyaedicinin verdiyi elektronların ümumi sayı, oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların ümumi sayına mütləq bərabər olmalıdır. Ona görə də hər bir  $\text{N}^{+5}$  atomu üçün üç  $\text{Fe}^{+2}$  atomu tələb olunur.

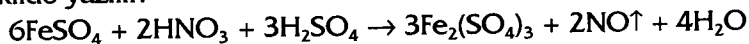
Buradan da aydın olur ki,  $2\text{HNO}_3$  molekulu  $6\text{FeSO}_4$  molekulu ilə reaksiyaya daxil olur. Müəyyən edilmiş əmsalları reaksiya tənliyində yazdıqda,





5. Yuxarıdakı tənlikdə sulfat turşusunun və suyun əmsali aşağıdakı kimi tapılır. Reaksiya zamanı alınmış  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -ün 3 molekulunda 9 turşu qalığı ( $\text{SO}_4''$ ) vardır.  $\text{FeSO}_4$ -ün 6 molekulunda isə yalnız altı turşu qalığı vardır. Ona görə də reaksiyada 3 molekul  $\text{H}_2\text{SO}_4$  iştirak etməlidir.

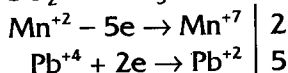
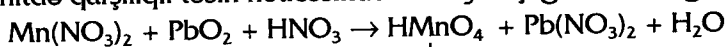
Bundan sonra əmələ gələn  $\text{H}_2\text{O}$  molekulunun miqdarını müəyyən etmək asandır. Bunun üçün reaksiya tənliyinin sol tərəfində olan hidrogen atomlarının sayı hesablanır. Hidrogen atomlarının sayı 8 atom edir ki, bu da 4 molekul su əmələ gətirə bilər. Beləliklə, tamamlanmış şəkildə reaksiya tənliyi aşağıdakı şəkildə yazılır:



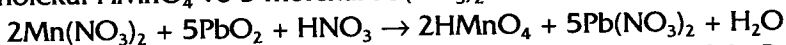
Tərtib olunmuş reaksiya tənliyinin düzgün olmasını yoxlamaq üçün tənliyin sol və sağ tərəfində olan oksigen atomlarının sayı hesablanır:

Tənliyin sol tərəfində  $\dots 6 \cdot 4 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 4 = 42$  oksigen atomu; tənliyin sağ tərəfində  $\dots 3 \cdot 12 + 2 + 4 = 42$  oksigen atomu vardır. Ona görə də tənlik düzgün tərtib edilmişdir.

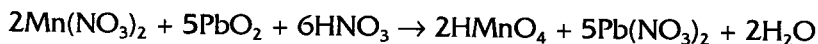
2-ci misal. Nitrat turşusu mühitində qurğuşun 4-oksidin təsiri ilə manqan-nitratın oksidləşməsi.  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  ilə  $\text{PbO}_2$ -nin turşu mühitdə qarşılıqlı təsiri nəticəsində reaksiya aşağıdakı kimi gedir:



Göstərilən sxemdən aydın olur ki,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ -in iki molekuluna 5 molekul  $\text{PbO}_2$  düşür. Belə olduqda reaksiya nəticəsində 2 molekul  $\text{HMnO}_4$  və 5 molekul  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  alınmalıdır.



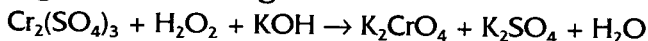
İndi də nitrat turşusu və su üçün əmsal müəyyən edək. Reaksiya nəticəsində alınan 5 molekul  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -də 10 turşu qalığı ( $\text{NO}_3'$ ) vardır. Lakin götürdüyümüz iki molekul  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ -də yalnız 4  $\text{NO}_3$  ionu vardır. Ona görə də reaksiyada 6 molekul nitrat turşusu iştirak etməlidir. Hidrogen atomları sayını bərabərləşdirmək üçün reaksiya tənliyinin sağ tərəfində su molekulu düsturuna 2 əmsal yazaq. Beləliklə, reaksiya aşağıdakı tamamlanmış şəkildə yazılır.



Reaksiya tənliyinin sol və sağ tərəfində olan oksigen atomlarını saymaqla tənliyin düzgün olub-olmamasına inanmaq olar.

Tənliyin sol tərəfində  $12+10+18=40$  atom-oksigen, tənliyin sağ tərəfində də  $8+30+2=40$  atom-oksigen vardır. Ona görə də tənlik düzgün tərtib edilmişdir.

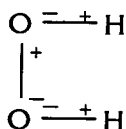
3-cü misal. KOH mühitində  $\text{H}_2\text{O}_2$  təsiri ilə  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ -in oksidləşməsi. Əsasi mühitdə  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilə  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ -in qarşılıqlı təsir reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu reaksiyada +3 oksidləşmə dərəcəsinə olan  $\text{Cr}^{+++}$  ionu +6 oksidləşmə dərəcəsinə olan  $\text{Cr}^{+6}$  ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) ionuna çevrilmişdir. Buradan aydın olur ki, 3 elektron itirmişdir. Beləliklə, o oksidləşmişdir. Demək,  $\text{Cr}^{+++}$  ionu reduksiyaediciyədir. Hidrogen-peroksiddə isə göstərilən şəraitdə oksidləşdiricidir, deməli, o elektron almışdır.

Hidrogen atomunun oksidləşmə dərəcəsi yalnız +1 olduğu üçün  $\text{H}_2\text{O}_2$  molekulunda oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1-dir.

Hidrogen-peroksiddə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi -1 olmasına inanmaq üçün quruluş formulu yazılır, eyni zamanda hidrogenlə oksigenin oksidləşmə dərəcəsi müəyyən edilir:

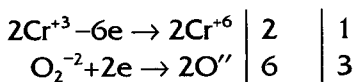


Buradan görünür ki, oksigen atomları həm öz aralarında, həm də hidrogenlə birləşir.

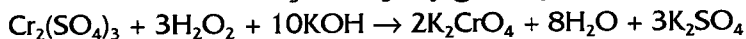
Yuxarıdakı quruluş formulu aydın olur ki, oksigen atomlarından biri sıfır, digəri isə -2 oksidləşmə dərəcəsinədir. Onda hər oksigen atomu -1 oksidləşmə dərəcəsinə malikdir.

Hidrogen-peroksiddə oksigenin -1 oksidləşmə dərəcəsinə olmasını bir də onunla izah etmək olar ki, o, özünü zəif turşu kimi aparır. Hidrogen-peroksiddə  $\text{O}_2^{2-}$  anionuna dissosiasiya edir. Reaksiya zamanı hər  $\text{O}_2^{2-}$  anionu 2 elektron ilə birləşərək  $2\text{O}^{2-}$  io-

nuna çevrilir ki, bu da  $\text{H}_2\text{O}$  molekulunun və  $\text{CrO}_4''$  anionunun əmələ gəlməsinə sərf olunur. Elektronların bölüşdürülməsi sxemi yazılır:



Nəticə etibarilə reaksiya tənliyi aşağıdakı şəkildə yazılır:



Qeyd etmək lazımdır ki, hidrogen-peroksid əksər hallarda tipik oksidləşdiricidir. Lakin o, şəraitdən asılı olaraq bəzən reduksiyaedici olur. Hidrogen-peroksidin reduksiyası çox zaman oksigeni artıq olan birləşmələrin təsiri ilə gedir. Məsələn,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$  və s. hidrogen-peroksidin iştirakı ilə yuxarıdakı oksidləşdiricilərdən oksigen ayrılır və daha möhkəm birləşməyə çevrilir.

Hidrogen-peroksidin reduksiyaedici təsirinin mahiyyətini hələ bu günə qədər qurtarmış hesab etmək olmaz.

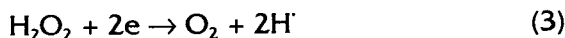
Hidrogen-peroksidin reduksiyaedici təsirinin izahı üsullarından biri aşağıdakı kimidir: hidrogen-peroksid oksigen molekuluna və atomar hidrogenə parçalana bilər:



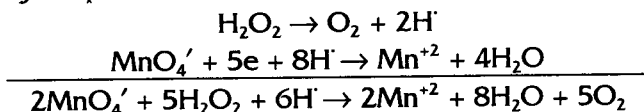
Məlumdur ki, atomar hidrogen qüvvətli reduksiyaedicidir. O, asanlıqla elektron itirərək hidrogen ionuna çevrilə bilər:



(1) və (2) tənlikləri toplayıb bir ümumi tənlik ilə yazdıqda, hidrogen-peroksidin reduksiyasını aşağıdakı kimi göstərmək olar:



Hidrogen-peroksidin reduksiyaedici təsirinə bir misal göstərək. Bunun üçün turş mühitdə  $\text{KMnO}_4$ -in  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilə reduksiyası tənliyini yazmaq:



Hidrogen-peroksidin oksidləşdirici, yaxud reduksiyaedici təsiri ilə gedən oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini düzəltmək üçün rast gəldiyimiz çətinliyə bir sıra başqa maddə-

lərlə gedən proseslərdə də təsadüf olunur. Məsələn,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  oksidləşmə və reduksiyaetmə reaksiyaları zamanı bəzi çətinliklər ortaya çıxır. Belə hallarda yuxarıda qeyd etdiyimiz üsullar ilə reaksiya tənliyini düzəltmək çətinidir. Ona görə də əmsalları düzəltmək üçün aşağıda təsvir edilən ion-elektron üsulundan istifadə etmək məsləhətdir.

Məlumdur ki, elektrolit məhlullarında kimyəvi reaksiyalar ionlar arasında gedir. Ona görə də oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini, ionların yüklərinin dəyişilməsi əsasında düzəltmək daha məqsədə uyğundur. Bu mənada ion-elektron üsulu ilə tənliklərin düzəldilməsi bir sıra üstünlüklərə malikdir.

İon-elektron tənliklərinin düzəldilməsində ionun tərkibinə, daxil olan bu və ya başqa elementin (məsələn,  $\text{MnO}_4'$  ionunun tərkibinə daxil olan manqanın) oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi əvəzinə, məhlulda olan bütün ionun ( $\text{MnO}_4'$ ) yükünün dəyişməsi nəzərdə tutulmalıdır. Əgər permanqanat ionunun tərkibinə daxil olan oksigenə, oksidləşdirici deyilsə, söz yox ki, düzgün deyildir. Çünki oksidləşdirən permanqanat ionunun oksigeni deyil, bütövlükdə  $\text{MnO}_4'$  ionudur. Oksigen isə sistemdə yenidən bölüşdürülür.

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  $\text{H}^+$  ionları yazılır. Neytral və əsasi mühitdə tənliyin sağ tərəfinə azad olan oksigen atomlarının sayı qədər  $\text{OH}'$  ionları, sol tərəfinə isə müvafiq miqdar  $\text{H}_2\text{O}$  molekulu əlavə edilir.

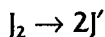
Əgər reaksiya məhsulunda olan oksigen atomlarının sayı, ilkin maddədə olan oksigen atomlarının sayından çoxdursa, neytral və turş mühitdə tənliyin sol tərəfinə artıq olan oksigen atomlarının sayı qədər su molekulu, sağ tərəfinə isə müvafiq miqdar  $\text{H}^+$  ionları, əsasi mühitdə isə tənliyin sağ tərəfinə müvafiq miqdar su, sol tərəfinə müvafiq miqdar  $\text{OH}'$  ionları əlavə edilir.

İon-elektron qaydasını bir neçə misalla izah edək:

1-ci misal.  $\text{S}_2\text{O}_3'' + \text{I}_2 \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6'' + \text{I}'$  sxemi üzrə elektron-ion tənliyini düzəldək. Göstərilən sxemdə yod molekulu elektron

alaraq yod ionuna keçir və reduksiya olunur. Tiosulfat ionu isə elektron verərək oksidləşir.

Reduksiya prosesi aşağıdakı kimi gedir; bir yod molekulundan iki yod ionu alınır:

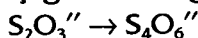


Sxemin sol tərəfi ilə sağ tərəfi arasında bərabərlik işarəsi yazmaq üçün yükləri də bərabərləşdirmək lazımdır.

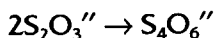


Yod atomunun qəbul etdiyi elektronları mütləq tiosulfat ionu verməlidir.

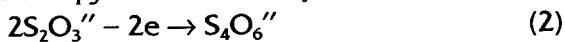
Oksidləşmə prosesi aşağıdakı kimi gedir:



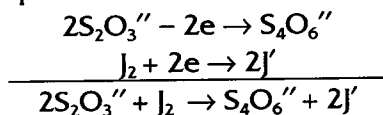
Əvvəlcə göstərici oxun sol və sağ tərəfində olan atomların sayını bərabərləşdirmək lazımdır. Bu halda sol tərəfi 2 rəqəminə vurmaq kifayətdir.



İndi sol tərəfdə dörd mənfi yük, sağ tərəfdə isə iki mənfi yük alınır. Ona görə də mütləq yükləri bərabərləşdirmək lazımdır.



(1) tənliyinə əsasən prosesdə iki elektron qəbul olunmuş, (2) tənliyinə əsasən də o qədər elektron itirilmişdir. (1) və (2) tənliklərini topladıqda:



alınır.

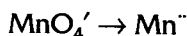
Düzəldilmiş tənliyin düzgün tərtib olunmasına inanmaq üçün tənliyin hər iki tərəfində olan atomları saymaq və ya hər iki tərəfdə olan yüklərin cəbri cəmini hesablamaq lazımdır.

2-ci misal.  $Fe^{2+} + MnO_4^- \rightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+}$  sxemi üzrə elektron-ion tənliyini düzəldək.

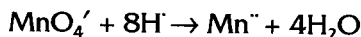
Birinci misaldakı mühakiməni ikinci misala tətbiq etdikdən sonra oksidləşmə prosesini yazmaq olar:



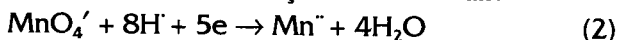
Reduksiya prosesi bir qədər mürəkkəbdir.



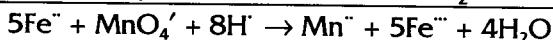
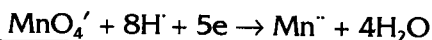
Bu prosesdə ox işarəsinin sol tərəfində oksigen olduğu halda, sağ tərəfində yoxdur. Həmin oksigenlər sistemdə elə bölüşdürülməlidir ki, nəticədə çox az dissosiasiya edən su alın-sın. Onun üçün reaksiyaya kifayət qədər hidrogen ionları daxil edilməlidir:



İndi tənliyin hər iki tərəfində atomların sayı bərabərdir, yükləri də bərabərləşdirmək lazımdır. Ox işarəsinin sol tərəfində bir mənfi və səkkiz müsbət yük, daha doğrusu, cəmiyi yeddi müsbət yük vardır. Ox işarəsinin sağ tərəfində isə iki müsbət yük vardır. Ona görə də sol tərəfdə artıq olan 5 müsbət yük qədər elektron daxil etməklə onları bərabərləşdirmək lazımdır:

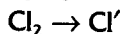


(1) və (2) tənlikləri əsasında oksidləşmə və reduksiya proseslərini bir ümumi tənliklə göstərmək üçün nəzərə almaq lazımdır ki, (1) tənliyində bir elektron itirilmiş; (2) tənlikdə isə beş elektron qəbul edilmişdir. Ona görə də sistemin elektroneytral qalması üçün (1) tənliyin bütün üzvlərini 5-ə vurmaq lazımdır. Ancaq bundan sonra hər iki tənliyi toplamaq olar:

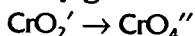


Sonuncu ümumi tənlikdə hidrogen ionları iştirak etdiyi üçün reaksiyanı turş mühitdə aparmaq lazımdır.

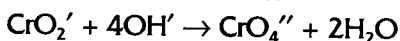
3-cü misal.  $\text{CrO}_2' + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CrO}_4'' + \text{Cl}'$  sxemi üzrə gedən reaksiyanın elektron-ion tənliyini düzəldək. Bu reaksiya hidrokسيد ionu iştirakı ilə gedir. Reduksiya prosesi aşağıdakı kimidir:



Oksidləşmə prosesi isə aşağıdakı kimi gedir:



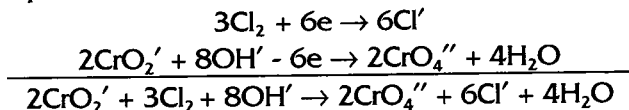
Sxemin sağ tərəfində sol tərəfi ilə müqayisədə 2 oksigen atomu çoxdur. Atomların sayını bərabərləşdirmək üçün sxemin sol tərəfinə 4 hidrokسيد ionu daxil edilir:



Sxemin sol tərəfində sağ tərəfinə nisbətən 3 mənfi yük artıqdır. Ona görə də

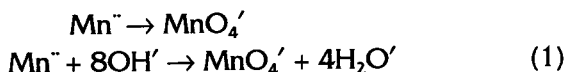


(1) və (2) tənliklərinə diqqət yetirdikdə aydın olur ki, sistemin elektroneytral qalması üçün (1) tənliyinin bütün üzvlərini üçə, (2) tənliyinin bütün üzvlərini isə ikiyə vurmaq və sonra da toplamaq lazımdır:

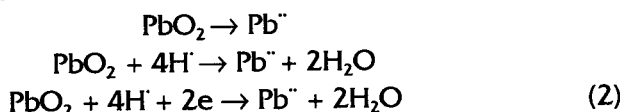


4-cü misal.  $\text{Mn}'' + \text{PbO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4' + \text{Pb}''$  sxemi üzrə gedən reaksiyanın elektron-ion tənliyini düzəldək.

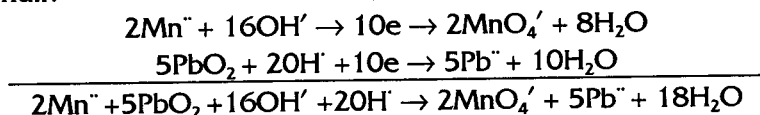
Oksidləşmə prosesi:



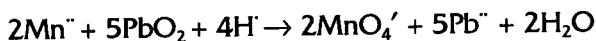
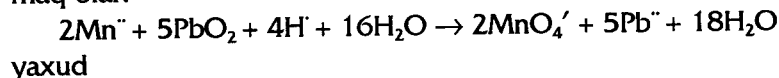
Reduksiya prosesi



Elektroneytral sistem yaratmaq üçün (1) tənliyinin bütün üzvlərini ikiyə, (2) tənliyinin bütün üzvlərini isə beşə vurmaq lazımdır:



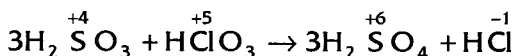
Alınan tənliyin sol tərəfində həm hidrosil, həm də hidrogen ionları vardır. Qeyd etmək lazımdır ki, bir hidrogen ionu bir hidrosil ionu ilə birləşərək su əmələ gətirir. H' ionlarının artıq olduğunu nəzərə alsaq reaksiyanın tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:



Göründüyü kimi oksidləşmə və reduksiya proseslərində hidrogen və hidroksil ionları iştirak edir, lakin nəticə etibarilə reaksiya turş mühitdə aparılır.

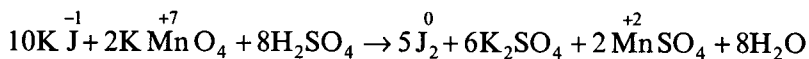
Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini düzəltməyin yuxarıda nəzərdən keçirilən üsulları həyatda təsadüf edilən proseslərin çoxuna şamildir. Lakin oksidləşmə-reduksiya proseslərində bəzi təsadüflərə rast gəlinir ki, onun üçün də əlavə izahat vermək lazım gəlir. Həmin təsadüfləri aşağıdakı şəkildə ümumiləşdirmək olar. Aşağıdakı misallarda oksidləşən və ya reduksiya olunan elementin oksidləşmə dərəcəsinin dəyişməsi əsasında tənliklərin düzəldilməsi göstərilmişdir.

I hal. Əgər reduksiyaediciyin itirdiyi və oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların sayı cüt ədəd olarsa, o zaman tapılmış əmsalların hamısını ən böyük ortaq bölənə bölmək lazımdır. Məsələn,



Reaksiyada reduksiyaediciyin və oksidləşdiricinin əmsalları 2 və 6 yox, 1 və 3 olmalıdır.

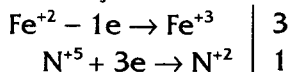
Əgər reduksiyaediciyin itirdiyi və oksidləşdiricinin qəbul etdiyi elektronların sayı tək olarsa, lakin reaksiyanın nəticəsində alınan molekulun tərkibinə cüt sayda oksidləşmə dərəcəsinə dəyişən element atomu daxil olarsa, o zaman tapılan əmsallar iki dəfə artırılmalıdır. Məsələn:



Bu reaksiya tənliyində oksidləşdirici və reduksiyaediciyin əmsalı 1 və 5 yox, 2 və 10 olmalıdır.

II hal. Bəzən reduksiyaedici və ya oksidləşdirici reduksiya və oksidləşmədən başqa, reaksiya məhsullarının da alınmasına sərf olunur. Məsələn:

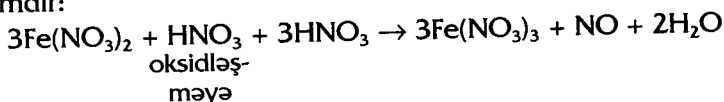
Göstərilən reaksiya tənliyində hər üç molekul reduksiyaediciyə bir molekul oksidləşdirici sərf etmək lazım gəldiyi tapılır:



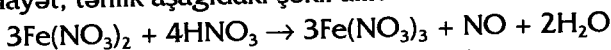
Lakin tənliyin sol və sağ tərəflərindəki maddələrin müqayisəsindən aydın olur ki, yuxarıda göstəriləndən əlavə, dəmir 2-



nitratın dəmir 3-nitrata çevrilməsi üçün reduksiyaediciyin hər molekuluna bir molekul nitrat turşusu sərf etmək lazımdır. Beləliklə, nitrat turşusunun bir molekulunu oksidləşməyə, 3 molekulunu isə düz əmələ gəlməyə sərf olunur. Beləliklə, 4 molekul  $\text{HNO}_3$  lazımdır:



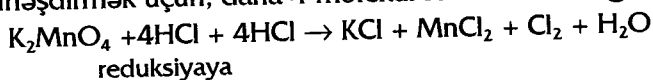
Nəhayət, tənlik aşağıdakı şəkli alır:



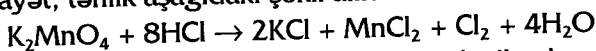
Reduksiyaedici üçün də bir misal göstərek:



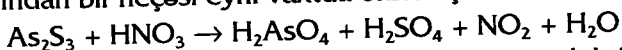
Burada reaksiyaya girən 4 molekul HCl-dan başqa, 2K<sup>+</sup> və Mn<sup>2+</sup> birləşdirmək üçün, daha 4 molekul HCl lazım olduğu tapılır:



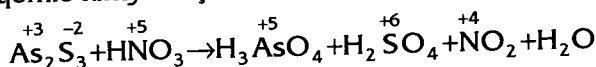
Nəhayət, tənlik aşağıdakı şəkli alır:



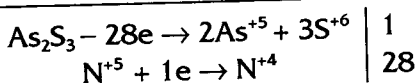
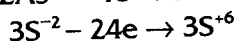
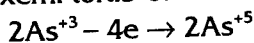
III hal. Bəzən birləşmənin tərkibinə daxil olan element atomlarından bir neçəsi eyni vaxtda oksidləşir. Məsələn:



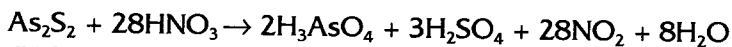
Göstərilən reaksiya tənliyində oksidləşən və reduksiya olan elementləri müəyyən etdikdən sonra onların oksidləşmə dərəcələri rəqəmlə kimyəvi işarələrinin üstündə yazılır:



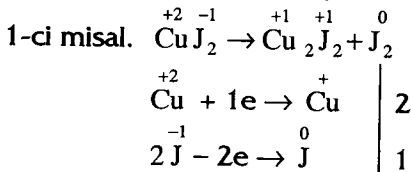
Bundan sonra elektronların yenidən paylanması sxemi tərtib edilir. O zaman arsen və kükürdün oksidləşmə dərəcəsinin çoxalmasını; yəni elektron verməsini, başqa sözlə oksidləşmələrini nəzərə alaraq aşağıdakı sxemi tərtib etmək olar:



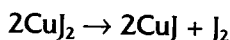
İndi oksidləşdirici və reduksiyaedici üçün əmsal yazaq:



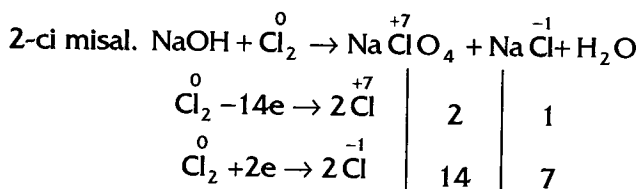
IV hal. Həm elektron verən, həm də özünə elektron birləşdirən elementlərin hər ikisi eyni bir molekulda olur. Buraya xüsusilə, eyni bir elementin həm aşağı, həm də yüksək oksidləşmə dərəcəsinə uyğun gələn birləşmələrin parçalanması halı aiddir. Əsas əmsalları tapmaq üçün bu cür proseslərə sadəcə olaraq sanki sola doğru gedən reaksiyalar kimi baxılır.



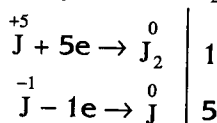
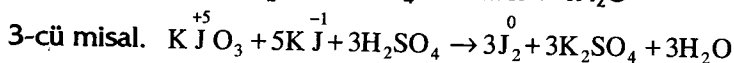
buradan da



alınır.



Nəhayət, sxem aşağıdakı tənlik şəklində yazılır:

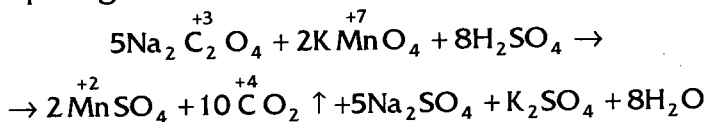


Yuxarıda oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları istiqamətinə mühitin təsirini göstərmişdik. İndi isə oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının sürəti və istiqamətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edən qatılıq, temperatur və katalizatorun rolunu göstərək.

Oksidləşdiricinin, yaxud reduksiyaediciyin qatılığını artırıqda, tarazlıq soldan-sağa doğru; oksidləşmiş, yaxud reduksiya olunmuş maddənin qatılığı artdıqda isə tarazlıq yerini əks istiqamətə doğru, daha doğrusu, sağdan-sola doğru dəyişəcəkdir.

Temperaturu artırdıqda oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının getməsi sürətlənir; lakin temperatur düz və dönər reaksiyanın hər ikisini eyni dərəcədə sürətləndirərsə, o zaman tarazlıq yerini dəyişmir.

Temperaturun təsirindən düz və dönər reaksiyanın sürəti müxtəlif dəyişdikdə, temperaturun təsiri daha aydın görünür. Məsələn, temperatur artdıqda natrium-oksalatla kalium-permanqanat məhlulları arasında gedən reaksiya, turş mühitdə axıra qədər gedir:



Temperatur nəinki oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının istiqamətini, hətta onların xarakterini dəyişir. Məsələn, kalium-permanqanat kifayət qədər temperatur olduqda aşağıdakı kimi parçalanır:



Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının sürətinə katalizator da təsir edir. Katalizatorlar reaksiyanın gedişini həm sürətləndirə, həm də ləngidə bilir. Oksalat turşusunun kalium-permanqatla oksidləşməsi zamanı alınan ikivalentli manqan, reaksiyanın gedişini əhəmiyyətli dərəcədə sürətləndirir. Bu reaksiya zamanı əmələ gələn ikivalentli manqan katalizator rolunu oynayır. Kimyəvi reaksiyalarda iştirak edən və yaxud alınan maddələrdən biri katalizator rolunu oynadıqda belə proseslərə autokataliz deyilir. Məsələn, yuxarıda göstərdiyimiz misalda ikivalentli manqan katalizator rolunu oynayır.

#### 5.5.4. Çalışmalar

1. Oksidləşmə və reduksiya nəyə deyilir?
2. Oksidləşmə-reduksiya proseslərinə mühitin təsirini aydınlaşdırın.
3. Elementlərin dövrü sistemi üzrə nisbətən qüvvətli oksidləşdirici və reduksiyaediciləri göstərin.

4. Aşağıdakı reaksiya tənliklərində hansı ion və ya atomun oksidləşdiyini, hansının isə reduksiya olduğunu göstərin.

- 1)  $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \downarrow \text{Cu}$
- 2)  $\text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{FeSO}_4 \rightarrow \downarrow 2\text{Ag} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- 3)  $2\text{KJ} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{KBr} + \text{J}_2$
- 4)  $\text{SnCl}_2 + 2\text{HgCl}_2 \rightarrow \downarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{SnCl}_4$
- 5)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{KOH} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$
- 6)  $\text{Zn} + \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{Sn} + \text{ZnCl}_2$
- 7)  $\text{Cd} + \text{HgCl}_2 \rightarrow \text{CdCl}_2 + \text{Hg}$
- 8)  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{HBr}$
- 9)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

5. Aşağıdakı öz-özünə oksidləşmə-reduksiya reaksiya tənliklərini əmsallaşdırın:

- 1)  $\text{S} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{J}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaOJ} + \text{NaJ}$
- 3)  $\text{HClO}_3 + \text{HClO}_3 \rightarrow \text{HClO}_2 + \text{HClO}_4$

6. Aşağıdakı molekul daxili oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərini əmsallaşdırın:

- 1)  $\text{CuJ}_2 \rightarrow \text{CuJ} + \text{J}_2$
- 2)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

7. Nəzəri məlumatlara əsasən aşağıdakı kimyəvi reaksiya tənliklərini yazın və əmsallaşdırın:

- 1)  $\text{Cu} + \text{HNO}_3$  qatı  $\rightarrow ?$
- 2)  $\text{Al} + \text{HNO}_3$  çox duru  $\rightarrow ?$
- 3)  $\text{KMnO}_4 + \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{NaOH}$  yüksək qələvi mühit  $\rightarrow ?$
- 4)  $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow ?$
- 5)  $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{KOH}$  yüksək qələvi mühit  $\rightarrow ?$
- 6)  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow ?$
- 7)  $\text{KJO}_3 + \text{KJ} + \text{HCl} \rightarrow ?$
- 8)  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow ?$
- 9)  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow ?$
- 10)  $\text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow ?$
- 11)  $\text{CrCl}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow ?$
- 12)  $\text{PbO}_2 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow ?$

## 5.6. ÜÇÜNCÜ QRUP KATIONLARININ REAKSİYALARI VƏ ANALİZİNİN GEDİŞİ

### 5.6.1. Üçüncü analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

Üçüncü qrup kationlarını  $Al^{III}$ ,  $Cr^{III}$ ,  $Zn^{II}$ ,  $As^{III}$ ,  $As^{V}$ ,  $Sn^{II}$ ,  $Sn^{IV}$  kationları aiddir.

Alüminium D.İ.Mendeleyevin dövrü sistem cədvəlində üçüncü dövrün əvvəlində yerləşir və tamamlanmış iki və səkkiz elektronlu təbəqələrə malikdir. Digər elementlər dördüncü böyük dövrün orta hissəsində yerləşir. Onlarda üçüncü elektron təbəqələrinin 8-dən 18 elektrona qədər tamamlanması baş verir.

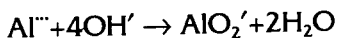
Xrom keçid elementidir. O dördüncü dövrün birinci yarısında, dördüncü sıranın axırında yerləşir və bu qrupun digər kationlarından bir qədər fərqlənir. O kompleksmələgətirmə qabiliyyətinə malikdir. Xrom 3-hidroksid öz xassələrinə görə alüminium-hidroksidinə çox yaxındır.

Sink dördüncü böyük dövrün ikinci yarısında yerləşir və onun tamamlanmış 18-elektronlu təbəqəsi var.

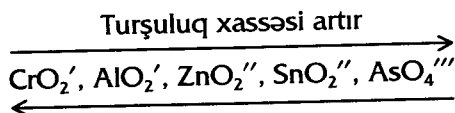
Alüminium və sink sabit, digər elementlər isə dəyişkən oksidləşmə dərəcəsinə malikdilər.

Üçüncü qrup kationlarını səciyyələndirən xüsusiyyətlərdən biri qələvi mühitdə onların uyğun turşu qalığına çevrilmələridir.

Məsələn:



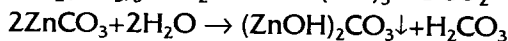
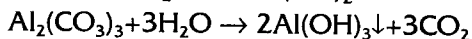
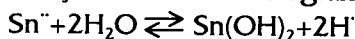
Amfoter hidroksid əmələ gətirən kationların turşu və əsasi xassələri aşağıdakı qayda ilə dəyişir:



Beləliklə, 3-cü qrup kationlarına artıq miqdarda qələvi məhlulu əlavə edildikdə, əmələ gələn hidroksidlər asanlıqla həll olur. Qələvilərlə göstərilən xüsusiyyət üçüncü qrup kationlarından başqa, bir də qurğuşun və stibiuma məxsusdur.

Üçüncü qrupun qrup reaktivi qələvilərin artığıdır.

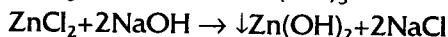
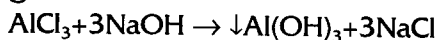
Üçüncü qrup kationlarını seçiyələndirən xüsusiyyətlərdən biri də onların duzlarından çoxunun hidrolizə uğramasıdır. Məsələn,



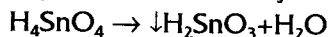
Üçüncü analitik qrupa bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi 11-ci cədvəldə göstərilmişdir.

### 5.6.2. Qrup reaktivinin təsiri

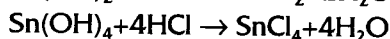
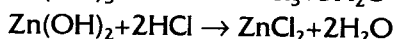
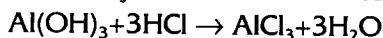
$\text{As}^{+++}$  və  $\text{As}^{++++}$  kationlarından başqa, üçüncü qrup kationlarının hamısı  $\text{NaOH}$  və  $\text{KOH}$  məhlulları ilə hidrosidlərdən ibarət amorf çöküntü əmələ gətirir. Məsələn:



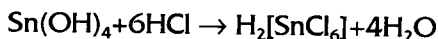
$\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  və  $\text{Sn}(\text{OH})_4$  ağ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  isə bozumtul yaşıl, bəzən də bənövşəyi rənglidir. Yeni çökdürülmüş  $\text{Sn}(\text{OH})_4$  və ya  $\text{H}_4\text{SnO}_4$   $\alpha$ -stannat turşusu adlanır. Həmin maddə bir qədər qaldıqda və ya qızdırıldıqda suyunu itirir və  $\beta$ -stannat turşusuna  $\text{H}_2\text{SnO}_3$  (və ya metastannat turşusu) çevrilir.



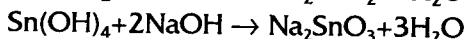
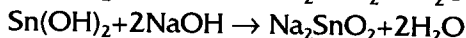
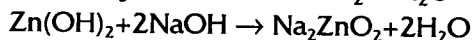
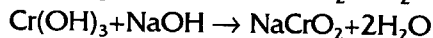
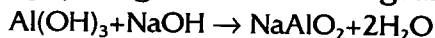
Yeni çökdürülmüş hidrosidlərdən ibarət çöküntünün hamısı durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur. Məsələn,



Yaxud



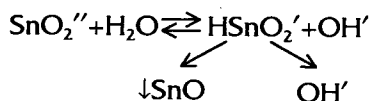
Amfoter hidrosidlərin hamısı  $\text{NaOH}$  və ya  $\text{KOH}$  artığında həll olaraq suda həll olan, rəngsiz alüminatlar, sinkatlar, stannitlər, stannatlar və yaşıl rəngli xromitlər əmələ gətirirlər:



Cədvəl 11. Üçüncü analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinə xülasəsi

Reaktivlər	Kationlar						
	Al <sup>+++</sup>	Cr <sup>+++</sup>	Zn <sup>++</sup>	Sn <sup>++</sup>	Sn <sup>+++</sup>	As <sup>+++</sup> (AsO <sub>3</sub> <sup>+++</sup> )	As <sup>++++</sup> (AsO <sub>4</sub> <sup>++++</sup> )
NaOH	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	Sn(OH) <sub>2</sub>	Sn(OH) <sub>4</sub>	-	-
	NaAlO <sub>2</sub>	NaCrO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> ZnO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SnO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub>	-	-
NH <sub>4</sub> OH	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub> reaktiv artığında qismən həll olur	Zn(OH) <sub>2</sub> reaktiv artığında həll olur	Sn(OH) <sub>2</sub> reaktiv artığında bir az həll olur	Sn(OH) <sub>4</sub>	-	-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	Normal və ya əsasi karbonatlar alınır	Sn(OH) <sub>2</sub>	Sn(OH) <sub>4</sub>	-	-
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	AlPO <sub>4</sub> ağ	CrPO <sub>4</sub> yaşıl və ya bənövşəyi	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ağ	Sn(OH) <sub>2</sub>	Sn(OH) <sub>4</sub>	-	-
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> qələvi mühitdə	-	CrO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	-	SnO <sub>3</sub> <sup>''</sup>	-	-	-
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	ZnS ağ	SnS qəhvəyi	-	-	-
H <sub>2</sub> S	-	-	ZnS	SnS	SnS <sub>2</sub> san	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> san	As <sub>2</sub> S <sub>5</sub> san
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	-	-	K <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ağ	Sn <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>4</sub> san	-	-	-

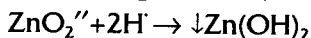
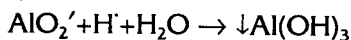
Stannit məhlulu yalnız durulaşdırılmış qələvilərin artığında sabit qalır; əks halda çox qaldıqda, xüsusilə də qızdırılıqda qara rəngli SnO çöküntüsü alınır. Bunun səbəbi reaksiyanın aşağıdakı sxem üzrə getməsidir:



Artıq miqdarda qatı qələvi məhlulunun iştirakı ilə bozumtul qara rəngli qalay çökür:



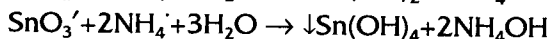
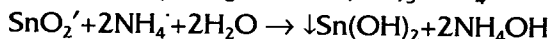
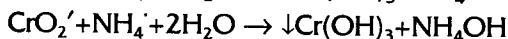
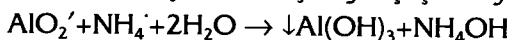
Alınan birləşmələrə ehtiyatla turşu əlavə etdikdə, yenidən uyğun hidroksidlər çökür. Məsələn:



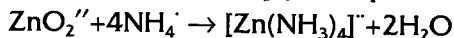
Amfoter kationları göstərilən üsulla miqdarən çökdürmək praktiki cəhətdən çox çətindir. Bunun səbəbi, çox az miqdarda turşunun artığında hidroksid çöküntüsünün dərhal həll olmasıdır.

Natrium-alüminatdan fərqli olaraq natrium-xromit məhlulunu qaynatdıqda hidroliz edir və nəticədə, xrom 3-hidroksid çöküntüsü yenidən alınır.

Ammonium duzları ilə alüminat, xromit, stannit və stannat məhlullarına təsir etdikdə uyğun hidroksidlər tam çökür. Qızdırıldıqda hidroksidlərin tam çökməsi üçün yaxşı şərait yaranır.



Lakin  $\text{ZnO}_2''$ -yə ammonium-xloridlə təsir etdikdə, o asanlıqla həll olan ammonyakat  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]''$  kompleksinə çevrilir:

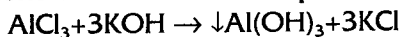


Sinkatlara ammonium-hidroksid məhlulu ilə təsir edərkən sink-ammonyakat kompleksinin alınması, sinki alüminium və qalay kationlarından fərqləndirən çox mühüm əlamətdir.



### 5.6.3. Alüminium

Alüminium,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tərkibli bir oksid əmələ gətirir. Alüminium-oksidi suda həll olmur; ona görə də alüminium-hidroksidi yalnız dolayı yolla, daha doğrusu, alüminiumun suda həll olan duzlarına qələvilərlə təsir etməklə almaq olar:



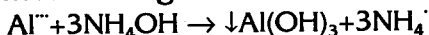
Alüminium-hidroksid amfoter xassəli olub, qələvilərdə həll olur. Alüminium-hidroksid ammonium duzlarında və ammonium hidrosiddə həll olmur.

Alüminiumun  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Al(NO}_3)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  duzları rəngsiz olub, suda yaxşı həll olur. Göstərilən duzlar suda həll edildikdə hidroliz etdiyi üçün əmələ gətirdikləri məhlul turşu xassəli olur.

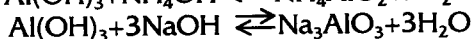
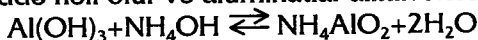
Alüminiumun karbonat, fosfat, əsasi asetat və s. duzları suda çətin həll olurlar. Alüminium-sulfid, yalnız quru üsulla alına bilər. O, suda hidroliz edir və nəticədə  $\text{Al(OH)}_3$  və  $\text{H}_2\text{S}$  əmələ gəlir.

*Al<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.* Al<sup>III</sup> ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün, onun  $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  və ya  $\text{AlCl}_3$  duzu məhlulunu götürmək olar.

1. Ammonium-hidroksid məhlulunun 4-5 damcısını 5-6 damcı alüminiumun hər hansı bir duzunun məhlulu üzərinə töküüb, qaynayıcaya qədər qızdırdıqda həlməşik alüminium-hidroksid çöküntüsü əmələ gəlir.

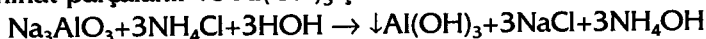


Alınan çöküntü bir qədər reaktiv artığında, natrium və ya kalium hidrosiddə həll olur və alüminatlar alınır. Məsələn,



Bu reaksiyalarda  $\text{Al(OH)}_3$  özünü turşu kimi aparır.

Alınmış alüminatın üzərinə 5-10 damcı doymuş ammonium-xlorid məhlulu töküüb və qarışığı qaynayıcaya qədər qızdırdıqda alüminat parçalanır və  $\text{Al(OH)}_3$  çökür:

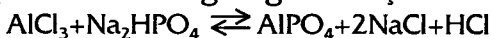


Alınmış çöküntünün üzərinə bir neçə damcı xlorid turşusu tökün. Çöküntü həll olacaqdır:

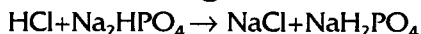


Beləliklə,  $\text{Al(OH)}_3$  səciyyəvi amfoter birləşmədir.

2. Natrium-monohidrofosfat alüminium duzları ilə neytral və ya asetat turşusu mühitində ağ rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir.



Alınmış çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur; lakin maqnezium, kalsium, stronsium və barium kationlarının əmələ gətirdikləri fosfatlardan fərqli olaraq asetat turşusunda həll olmur. Yuxarıda göstərilən reaksiya nəticəsində ayrılan xlorid turşusu natrium-monohidrofosfatın artığı ilə reaksiyaya daxil olur və natrium-dihidrofosfat əmələ gətirir:



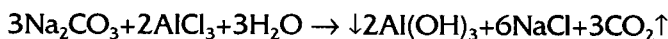
Beləliklə, reaksiya nəticəsində ayrılan hidrogen ionlarının məhlulda qatılığı azalır və bununla da alüminium ionu praktiki olaraq fosfat şəklində çökür:



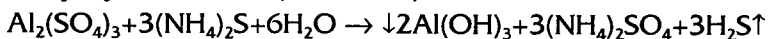
Alüminium-fosfat çöküntüsü turşulardan başqa qələvilərdə də həll olur və nəticədə alüminatlar alınır:



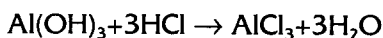
3. Zəif turşuların duzları -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{KNO}_2$  və s.  $\text{Al}^{3+}$  ionlarını  $\text{Al}(\text{OH})_3$  şəklində çökdürürlər, çünki bu duzların məhlullarında hidroliz nəticəsində kifayət qədər  $\text{OH}^-$  ionları var. Məsələn:



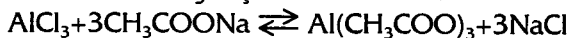
4. Ammonium-sulfid məhlulunun 2-3 damcısını alüminium duzu məhlulu üzərinə töküüb qızdırdıqda  $\text{Al}(\text{OH})_3$  tərkibli ağ, həlməşik çöküntü alınır (5.1.1. bax):



Əmələ gəlmiş alüminium-hidroksid çöküntüsü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur:



5. Natrium-asetat məhlulunun bir neçə damcısını 2-3 damcı alüminium duzu məhlulu üzərinə tökün. Çöküntünün alınmasına diqqət yetirin. Buna səbəb reaksiya nəticəsində əmələ gələn alüminium-asetatın suda yaxşı həll olmasıdır:



Alüminium-asetat zəif əsasla zəif turşudan əmələ gəldiyindən asanlıqla hidroliz edir və nəticədə praktiki olaraq həll olmayan əsasi alüminium-asetatdan ibarət çöküntü əmələ gəlir. Bu

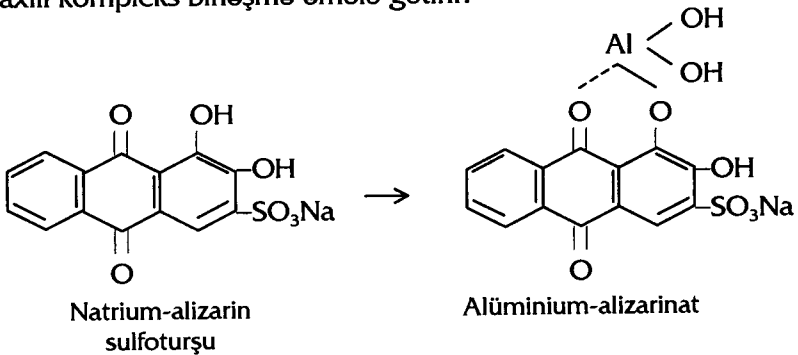
çöküntünü almaq üçün qarışığı qızdırıb su ilə durulaşdırmaq lazımdır:



Qarışığı soyutduqda, əmələ gələn çöküntü yenidən həll olur və alüminium-asetata çevrilir.

6. Natrium-alizarin sulfoturşu ammonium-hidroksid iştirak etdikdə alüminium duzları ilə qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir. Alüminium duzlarının qatılığı az olduqda məhlul qırmızı rəngə boyanır.

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparmaq lazımdır: sınaq şüşəsinin birinə bir neçə damcı analiz edilən məhlul, digərinə isə o qədər distillə edilmiş su tökülür. Sınaq şüşəsinin hər birinə 5 damcı qatı ammonium-hidroksid məhlulu və 1-2 damcı da natrium-alizarin sulfoturşu tökülür. Birinci sınaq şüşəsində qırmızı rəngli çöküntünün və ya qırmızı rəngli məhlulun alınması alüminium ionunun olmasını göstərir. İkinci sınaq şüşəsində bənövşəyi rəng alınacaqdır ki, o da müqayisə etmək üçündür. Reaksiya nəticəsində alınan alüminium-alizarinat mineral turşuların təsirdən parçalanır və nəticədə sərbəst alizarin sulfoturşu alınır ki, o da turş mühitdə sarı rəngli olur. Natrium-alizarin sulfoturşu ammonium-hidroksid iştirakı ilə alüminiumla aşağıdakı quruluşda daxili kompleks birləşmə əmələ gətirir:



Yuxarıdakı reaksiyanı damcı üsulu ilə aşağıdakı kimi icra etmək yaxşı nəticə verir:

Süzgəç kağızı üzərinə bir damcı analiz edilən məhluldan töküüb qatı ammonium-hidroksid buxarına tutun. Damcının

mərkəzinə kapilyarla götürülmüş bir damcı natrium alizarin-sulfoturşu töküb yenidən qatı ammonium-hidroksid buxarına tutun. Buna paralel olaraq müqayisə üçün yoxlama təcrübəsi də aparın. Bunun üçün süzgülü kağızı üzərinə bir damcı su, natrium-alizarin sulfoturşu tökün və qatı ammonium-hidroksid buxarında işləyin, hər iki nəmli ləkəni qaz lampasının zəif alovu üzərində ehtiyatla qurudun. Analiz edilən məhlulda alüminium olduqda birinci ləkə gülü qırmızı rəngə; yoxlama ləkəsi isə bənövşəyi rəngə boyanır.

Alüminium kationu ilə kənar kationlar bir yerdə olduqda yuxarıdakı əməliyyəti aşağıdakı qaydada aparmaq məsləhətdir:

Süzgəc kağızını əvvəlcə  $K_4[Fe(CN)_6]$  məhlulu ilə isladıb, sonra da onu qurudun. Kağızın üzərinə analiz edilən məhluldan bir damcı əlavə etdikdə, ağır metal kationları sarı qan duzu ilə reaksiyaya daxil olur və nəticədə çətin həll olan çöküntü əmələ gətirir. Rəngli çöküntü damcının mərkəzinə toplanır. Alüminium kationu isə sarı qan duzu ilə reaksiyaya girmədiyi üçün nəmli ləkənin kənarına doğru sorulur. Çöküntüdən alüminium ionlarını tam yumaq üçün damcının mərkəzinə bir damcı distillə suyu qoyurlar. Bundan sonra nəmli ləkəni qatı ammonium-hidroksid buxarı üzərində tuturlar. Nəmli zolağa natrium-alizarin sulfoturşu damcısı ilə təsir edirlər və yenidən qatı ammonium-hidroksid buxarına tuturlar. Ləkənin ətrafında gülü-qırmızı həlqənin əmələ gəlməsi alüminium ionlarının olmasını göstərir. Alüminium ionu olmadıqda həlqə bənövşəyi rəngə boyanır. Nəmli ləkəni qaz lampası üzərində qurutduqdan sonra həlqənin intensivliyi artır.

Analiz üçün natrium-alizarin sulfoturşunun spirtlə doymuş məhlulunu götürmək olar.

7. Morin  $C_{15}H_{10}O_7 \cdot 2H_2O$  məhlulu neytral və ya zəif asetat turşusu mühitində alüminium ionu ilə yaşıl flüoressensiya əmələ gətirir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı alüminium duzu məhlulu, bir neçə damcı asetat turşusu, təxminən bir millilitr su və bir damcı da morin əlavə edin. Alınan rəng zəif olduqda, qarışıq su hamamında qızdırın və sonra da soyudun.

8. Tenar göyünün alınması. Alüminium duzlarını qızartdıqda, parçalanır və  $Al_2O_3$  alınır. Alınmış alüminium-oksidi kobalt-nitratla qarışdırıb qızartdıqda, göy rəngli kobalt-alüminat əmələ gəlir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı alüminium duzu məhlulu, bir damcı 0,3 N kobalt-nitrat və 7-8 damcı 2 N ammonium-hidroksid məhlulu töküüb qaynayınca qədər qızdırın. Qarışığı kiçik süzgeç kağızından süzün. Çöküntünü 2-3 dəfə isti su ilə yuyun və qurudun. Çöküntünü çini butəyə köçürüb bir damcı qatı sulfat turşusu əlavə edin və qaz lampasının əvvəlcə zəif, sonra da qüvvətli alovunda qızdırın. Göy rəngli kütlənin  $Co(AlO_2)_2$  (Tenar göyünün) alınması, alüminium ionunun olmasını göstərir.

#### 5.6.4. Xrom

Xrom boz rəngli, parlaq metaldır. O, xrom 2-oksidi  $CrO$ , xrom 3-oksidi  $Cr_2O_3$ , xromat-anhidridi  $CrO_3$  və xrom-peroksiddən  $CrO_5$  ibarət oksigenli birləşmələr əmələ gətirir.

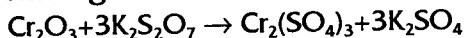
Xromun aşağı oksidləri əsaslara, yuxarı oksidləri isə turşulara uyğun gəlir. Belə ki,  $CrO$  - əsasi oksid,  $Cr_2O_3$  - amfoter oksid və  $CrO_3$  - turşu oksidi xassəsinə malikdir.

Xrom 2-oksidi, eləcə də ikivalentli xromun bütün birləşmələri sabit deyildir. Xrom 2-oksidi havanın oksigeni ilə oksidləşir və xrom 3-oksidi əmələ gətirir.

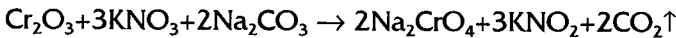
İkivalentli xrom duzlarının məhlulu abı rəngli olur.

Xrom 3-oksidi yaşıl rəngli olub, turşularda və qələvilərdə həll olmur. Xrom 3-oksidi, qələvi metalların piro-sulfatları, natrium-karbonat və kalium-karbonatla əritməklə həll olan birləşməyə çevirmək mümkündür.

Qələvi metalların piro-sulfatları ilə xrom 3-oksidi əritdikdə xrom 3-sulfat əmələ gəlir:



Xrom 3-oksidi nitratlar və həll olan karbonatlarla əridildikdə xromatlara çevrilir.



Alüminium-hidroksiddə olduğu kimi xrom 3-hidroksid də amfoter xassəlidir.

Üçvalentli xrom duzları göy və ya yaşıl-bənövşəyi rəngli olurlar. Üçvalentli xrom duzları alüminium duzlarına çox oxşayır. Məsələn, üçvalentli xrom duzlarının həll olması alüminium duzlarının həll olmasına çox yaxındır. Xrom 3-sulfat alüminium-sulfat kimi ikiqat duzlar əmələ gətirir (zəylər kimi). Xrom duzları alüminium duzları kimi suda həll edildikdə hidroliz edir.

Üçvalentli xrom duzları qüvvətli oksidləşdiricilərin təsiri ilə altivalentli xrom birləşmələrinə çevrilirlər.

Xrom 6-oksit tutqun-qırmızı rəngli kristallardan ibarət olub, suda yaxşı həll olur, nəticədə xromat və ya bixromat turşularını əmələ gətirir.

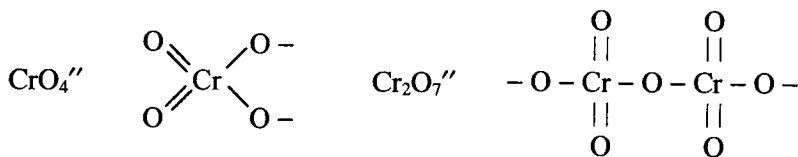
Xromat turşusu duzlarına xromatlar ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$  və s.), bixromat turşusu duzlarına bixromatlar ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  və s.) deyilir.

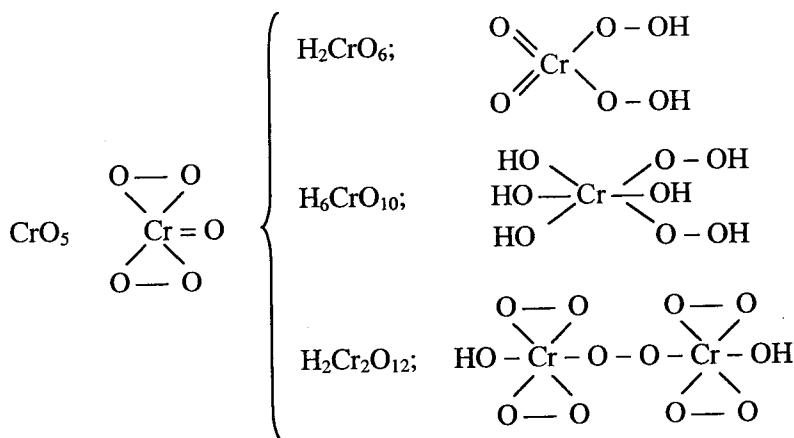
Barium, stronsium, qurğuşun, gümüş, bir və ikivalentli civənin xromatları suda həll olmur.

Gümüş və civənin xromatları tutqun-qırmızı rəngli, qalan xromatlar isə sarı və ya narıncı rəngli olurlar. Bixromatlardan əksəriyyəti suda asanlıqla həll olur. Bixromatlardan yalnız  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  və  $(\text{BiO})_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  çətin həll olurlar.

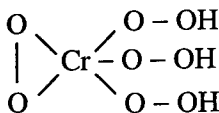
Xromatlar, bixromatlar və onlara uyğun gələn turşular qüvvətli oksidləşdirici xassəyə malikdirlər. Ona görə də onlar müxtəlif reduksiyaedicilərlə reaksiyaya daxil olduqda, üçvalentli xrom ionuna qədər reduksiya olunurlar.

Xrom-peroksid  $\text{CrO}_5$  və ona uyğun olan perxromat turşularında, habelə xromat və bixromat ionlarında xrom altı valentli olub, qurulmuş formulları aşağıdakı kimidir.

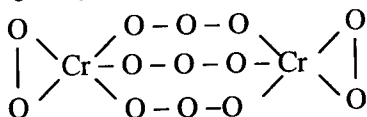




Yuxarıda göstərilənlərdən başqa bir də qırmızı rəngli perxromat turşusu -  $\text{H}_3\text{CrO}_8$  məlumdur ki, orada xrom beş valentlidir:

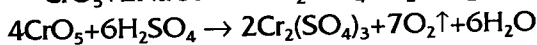
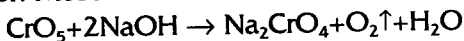


Göstərilən turşuya  $\text{Cr}_2\text{O}_{13}$ -dən ibarət xrom-peroksidi uyğundur:



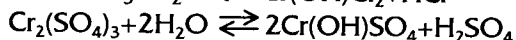
Perxromat turşularının hamısında, habelə xrom-peroksiddə bir-birilə birləşən oksigenlər -1 oksidləşmə dərəcəsi göstərilir.

Perxromat turşuları və onların duzlarının əksəriyyəti yaşıl rəngli olub, efrələrdə yaxşı həll olurlar. Perxromat turşuları və onların duzları su ilə parçalanırlar. Onlar qələvi mühitdə sarı rəngli xromatlar, turş mühitdə isə göy rəngli üçvalentli xrom duzları əmələ gətirirlər. Məsələn:



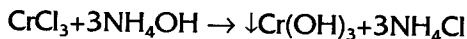
Nəhayət qeyd etmək lazımdır ki, üçvalentli xrom duzları suda həll edildikdə əhəmiyyətli dərəcədə hidroliz edirlər. Buna səbəb onların qüvvətli turşu ilə zəif əsasdan əmələ gəlməsidir.

Üçvalentli xrom duzları hidroliz etdikdə hidrogen ionlarının qatılığı artır və eyni zamanda əsasi duzlar alınır. Məsələn:

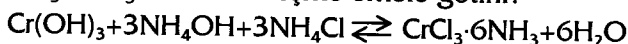


*Cr<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.* Daha sabit birləşmələrə malik olan üçvalentli xrom kationunu öyrənmək məqsədilə  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  və ya  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  məhlulundan istifadə edin.  $\text{Cr}^{III}$  ionu məhlulda göy rəngli olur.

1. Ammonium-hidroksidlə üçvalentli xrom duzlarına təsir etdikdə, həlməşik şəkilli, bozultul-göy rəngli xrom 3-hidroksid çöküntüsü alınır:

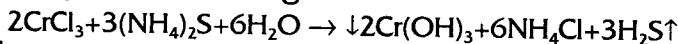


Əmələ gəlmiş xrom 3-hidroksid reaktiv artığında, xüsusilə ammonium-xloridin iştirakı ilə bir qədər həll olaraq bənövşəyi rəngli,  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$  tərkibli birləşmə əmələ gətirir.



Alınmış qarışıq su ilə durulaşdırıldıqda və qaynatıldıqda, xrom 3-hidroksid yenidən çökür. Buna səbəb qaynadıldıqda məhlulda olan ammoniyakın artığının buxarlanmasıdır.

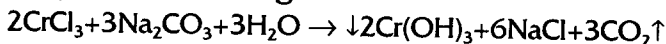
2. Ammonium-sulfid üçvalentli xrom duzları ilə xrom 3-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:



Üçvalentli xrom duzlarının çox durulaşdırılmış məhlulunu götürdükdə ammonium-sulfidlə çöküntü alınmır. Buna səbəb kolloid məhlulun əmələ gəlməsidir.

Lakin üçvalentli xromun durulaşdırılmış məhlulu üzərinə ammonium-xlorid və qrup reaktivi əlavə etdikdən sonra qaynatıldıqda, xrom 3-hidroksid çöküntüsü alınır.

3. Qələvi metalların karbonatları xrom duzları ilə xrom-3-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:



Xrom duzlarının həll olan karbonatlarla hidroksid çöküntüsü əmələ gətirməsinin səbəbini izah edin.

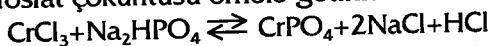
4. Qələvi metalların asetatları xrom duzları ilə istər soyuqda, istərsə də qaynatıldıqda, alüminiumdan fərqli olaraq çöküntü



əmələ gətirmir. Buna səbəb  $[\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{COO})_6(\text{OH})_2]\text{CH}_3\text{COO}$  tərkibdə birləşmənin alınmasıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, alüminium və üçvalentli dəmir ionlarının iştirakı ilə xrom ionları natrium-asetat və ya kalium-asetat məhlulu ilə qismən çökür.

5. Natrium-monohidrofosfat üçvalentli xrom duzları ilə göy rəngli xrom-fosfat çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş xrom-fosfat amorf çöküntü olub, mineral turşularda və qələvilərdə həll olur. Xrom-fosfat çöküntüsü soyuq şəraitdə asetat turşusunda qismən həll olduğu halda, qaynadıldıqda yenidən xrom-fosfat çöküntüsü alınır.

6. Oksidləşdiricilərin təsiri. Üçvalentli xrom duzları müxtəlif oksidləşdiricilərin təsiri ilə xromat, bixromat və perxromat ionlarına qədər asanlıqla oksidləşir.

Üçvalentli xrom duzlarının suda məhlulu göy və ya bənövşəyi-yaşıl rəngli olduğu halda, xromatların suda məhlulu sarı, bixromatların duzlarının suda məhlulu isə narıncı rəngdə olur. Beləliklə, üçvalentli xrom ionunun oksidləşməsi nəticəsində müxtəlif rəngli məhlullar alınır.

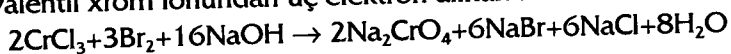
Üçvalentli xromun qələvi mühitdə xromat ionuna qədər oksidləşməsi üçün ən mühüm reaktivlər xlor, brom, hidrogenperoksid, natrium-peroksid və qurğuşun 4-oksiddir.

Üçvalentli xromun turş mühitdə bixromat ionuna qədər oksidləşməsi üçün ən mühüm reaktivlər kalium-permanqanat, natrium-bismutat, kalium və ya ammonium-persulfatdır.

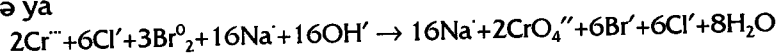
Üçvalentli xrom qələvi mühitdə xromatlara, turş mühitdə isə bixromatlara qədər oksidləşir.

*Üçvalentli xromun qələvi mühitdə oksidləşməsi reaksiyaları.*

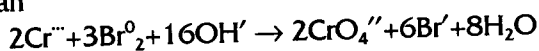
a) Xlorlu və ya bromlu su ilə oksidləşməsi. Xlor və ya bromun qələvi mühitdə oksidləşdirici təsiri ondan ibarətdir ki, onlar üçvalentli xrom ionundan üç elektron alırlar. Məsələn:



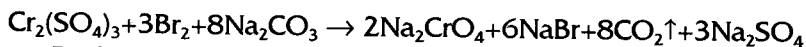
və ya



Buradan



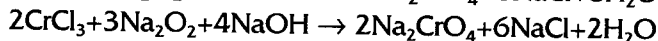
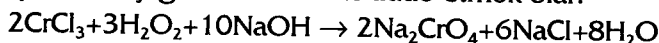
Qələvi mühit yaratmaq məqsədilə natrium-karbonat məhlulu götürülsə, oksidləşmə reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu, 4-5 damcı 2N natrium- və ya kalium-hidroksid məhlulu və 3-4 damcı bromlu və ya xlorlu suyun doymuş məhlulundan əlavə edin. Qarışığı su hamamında 2-3 dəqiqə qaynadın. Məhlulun sarı rəngə boyanması, üçvalentli xromun xromat ionuna oksidləşməsi ni göstərir.

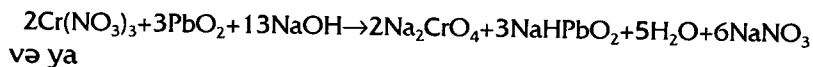
b) Hidrogen-peroksid və ya natrium-peroksidlə oksidləşməsi. Üçvalentli xromun hidrogen-peroksid və ya natrium-peroksidlə oksidləşməsi aşağıdakı tənliklərlə ifadə etmək olar:



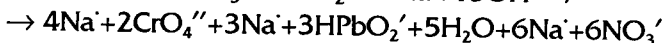
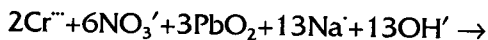
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə və ya çini butəyə 2-3 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu və alınan çöküntü həll oluncaya qədər 2N natrium və ya kalium-hidroksid məhlulu tökün. Qarışığın üzərinə 2-3 damcı 3 %-li hidrogen-peroksid məhlulu əlavə edib, bir neçə dəqiqə su hamamında qaynadın. Göy rəngli məhlulun sarı rəngə boyanması xromat ionunun alınmasını göstərir.

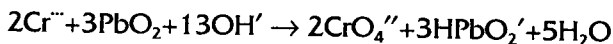
v) Qurğuşun 4-oksidlə üçvalentli xromun qələvi mühitdə oksidləşməsi reaksiyasını aşağıdakı molekulyar tənliklə ifadə etmək olar:



və ya



Buradan



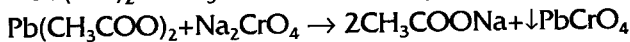
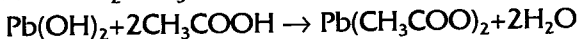
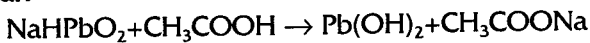
alınar.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

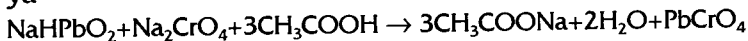
2-3 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu üzərinə alınan ilk çöküntü həll oluncaya qədər 2N natrium- və ya kalium-hidroksid

və bir az da qurğuşun 4-oksidi əlavə edin. Qarışığı su hamamında bir az qaynadıb sonra da sakit saxlayın. Məhlulun duru hissəsinin sarı rəngə boyanması xromat ionunun əmələ gəlməsini göstərir. Xromat ionunun əmələ gəldiyinə bir daha inanmaq üçün məhlulun duru hissəsini başqa sınaq şüşəsinə suzüb, üzərinə turş reaksiya alınincaya qədər asetat turşusu tökün. Sarı rəngli qurğuşun 2-xromat çöküntüsünün alınması xromat ionunun olduğunu göstərir.

Təsvir edilən prosesi aşağıdakı reaksiya tənlikləri ilə ifadə etmək olar:



və ya

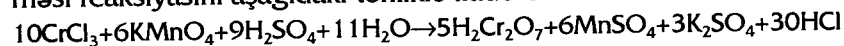


alınar.

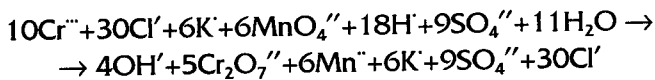
Göstərilən reaksiya təcrübədə yoxlanarkən, orada sulfat ionları olmamalıdır. Əks halda sarı rəngli qurğuşun 2-xromat çöküntüsü əvəzinə ağ rəngli qurğuşun 2-sulfat çöküntüsü alın bilər.

*Üçvalentli xromun turş mühitdə oksidləşməsi reaksiyaları.*

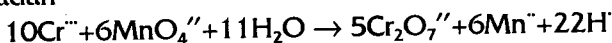
a) Kalium-permanqanat ilə xromun turş mühitdə oksidləşməsi reaksiyasını aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:



və ya



Buradan



alınır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı xrom duzu məhlulu, 4-5 damcı 2N sulfat turşusu və 1-2 damcı da kalium-permanqanat məhlulu tökün. Alınan qarışığı su hamamında qaynadın. Məhlulun narıncı rəngə boyanması  $\text{Cr}^{3+}$  ionunun olmasını göstərir.

b) Natrium-bismutat turş mühitdə üçvalentli xromu bixromat ionuna qədər oksidləşdirir:

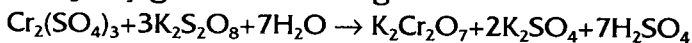


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

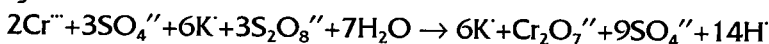
Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu, 1-2 damcı nitrat və ya sulfat turşusu və bir az da natrium-bismutat əlavə edib qaynadın. Qarışığı bir qədər sakit saxladıqdan sonra məhlul narıncı rəngə boyanır.

v) Kalium-persulfatla üçvalentli xrom turş mühitdə bixromat ionuna qədər oksidləşir.

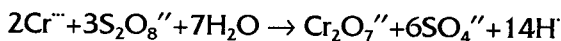
Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



və ya



Buradan



alınar.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

Sınaq şüşəsinə və ya çini butəyə 1-2 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu, bir damcı 2N nitrat turşusu məhlulu, bir damcı 0,1N gümüş-nitrat məhlulu (katalizator) və kristallik ammonium və ya kalium-persulfat duzundan azca əlavə edib qaynadın. Bixromat ionunun əmələ gəlməsi nəticəsində məhlul narıncı rəngə boyanır.

7. Perxromat turşusunun alınması. Turş mühitdə hidrogen-peroksid bixromat ionunu perxromat turşusuna çevirir.

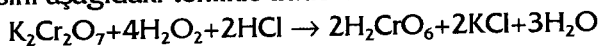
Perxromat turşusunu almaq üçün əvvəlcə yuxarıda göstərilən üsullardan biri ilə üçvalentli xrom duzlarını bixromat ionuna çevirmək, sonra da hidrogen-peroksidlə təsir etmək lazımdır.

Perxromat turşusu alınması təcrübəsini aşağıdakı qayda ilə aparın:

1-2 damcı üçvalentli xrom duzu məhlulu üzərinə alınan çöküntü həll oluncaya qədər natrium- və ya kalium- hidroksid tökün. Qarışığa yuxarıda göstərilən oksidləşdiricilərin biri ilə təsir edib, xromu oksidləşdirin. Alınan qarışığı soyudun və xlorid turşusu ilə turşulaşdırın. Başqa sınaq şüşəsinə bir damcı hidrogen-peroksid, bir damcı 2N sulfat və ya xlorid turşusu və 5-8 damcı da efir əlavə edib qarışdırın. Alınan qarışığın üzərinə içərisində bixromat ionu olan soyudulmuş məhluldan 1-2 damcı töküb qa-

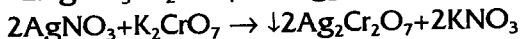
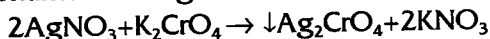
rıışdırın. Tədqiq edilən məhlulda azacıq miqdarda xromun olması ilə efir layı intensiv göy rəngə boyanır. Reaksiya çox həssasdır.

Göy rəngə boyanan perxromat turşusunun əmələ gəlməsi reaksiyasını aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:

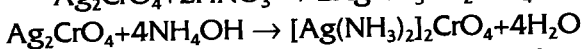
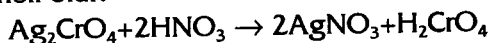


*Xromat və bixromat ionlarının reaksiyaları.*

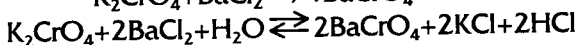
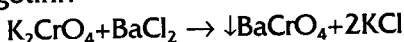
a) Gümüş-nitratın xromat və bixromat ionları ilə qonur qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



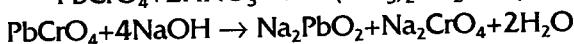
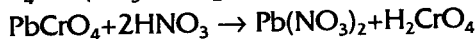
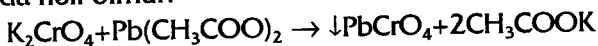
Alınmış çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksiddə həll olur:



b) Barium-xlorid xromat və bixromat ionları ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

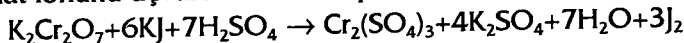


v) Qurğuşun-asetat xromat və bixromat ionları ilə sarı rəngli qurğuşun-xromatdan ibarət çöküntü əmələ gətirir. Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və qələvilərdə həll olur. Lakin asetat turşusunda həll olmur:

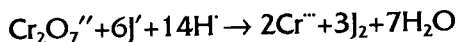


*Bixromat ionunun mühüm reduksiya reaksiyaları.*

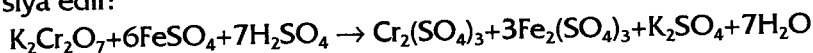
a) Kalium-iodidlə reduksiya. Turş mühitdə kalium-yodid bixromat ionunu üçvalentli xroma qədər reduksiya edir.



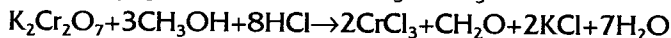
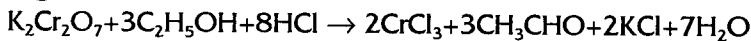
və ya



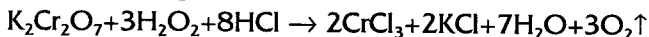
b) Dəmir 2-sulfatla reduksiya. İkivalentli dəmir duzları turş mühitdə bixromat ionunu üçvalentli xrom ionuna qədər reduksiya edir:



v) Etil və ya metil spirti ilə turş mühitdə kalium-bixromatı qızdırdıqda, məhlul göy rəngə boyanır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



d) Hidrogen-peroksidlə reduksiya. Turş mühitdə 3 %-li hidrogen-peroksidlə kalium-bixromata təsir etdikdə, o üçvalentli xroma qədər reduksiya olunur:

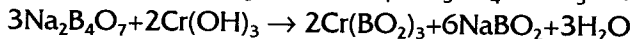
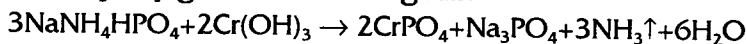


8. Benzidin asetat turşusu mühitində altivalentli xromla reaksiyaya daxil olur və nəticədə göy rəngli maddə alınır. Prof. N.A.Tananayev tərəfindən təklif edilən bu reaksiya damcı üsulu ilə aparılır. Bunun üçün altivalentli xroma hidrogen-peroksid və ya natrium-peroksidlə təsir edilir.

Tədqiq edilən məhlulu qələvi mühitdə oksidləşdirib xromat ionu aldıqdan sonra hidrogen-peroksidlə təsir edib alınan məhluldan bir damcı süzgəc kağızına damızdırılır. Üzərinə bir damcı benzidin-asetat məhlulu əlavə etdikdə damcının göyərməsi üçvalentli xromun olmasını göstərir.

9. Quru üsulla aparılan reaksiya. Üçvalentli xrom duzu məhlulu üzərinə ekvivalent miqdarda qələvi və ya ammonium-hidroksid əlavə edib sentrifüqadan keçirilir. Süzüntünü tullayın. Çöküntünü süzgəc kağızı üzərinə keçirilir. Şüşə çubuğun ucuna yapışdırılmış platin telinin qulaqcığını alov üzərində qızartdıqdan sonra natrium-tetraboratdan və ya natrium-ammonium-hidrofosfatdan bir az götürüb alov üzərində yumru şüşə muncuq alınmaya qədər qızardılır. Sonra alınan muncuqla xrom 3-hidroksid çöküntüsündən bir az götürüb yenidən qızardılır. Alınan muncuq soyuduqdan sonra zümrüdü-göy rəngə boyanır. Muncuğun rənglənməsi xrom-fosfat və ya xrom-metaborat birləşməsi alınmasının nəticəsidir.

Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

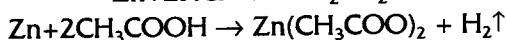
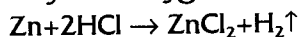


Alınmış muncuğu platin telindən qoparmaq üçün onu yenedən qızartmaqla əridin və şüşə çubuqla silkələyərək təmizləyin.

### 5.6.5. Sink

Sink parıldayan ağ metaldır. O, havada qaldıqda dəyişmir. Sink yalnız bir oksid ZnO və buna uyğun gələn sink hidrosid  $Zn(OH)_2$  əmələ gətirir.

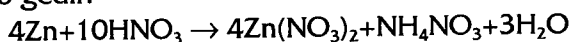
Sink durulaşdırılmış mineral turşularda və asetat turşusunda həll olduqda hidrogen ayrılır və uyğun duzlar əmələ gəlir:



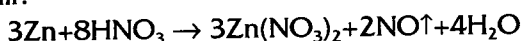
Sink eyni zamanda qələvilərdə həll olur, nəticədə hidrogen və uyğun sinkatlar alınır.

Sink, nitrat və qatı sulfat turşusunda həll olur.

Durulaşdırılmış nitrat turşusu olduqda, reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Nitrat turşusu bir qədər qatı olduqda reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



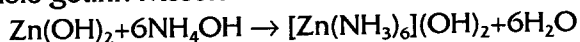
Metallik sinkə qatı sulfat turşusu ilə təsir etdikdə kükürd qazı ayrılır:



Sinkin xlorid, bromid, yodid, sulfat və nitrat duzları suda yaxşı həll olur. Sinkin suda həllolmayan hidrosid, karbonat, sulfid, fosfat, arsenat, oksalat, peryodat və s. birləşmələri analizdə müəyyən əhəmiyyətə malikdir.

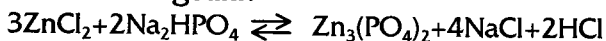
*Zn<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* Sink kationu rəngsizdir.

1. Ammonium-hidrosid cink duzlarının ekvivalent miqdarı ilə sink-hidrosiddən ibarət çöküntü əmələ gətirir; lakin alınmış çöküntü ammonium-hidrosidin artığında və ammonium duzlarında həll olur və  $[Zn(NH_3)_6]^{2+}$  və ya  $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$  tərkibli kompleks ionlar əmələ gətirir. Məsələn:

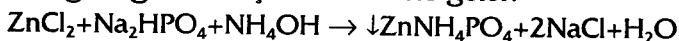


2. Qələvi metal karbonatları sink duzları ilə əsasi sink-karbonatdan ibarət  $5ZnO \cdot 2CO_2 \cdot 4H_2O$  tərkibli ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir. Alınan çöküntü ammonium-karbonatda və qələvilərdə həll olur.

3. Natrium-monohidrofosfat məhlulu sink duzları ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:

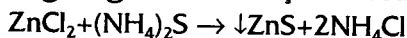


Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda, asetat turşusunda və qələvilərdə həll olur. Ona görə də reaksiya nəticəsində əmələ gələn xlorid turşusu, çöküntünü qismən həll edir və reaksiya dönər olur. Sink duzlarının neytral və ya zəif turşu məhluluna natrium-monohidrofosfat və neytrallaşıncaya qədər damcı-damcı ammonium-hidroksid əlavə etdikdə sink tamamilə çökür və ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gəlir:



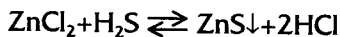
Əmələ gəlmiş sink-ammonium-fosfat çöküntüsü durulaşdırılmış mineral turşularda, asetat turşusunda, qələvilərdə və ammonium-hidroksidin artığında həll olur.

4. Ammonium-sulfidin 2-5 damcısı sink məhlulunun ekvivalent miqdarı ilə ağ rəngli sink-sulfid çöküntüsü alınır:



Əmələ gəlmiş çöküntünü üç hissəyə bölüb birinə xlorid turşusu, ikincisinə asetat turşusu, üçüncüsünə isə qələvi məhlulu tökün. Çöküntü xlorid turşusunda həll olur, asetat turşusunda və qələvilərdə həll olmur.

5. Hidrogen-sulfidi 5-6 damcı sink duzu məhlulu içərisindən buraxdıqda və ya bir neçə damcı təzə hazırlanmış hidrogen-sulfidli suyu sink duzu məhluluna əlavə etdikdə sink-sulfid çöküntüsü alınacaqdır:



Sink-sulfid mineral turşularda həll olur. Ona görə də sink ionu ilə hidrogen-sulfid arasında gedən reaksiya nəticəsində ayrılan hidrogen ionu, sink-sulfid çöküntüsünü qismən həll edir və bununla da reaksiya geri dönür. Reaksiyanı sink-sulfidin alınması istiqamətində aparmaq üçün, natrium-asetat məhlulu əlavə etmək lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq, reaksiya nəticəsində ayrılan mineral turşu asetat turşusu ilə əvəz edilir ki, sink-sulfid çöküntüsü də onda həll olmur. Lakin belə olduqda, sink-sulfiddən başqa kobalt-sulfid və nikel-sulfid də çökə bilər. Təcrübədə müəyyən edilmişdir ki, pH=2 olduqda sink-sulfid tamamilə

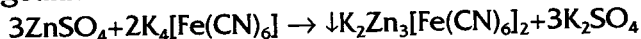


çökür, lakin kobalt və nikel ionları həmin mühitdə sulfid şəklində çökmür.

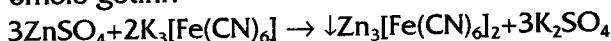
Məhlulun turşuluğunu istənilən qatılıqda saxlamaq üçün, ona formiat buferi əlavə edirlər. Formiat buferi qarışqa turşusu HCOOH ilə həmin turşunun ammonium duzu HCOONH<sub>4</sub> və ya natrium duzunun HCOONa müəyyən nisbətdə qarışdırılmasından alınır. Bəzən formiat buferindən başqa bir də bütün məhlulun həcmnin 1/4-i qədər 0,05N xlorid turşusu əlavə edirlər. Xlorid turşusu əlavə edərkən reaksiya nəticəsində mineral turşu alındığı üçün sink ionu miqdarən çökə bilməz. Lakin sink ionunu təyin etmək üçün yaradılan şərait kifayətdir.

Göstərilən üsulların hər ikisi ilə sink ionunun təyini tədqiq edilən məhlulun diqqətlə neytrallaşdırılmasından asılıdır.

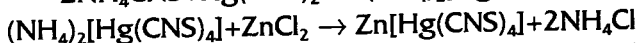
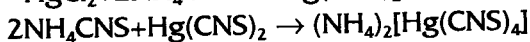
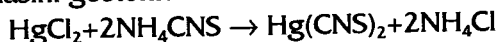
6. Sarı qan duzu sink ionu ilə ağ rəngli ikiqat kompleks duz əmələ gətirir.



7. Qırmızı qan duzu məhlulu sink ionu ilə sarımtıl rəngli çöküntü əmələ gətirir:

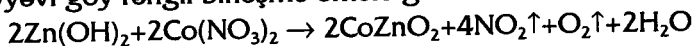


8. Civə 2-xlorid və ammonium-rodanid (ammonium-tetradanomerkuorat) sink ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir. Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı asetat turşusu və turşulaşdırılmış tədqiq edilən məhlul, bir damcı civə 2-xlorid və bir damcı da ammonium-rodanid məhlulu damızdırın. Ağ rəngli Zn[Hg(CSN)<sub>4</sub>] tərkibli, səciyyəvi xaç şəkilli və şaxəli çöküntünün alınması sink ionunun olmasını göstərir:



Göstərilən reaksiya alüminium ionunun iştirakı ilə də yaxşı nəticə verir.

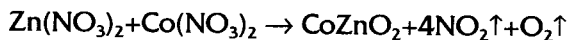
9. Kobalt-nitrati bir az sink-hidroksidlə qarışdırıb qızdırdıqda, səciyyəvi göy rəngli birləşmə əmələ gəlir:



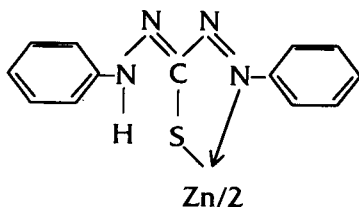
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Bir parça süzgəc kağızını sink duzu məhlulu və kobalt-nitratin durulaşdırılmış məhlulu ilə isladın. Süzgəc kağızını quru-

dub yandırın. Kağızın külü yaşıl rəngə boyanır və "Rinman yaşılı" alınır:



10. Ditizonun (difeniltiokarbazonun)  $\text{C}_6\text{H}_5(\text{NH})_2\text{CSH}-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5$  karbon 4-xlorid və ya xloroformda məhlulu neytral, qələvi və ya asetat turşusu mühitində sink ionu ilə qırmızı rəngli daxili kompleks duz-sink-ditizonatı əmələ gətirir.



Sink-ditizonat həm suda, həm də karbon 4-xloriddə həll olur. Ditizonla bir çox ağır metal ionlarının əmələ gətirdiyi kompleks birləşmələr sinkdən fərqli olaraq, yalnız karbon 4-xloriddə həll olur.

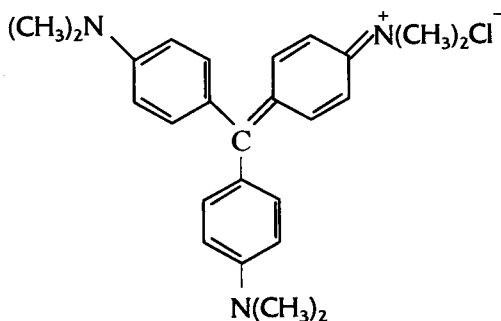
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı sink duzu məhlulu 3-4 damcı 2N natrium-hidroksid məhlulu və 2-3 damcı ditizon məhlulu tökün. Alınan qarışığı bərk çalxalayın. Məhlulun qırmızı rəngə boyanması sink ionunun olmasını göstərir.

Təsvir edilən üsulla sink ionunu başqa ionların iştirakı ilə təyin etmək olar. Bunun üçün sınaq şüşəsinə 2-3 damcı tədqiq edilən məhlul və 7-9 damcı 2N natrium-hidroksid məhlulu töküüb su hamamında qızdırın. Çöküntünü sentrifuqadan keçirin və alınan şəffaf sentrifuqatda sinki, sinkat ionu şəklində yoxlayın. Bunun üçün sınaq şüşəsinə 4-5 damcı sentrifuqat və 5-6 damcı ditizon məhlulu töküüb qarışdırın və qarışığı su hamamında ehtiyatla buxarlandırın. Hər 15-20 saniyədən bir sınaq şüşəsinə su hamamından çıxarın; ehtiyatla qarışdırın və yenidən qızdırmaqla buxarlandırın. Məhlulun qırmızı və ya gül rənginə boyanması sink ionunun olmasını göstərir.

11. Metil-bənövşəyi (kristal-bənövşəyi) boya tetrarodano-sinkoat kompleks ionu  $[\text{Zn}(\text{SCN})_4]^{2-}$  ilə neytral və ya çox zəif turş

mühitdə bənövşəyi rəngli, çətin həll olan suspenziya əmələ gətirir. Metil-bənövşəyinin struktur quruluşu aşağıdakı kimidir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

Sınaq şüşəsinə bir damcı sıxlığı 1,12 q/ml olan xlorid turşusu, 2 damcı 20%-li ammonium-rodanid və ya kalium-rodanid və bir damcı da 0,06%-li metil bənövşəyi məhlulu tökün. Qarışığı iki yerə bölüb yarisını müqayisə üçün saxlayın; qalan yarisına isə 1-2 damcı sink məhlulu töküb qarışdırın. Məhlulun açıq göy rənginin bənövşəyi rəngə çevrilməsi sink ionunun olmasını göstərir.

Turşunun artığı zərərli olduğu üçün onu əvvəlcədən tam neytrallaşdırmaq lazımdır. Bundan başqa, tətbiq edilən reaktivlərin miqdarına ciddi riayət etmək lazımdır.

Göstərilən reaksiyaya üçvalentli dəmir və ikivalentli mis ionları mane olur.

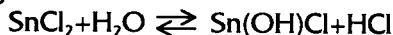
Qeyd etmək lazımdır ki, metil bənövşəyinə əvəzinə bənövşəyi mürəkkəb də işlətmək olar. Bunun üçün bənövşəyi mürəkkəbin göstərilən məqsəd üçün yararlı olub-olmamasını yoxlamaq lazımdır. Ondan ötrü 2 ml suya bir damcı sıxlığı 1,12 q/ml olan xlorid turşusu və bir damcı da bənövşəyi mürəkkəb əlavə edin. Alınan qarışıq 3-4 damcı 20%-li ammonium-rodanid məhlulu əlavə etdikdə (sink ionu olmadan) bənövşəyi rəngə boyanarsa, hazırlanmış mürəkkəb sink ionunu təyin etmək üçün reaktiv kimi yararlıdır. Əgər 20%-li ammonium rodanidin iki damcısının təsiri ilə qarışıq bənövşəyi rəngə boyanarsa, bu o deməkdir ki, mürəkkəb məhlulu qatıdır. Bunun üçün mürəkkəb məhlulunu bir qədər durulaşdırmaq lazımdır.

### 5.6.6. Qalay

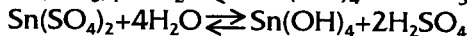
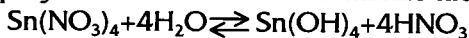
Qalay gümüşü-ağ rəngli olub havada oksidləşir. Qalay, qalay 2-oksidi  $\text{SnO}$  və qalay 4-oksiddən  $\text{SnO}_2$  ibarət 2 oksid əmələ gətirir. Qalay 2-oksidi asanlıqla turşularda həll olur və nəticədə ikivalentli qalaya uyğun gələn duzlar əmələ gətirir. Bundan başqa, o qələvilərdə həll olaraq stannit turşusuna uyğun gələn stannitlərdən ibarət duzlar əmələ gətirir.

Qalay 4-oksidi, qələvilərdə həll olaraq stannat (metastannat) turşusuna uyğun gələn stannatlardan ibarət duzlar əmələ gətirir. İkivalentli qalay birləşmələri qüvvətli reduksiyaediciyədir. Belə ki, qalay 2-xlorid, ikivalentli civə ionunu bivalentliyə və birvalentli civə ionunu metal civəyə;  $\text{Fe}^{III}$  ionunu  $\text{Fe}^{II}$  ionuna;  $\text{AsO}_4^{III}$  ionunu  $\text{AsO}_3^{III}$  ionuna reduksiya edir. Bundan başqa, qalay 2-xlorid turşu mühitdə  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{II}$  ionunu  $\text{Cr}^{III}$  ionuna reduksiya edir. Qələvi məhlulda stannitlər  $\text{Bi}^{III}$  ionunu metal bismuta qədər reduksiya edir. Qalay 2-xlorid hətta havanın oksigeni ilə oksidləşir.

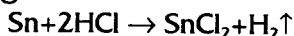
İki və dördvalentli qalay duzları asanlıqla hidroliz edir. Məsələn,  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  az miqdar suda həll etdikdə, şəffaf məhlul alınır. Əmələ gələn məhlulu su ilə durulaşdırdıqda, hidroliz edir və çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü turşularda asanlıqla həll olur. Xüsusilə dördvalentli qalayın nitrat və sulfatları tamamilə hidroliz edir:

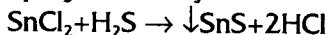


Qalay qatı xlorid və sulfat turşusunda asanlıqla həll olaraq uyğun duzlar əmələ gətirir:



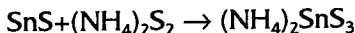
*Sn<sup>II</sup> ionunun reaksiyaları.*  $\text{Sn}^{II}$  ionu rəngsizdir. Təcrübə zamanı  $\text{SnCl}_2$  məhlulundan istifadə etmək olar.

1. Hidrogen-sulfid ikivalentli qalay duzunun zəif turşu məhlulu ilə qonur rəngli qalay 2-sulfid çöküntüsü əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş çöküntü ammonium-sulfiddə həll olmur. Lakin o ammonium-polisulfiddə asanlıqla həll olaraq tiostannat

əmələ gətirir. Bu zaman ikivalentli qalay dördvalentli qalaya qədər oksidləşir:



Qalay 2-sulfid oksidləşdiricilərin iştirakı ilə qələvilərdə həll olur:

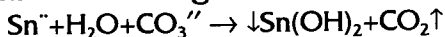


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı  $\text{SnCl}_2$  və 2 damcı da 2N xlorid turşusu töküüb məhlulu hidrogen-sulfid ilə doydurun. O zaman qalay 2-sulfid çöküntüsü alınacaqdır.

2. Ammonium-hidroksid ikivalentli qalay duzları ilə ağ rəngli qalay 2-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir.

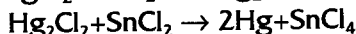
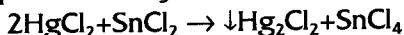
3. Qələvi metal karbonatları ikivalentli qalay duzları ilə qalay 2-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:



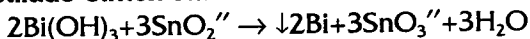
Əmələ gəlmiş çöküntü üçvalentli stibium duzlarından fərqli olaraq reaktiv artığında həll olmur.

4.  $\text{Sn}^{2+}$  ionu ilə reduksiya reaksiyaları. İkivalentli qalay ionu qüvvətli reduksiyaedicilərdən biridir. Onun vasitəsilə bir çox oksidləşdiriciləri reduksiya etmək mümkündür:

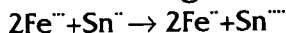
a) Civə 2-xloridin reduksiyası. Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı qalay 2-xlorid və bir damcı da civə 2-xlorid məhlulu tökün. O zaman  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  tərkibli, ağ rəngli çöküntü alınır. Əmələ gələn çöküntünün rəngi tədricən tutqunlaşır. Onun səbəbi alınan birvalentli civənin metala qədər reduksiya olunmasıdır.

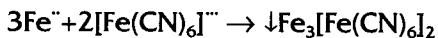


b) Bismut ionunun reduksiyası. Bismut ionunu təyin edərkən stannit məhlulu ilə bismut-hidroksid arasında gedən reaksiya nəticəsində sərbəst bismut metalının alınması reaksiyası ilə tanış olmuşduq. Həmin reaksiyadan həm də ikivalentli qalay ionlarının təyininə istifadə etmək olar:

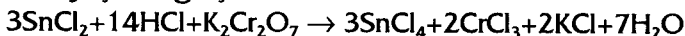


v) Üçvalentli dəmirin reduksiyası. Bir damcı üçvalentli dəmir duzu məhlulu üzərinə bir damcı 2N xlorid turşusu və bir damcı da qırmızı qan duzu məhlulu tökün. Alınan qarışıqın üzərinə bir damcı ikivalentli qalay duzu məhlulu tökün. O zaman dərhal tutqun-göy rəngli tumbul abısı əmələ gəlir:





q) Xromat və bixromat ionlarının reduksiyası. Xlorid turşusu mühitində qalay 2-xlorid məhluluna xromat və bixromat məhlulu ilə təsir etdikdə dərhal məhlulun sarı və ya narıncı rəngi göyümtül-yaşıl rəngə çevrilir.

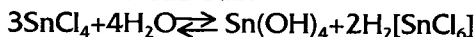


Bunun səbəbi xromat və ya bixromat ionlarının üçvalentli xroma qədər reduksiya olmasıdır.

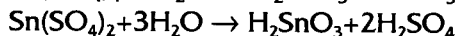
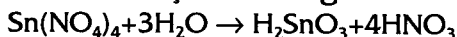
d) Sink metalı. İki və dördvalentli qalay birləşmələri turş mühitdə sink metalının təsiri ilə sərbəst metala qədər reduksiya olurlar.

*Sn<sup>IV</sup> ionunun reaksiyaları.* Sn<sup>IV</sup> ionu rəngsizdir.

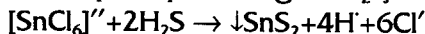
1. Hidroliz. Dördvalentli qalayın halogenli birləşmələri su ilə aşağıdakı tənlik üzrə hidroliz edir:



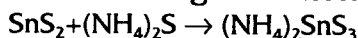
Dördvalentli qalayın nitrat və sulfat duzları tamamilə hidroliz edir və nəticədə stannat turşusu əmələ gətirir:



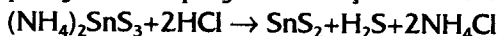
2. Hidrogen-sulfidlə dördvalentli qalay birləşmələrinə turş mühitdə təsir etdikdə, parlaq-sarı rəngli SnS<sub>2</sub> çöküntüsü alınır.



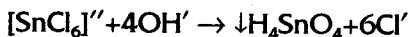
Əmələ gəlmiş çöküntü 6N xlorid turşusunda həll olur. Bundan başqa, qalay 4-sulfid ammonium- və natrium-sulfidə həll olur və nəticədə tioduzlar əmələ gətirir. Məsələn:



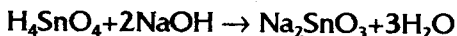
Alınan məhlulu turş reaksiya alıncaya qədər xlorid turşusu ilə turşulaşdırdıqda, yenidən qalay 4-sulfid çöküntüsü əmələ gəlir:



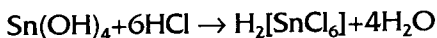
3. Ammonium-hidroksid məhlulu ilə dördvalentli qalay duzlarına təsir etdikdə, ortostannat turşusundan Sn(OH)<sub>4</sub> ibarət ağ rəngli çöküntü alınır. Məsələn:



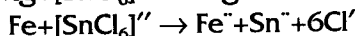
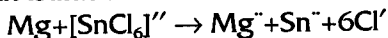
Əmələ gəlmiş çöküntü qələvilərdə həll olaraq stannatlar əmələ gətirir. Məsələn:



Ortostannat turşusu qatı xlorid turşusunda həll olur və nəticədə H<sub>2</sub>[SnCl<sub>6</sub>] tərkibli kompleks turşu əmələ gətirir:

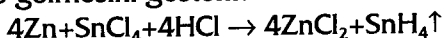


4. Dördvalentli qalay ionunun ikivalentli qalay ionuna reduksiyası. Analizin gedişində  $\text{SnS}_2$ -ni həll edərkən  $[\text{SnCl}_6]^{2-}$  tərkibli kompleks ionu əmələ gəlir. Həmin ionu  $\text{Sn}^{2+}$  ionuna reduksiya edərək təyin edirlər. Reduksiya məqsədilə maqnezium, dəmir və başqa metallardan istifadə edilir. Məsələn:

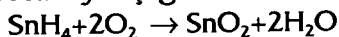


Dəmir dördvalentli qalayı yalnız  $\text{Sn}^{2+}$  ionuna qədər reduksiya edə bilir. Maqnezium isə məhlulun turşuluğu az olduqda dördvalentli qalayı metala qədər reduksiya edir.

5. Dörd və ikivalentli qalay ionlarının  $\text{SnH}_4$ -ə reduksiyası. Saat şüşəsi üzərində 2-3 damcı iki və ya dördvalentli qalay duzu məhlulu ilə bir neçə damcı qatı xlorid turşusunu qarışdırın. Alınan qarışığa tərkibində qalay qarışığı olmayan kiçik bir sink parçası salın. Mikrobotənin dibini məhlulla isladib qaz lampasının rəngsiz alovuna tutun. Səciyyəvi göy rəngli alovun alınması  $\text{SnH}_4$ -ün əmələ gəlməsini göstərir.



$\text{SnH}_4$  yanarkən reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Reaksiyanı sorucu şkafda aparmaq lazımdır.

### 5.6.7. Arsen

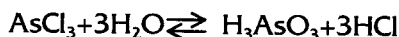
Arsen gümüşü-boz rəngli parlaq metaldir. Havaya qarşı möhkəmdir. Arsen fiziki xassələri etibarilə metallara, kimyəvi xassələri etibarilə isə qeyri-metallara yaxındır. Onun oksidləri turşu xassəsinə malikdir.

Arsenin  $\text{AsCl}_3$  və ya  $\text{AsCl}_5$  kimi birləşmələri suda həll edildikdə, parçalanır və nəticədə uyğun  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  və  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  turşularını əmələ gətirir. Arsen birləşmələrində 3 və ya 5 valentli olur. Buna uyğun olaraq onun üçvalentli oksidi  $\text{As}_2\text{O}_3$  və beşvalentli oksidi  $\text{As}_2\text{O}_5$  məlumdur. Bu oksidlərin hər ikisi də anhidridlər olub, arsenit və arsenatdan ibarət turşular əmələ gətirirlər.

Arsenit turşusu çox zəif turşudur. Onun duzlarına arsenitlər deyilir. Qələvi metalların arsenitləri suda yaxşı həll olur. Qələvi torpaq və ağır metalların əmələ gətirdikləri arsenitlər praktiki olaraq suda həll olmur, lakin turşularda həll olurlar.

Arsenit turşusu və onun duzları qüvvətli reduksiyaedirdirlər. Arsenat turşusunun duzları arsenatlar adlanır. Arsenatlar tərkiblərinə və həll olmalarına görə uyğun fosfatlara oxşayırlar. Məsələn, həll olması və alınması etibarilə  $MgNH_4AsO_4$  duzu  $MgNH_4PO_4$  duzuna çox oxşayır. Arsenatlardan yalnız qələvi metalların arsenatları suda yaxşı həll olur. Arsenat turşusu və onun duzları oksidləşdirici xassəyə malikdir.

Arsen 3-xloridə arsenit turşusunun xlor anhidridi kimi baxmaq olar:



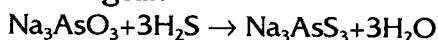
Göstərilən reaksiya dönekdir. Ona görə də arsen 3-xloridin suda məhlulunda  $As^{III}$  və  $AsO_3^{III}$  ionları mövcuddur. Qüvvətli xlorid turşusu mühitində göstərilən reaksiya  $As^{III}$  ionunun alınması, zəif turş mühitdə isə  $AsO_3^{III}$  ionunun alınması istiqamətində gedir.

Arsenin analizdə əhəmiyyətli birləşmələrindən  $As_2S_3$ ,  $As_2S_5$ ,  $Ag_3AsO_3$ ,  $Ag_3AsO_4$ ,  $CuHASO_3$ ,  $MgNH_4AsO_4$ ,  $(NH_4)_3H[As(Mo_2O_7)_6]$  və s. göstərmək olar.

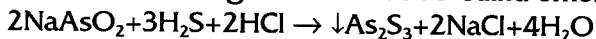
Arsenin birləşmələri qüvvətli zəhərləyici xassəyə malikdir.

*As<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.*  $As^{III}$  ionu məhlulda rəngsizdir.

1. Hidrogen-sulfid neytral mühitdə arsen 3-sulfid çöküntüsünü əmələ gətirmir. Çünki üçvalentli arsen duzu məhluluna neytral mühitdə hidrogen-sulfidlə təsir etdikdə, nəticədə suda həll olan tioduz əmələ gəlir:



Turş mühitdə isə hidrogen-sulfid arsen 3-sulfid əmələ gətirir:



Əmələ gələn  $As_2S_3$  qələvilərdə, qələvi metal karbonatlarının məhlulunda, ammonium-hidroksiddə, ammonium-sulfiddə, ammonium-polisulfiddə, qatı nitrat turşusunda və zərhdə həll olur. Lakin o stibium və qalayın sulfidlərindən fərqli olaraq qatı xlorid turşusunda həll olmur.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

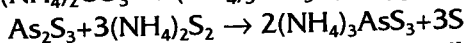
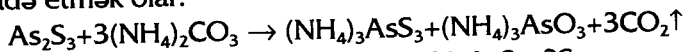
Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı  $Na_3AsO_3$ , o qədər də 2N xlorid turşusu töküb su hamamında qaynayınca qədər qızdırın və hidrogen-sulfidlə doydurun. Sarı rəngli  $As_2S_3$  tərkibli çöküntü alınır. Əmələ gəlmiş çöküntünü şəffaf məhluldan ayırın. Çöküntünün bir hissəsi üzərinə 5-6 damcı ammonium-karbonat məhlulu tökün və şüşə çubuqla qarışdırın. Məhlulu ehtiyatla qızdırın.



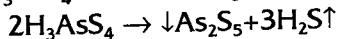
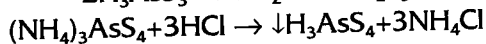
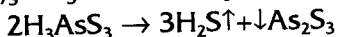
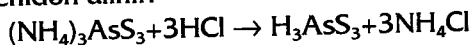
Çöküntü həll olacaqdır. Sonra da məhlulun üzərinə turş reaksiya alınincaya qədər xlorid turşusu əlavə edin. Bu zaman sarı rəngli  $As_2S_3$  çöküntüsü yenidən çökəcəkdir.

Çöküntünün qalan hissəsinin üzərinə bir qədər ammonium-polisulfid  $(NH_4)_2S_2$  töküüb qızdırın, çöküntü həll olacaqdır. Sonra da alınmış şəffaf məhlulun üzərinə turşulaşincaya qədər xlorid turşusu tökün. Bu zaman  $As_2S_3$ -dən ibarət çöküntü alınacaqdır.

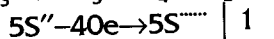
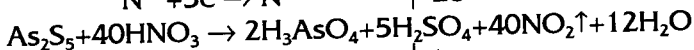
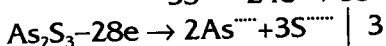
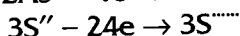
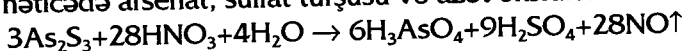
Arsen 3-sulfidin ammonium-karbonat və ammonium-polisulfid məhlullarında həll olmasını aşağıdakı reaksiya tənlikləri ilə ifadə etmək olar:



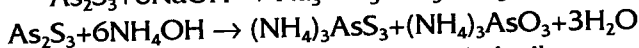
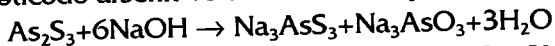
Göstərilən reaksiyaların hər ikisində nəticə etibarilə tioduzlar alınır ki, onlar da suda çox yaxşı həll olurlar. Əmələ gələn tioduz məhlullarına xlorid turşusu ilə təsir etdikdə,  $As_2S_3$  və  $As_2S_5$  çöküntüləri yenidən alınır:



Arsen 3-sulfid və arsen 5-sulfid qatı nitrat turşusunda həll olur, nəticədə arsenat, sulfat turşusu və azot oksidləri alınır:

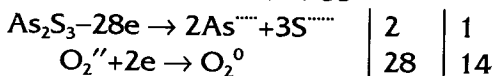
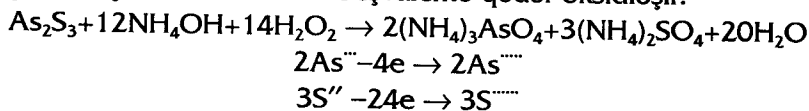


Arsen 3-sulfid qələvilərdə və ammonium-hidroksiddə həll olarkən, nəticədə arsenit və tioarsenit birləşmələri alınır.

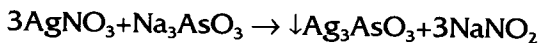


Arsen 3-sulfid hidrogen-peroksidin iştirakı ilə ammonium-hidroksid və ammonium-karbonat məhlullarında daha asan həll

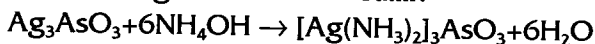
olur. Bu zaman  $S''$  ionu sərbəst kükürdə və hətta  $SO_4''$  ionuna qədər, üçvalentli arsen isə beşvalentə qədər oksidləşir:



2. Gümüş-nitratla üçvalentli arsenin neytral duzlarının, məhluluna gümüş-nitratla təsir etdikdə, sarı rəngli  $Ag_3AsO_3$  çöküntüsü alınır:



Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksid məhlulunda həll olur. Gümüş-arsenitin ammonium-hidroksid məhlulunda həll olması  $[Ag(NH_3)_2]AsO_3$  kompleks birləşməsinin əmələ gəlməsi ilə izah edilir:



3. Sərbəst yod arsenit turşusu ilə asanlıqla yodidə qədər reduksiya olunur:

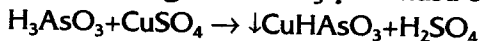


Göstərilən reaksiya dönərdir. Reaksiyanın əks istiqamətdə getməsi üçün hidrogen ionlarını natrium-hidrokarbonatla neytrallaşdırırlar. Nəticədə  $AsO_4'''/AsO_3'''$  cütünün oksidləşmə potensialı azalır və  $J_2/J'$  cütünün oksidləşmə potensialından az olur.

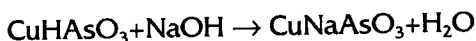
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı natrium-arsenit  $Na_3AsO_3$  məhlulu və bir az da bərk halda  $NaHCO_3$  əlavə edin. Natrium-hidrokarbonat həll olduqdan sonra bir damcı yod məhlulu əlavə edin. Məhlulun qonur rənginin rəngsizləşməsi analiz edilən məhlulda arsenit ionunun olmasını göstərir. Bunun kimi də,  $AsO_3'''$  ionu bir sıra oksidləşdiriciləri, məsələn, brom, xlor məhlullarını reduksiya edə bilər.

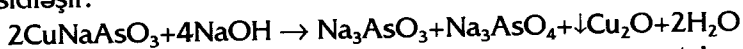
4. Mis 2-sulfat məhlulu ammonium-hidroksidin iştirakı ilə arsenitlərlə sarımtıl-yaşıl rəngli  $CuHASO_3$  çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş mis 2-hidroarsenit çöküntüsü qələvilərin və ammonium- hidrokسيدin artığında həll olaraq göy rəngli məhlul əmələ gətirir:

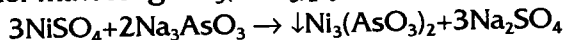


Alınmış məhlulu qaynatdıqda qırmızı rəngli mis 1-oksidi çöküntüsü əmələ gəlir. Arsenit ionu isə arsenat ionuna qədər oksidləşir:



Yuxarıdakı reaksiya vasitəsilə arsenit ionunu arsenat ionundan fərqləndirmək mümkündür.

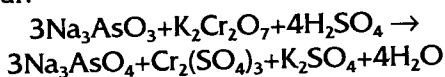
5. Nikel duzlarının təsirindən ammonium-hidroksid iştirakı ilə arsenitlər mavi rəngli  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_3)_2$  çöküntüsü əmələ gətirir:



Nikel duzları arsenat ionu ilə, arsenitlərdən fərqli olaraq ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir.

6. Sink duzları ammonium-hidroksid iştirakı ilə arsenatlardan fərqli olaraq, ağ rəngli  $\text{Zn}_3(\text{AsO}_3)_2$  çöküntüsü əmələ gətirir.

7. Kalium-bixromat və ya kalium-xromat turşu mühitdə arsenit ionunu arsenat ionuna qədər oksidləşdirir. Xromat və ya bixromat ionları isə göy-yaşıl rəngli üçvalentli xrom ionuna qədər reduksiya olunur.

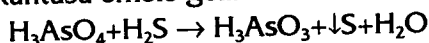


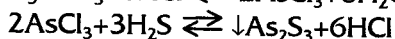
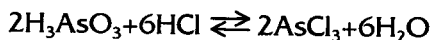
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı 0,1 N kalium-bixromat və ya xromat məhlulu, bir damcı natrium-arsenit və bir damcı da qatı xlorid və ya sulfat turşusu tökün. Göyümtül yaşıl rəngin alınması arsenat ionunun əmələ gəldiyini göstərir.

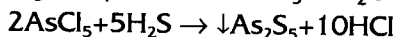
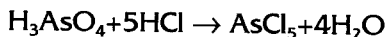
*As<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.* As<sup>III</sup> ionu rəngsizdir. Təcrübələrdə natrium-arsenatdan istifadə edin.

1. Soyuq halda hidrogen-sulfid arsenat turşusunun turşulaşdırılmış məhlulu içərisindən buraxdıqda, bilavasitə arsen 5-sulfid alınmır. Ona görə də üçvalentli arsendən fərqli olaraq məhlulun rəngi dəyişmir. Lakin bir müddətdən sonra beşvalentli arsen üçvalentli arsenə reduksiya olunur və bununla da sarı rəngli arsen 3-sulfid çöküntüsü əmələ gəlir:

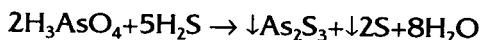




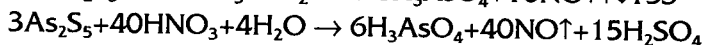
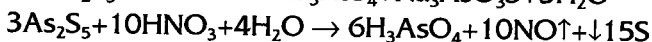
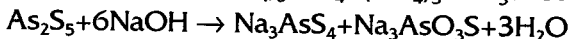
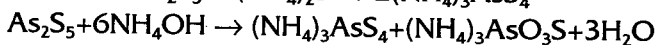
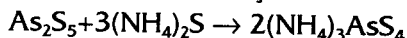
Arsenat turşusuna artıq miqdarda xlorid turşusu əlavə edib qızdırın. Qarışıqdan hidrogen-sulfidın güclü axınını keçirdikdə, dərhal arsen 5-sulfid çöküntüsü alınır:



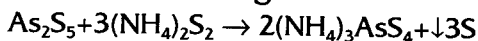
Arsenat ionu hidrogen-sulfidlə qismən reduksiya olunduğu üçün  $\text{As}_2\text{S}_5$  çöküntüsündə həmişə  $\text{As}_2\text{S}_3$  və sərbəst kükürd qarışıqları olur:



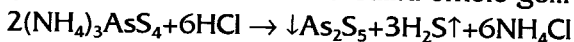
Arsen 5-sulfid ammonium-sulfiddə, ammonium-hidroksiddə, ammonium-karbonatda, yeyici qələvilərdə və habelə qatı nitrat turşusunda həll olur. Xlorid turşusunda isə həll olmur.



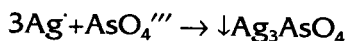
Arsen 5-sulfid ammonium-polisulfidlə reaksiyaya daxil olaraq duz və sərbəst kükürd əmələ gətirir.



Ammonium-tioarsenat məhluluna xlorid turşusu ilə təsir etdikdə, parçalanır və nəticədə arsen 5-sulfid əmələ gəlir.



2. Gümüş-nitrat məhlulu neytral mühitdə arsenat ionu ilə arsenit ionundan fərqli olaraq səciyyəvi, şokolad rəngli çöküntü əmələ gətirir:



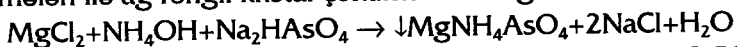
Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksiddə həll olur.

Bu reaksiyadan istifadə edərək beşvalentli arseni təyin etmək olar. Bunun üçün üçvalentli arsen, əvvəlcə, ammonium-hidroksid mühitində hidrogen-peroksid ilə beşvalentli arsenə qədər oksidləşdirilir. Sonra da oksidləşmiş maddə asetat turşusu ilə turşulaşdırılır və gümüş-nitrat məhlulu ilə təsir edilir. Söz yox

ki, bu zaman gümüş ionu ilə rəngli və ya çətin həll olan çöküntü əmələ gətirən ionlar (məsələn, xromatlar, bixromatlar, heksasio-ferroatlar, heksasio-ferriatlar, halogenlər və rodanidlər) iştirak etməməlidir.

Əgər gümüş-nitratla çətin həll olan çöküntü əmələ gətirən kənar ionlar iştirak edərsə, o zaman analiz edilən məhlulu nitrat turşusu ilə turşulaşdırın və üzərinə artıq miqdarda gümüş-nitrat məhlulu tökün. Bu zaman durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmayan çöküntünü sentrifuqa ilə ayırın. Məhlula qələvi reaksiya alınincaya qədər ammonium- hidroksid əlavə edin. Sonra da asetat turşusu ilə turşulaşdırın. Arsenat ionu iştirakı ilə şokolad rəngli çöküntü əmələ gəlir.

3. Maqneziumlu qarışıq (ammonium-hidroksid və ammonium-xlorid iştirakı ilə maqnezium duzları) beşvalentli arsen birləşmələri ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü turşularda həll olur; lakin 2,5%-li ammonium-hidroksid məhlulunda həll olmur.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

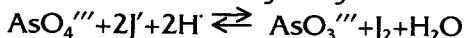
Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı arsenat duzu və o qədər də maqneziumlu qarışıq tökün. 70-100°C qızdırın. Ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gəlir. Maqneziumlu qarışıq arsenit ionu ilə çöküntü əmələ gətirmir. Bu reaksiyadan istifadə edərək üçvalentli arsenin iştirakı ilə beşvalentli arseni təyin edirlər və həm də beşvalentli arsen birləşmələrini üçvalentli arsen birləşmələrindən ayırırlar.

Maqneziumlu qarışıq maqnezium-xlorid, ammonium-xlorid və ammonium-hidroksid məhlullarının qarışığına deyilir.

Maqneziumlu qarışıq vasitəsilə beşvalentli arseni mikrokristalloskopik üsulla da təyin etmək olar. Bunun üçün əşya şüşəsi üzərinə bir damcı analiz edilən məhlul, onun yaxınlığında da bir damcı maqneziumlu qarışıq damızdırın. Hər iki damcını şüşə çubuqla birləşdirin. Arsenat ionunun iştirakı ilə  $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  tərkibdə kristallar əmələ gəlir ki, bu da  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  kristal ilə izomorfdur.

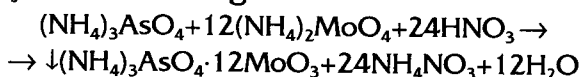
Analiz nəticəsini yoxlamaq üçün çöküntünün üzərinə gümüş-nitrat məhlulu tökün. Arsenat ionu olduqda çöküntü dərçini rəngə boyanır.

4. Kalium-yodid turş mühitdə arsenat ionunu arsenitə qədər reduksiya edir və nəticədə sərbəst yod ayrılır:



Göstərilən reaksiya dönərdir. Tarazlığı arsenat ionunun reduksiyası istiqamətinə yönəltmək üçün reaksiyanı sulfat turşusu mühitində, yodun üzvi həllediciləri (xloroform və ya benzol) iştirakı ilə aparmaq lazımdır. Bunun nəticəsində yodun əksər hissəsi xloroform və ya benzolda həll olur və həlledici layı səciyyəvi qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanır.

5. Ammonium-molibdatın ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>) nitrat turşusunda məhlulu arsenat ionu ilə sarı rəngli, kristal ammonium-arsenat-molibdat çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü arsenatın artığında asanlıqla həll olur və nəticədə kompleks anion əmələ gətirir. Ona görə də reaksiyanı apararkən ammonium-molibdatın doymuş məhlulundan bir qədər artıq əlavə etmək lazımdır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı arsenat duzu məhlulu, 5-6 damcı nitrat turşusu, 8-10 damcı ammonium-molibdat məhlulu tökülür. Reaksiyanın həssaslığını artırmaq məqsədilə bir-iki NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> kristalı əlavə edib qarışığı su hamamında bir neçə dəqiqə qızdırdıqda sarı rəngli çöküntü alınır. Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda həll olmur, lakin yeyici qələvilərdə və ammonium-hidroksiddə asanlıqla həll olur.

Fosfat ionu da arsenatda olduğu kimi (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · 12MoO<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O tərkibli çöküntü əmələ gətirir. Lakin fosfat ionu ilə çöküntü soyuq mühitdə alınır.

6. Üç və beşvalentli arsen birləşmələrinin reduksiyası. Üç və beşvalentli arsenin bütün birləşmələri turş mühitdə sink metalı ilə arsen-hidridə AsH<sub>3</sub> qədər reduksiya olunur. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



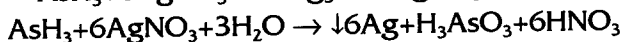
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 1-2 ml sulfat turşusu, bir neçə parça sink metalı və bir neçə damcı da analiz edilən məhluldan (sorucu şkaf altında) tökün. Bu zaman qaz halında  $AsH_3$ -in çıxmasını aşağıdakı üsulların biri ilə yoxlayın:

a)  $Ag^+$  ionunun reduksiyası (Qutsayt reaksiyası).  $AsH_3$  qazı çıxan sinəq şüşəsinin ağzını pambıq bürünmüş və gümüş-nitrat məhlulu ilə isladılmış süzğəc kağızı ilə örtün. Analiz edilən məhlulda arsen ionu olduqda süzğəc kağızında qonur və ya qara rəngli ləkə əmələ gəlir.

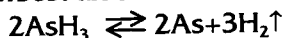
Götürülən turşu və ya sink metalının təmizliyini yoxlamaq üçün, təsvir edilən təcrübə analiz edilən məhluldan əlavə etmədən təkrar aparılır və alınan nəticəsi müqayisə edilir.

Reaksiyanı aşağıdakı tənlik ilə ifadə etmək olar:

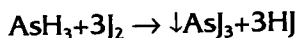


Təsvir edilən şəraitdə stibium qaz halında  $SbH_3$  əmələ gətirir ki, o da  $AgNO_3$  məhlulu ilə isladılmış süzğəc kağızını qaraldır. Ona görə də arseni göstərilən üsulla təyin edərkən stibium ionu iştirak etməməlidir.

b) Sərbəst arsenin alınması reaksiyası. Sərbəst arsen almaq üçün qaz halında ayrılan  $AsH_3$  qızardılmış borudan keçirilir. O zaman  $AsH_3$  parçalanır və nəticədə bozuntul-qonur rəngli qonurq alınır ki, bu da sərbəst arsenin alınmasını göstərir:

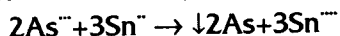


v) Yodun reduksiya reaksiyası. Yod kristalları ilə örtülmüş borudan  $AsH_3$  keçirdikdə, qırmızı rəngli arsen 3-yodid  $AsJ_3$  çöküntüsü alınır:



Göstərilən reaksiyanın həm turş, həm də qələvi mühitdə aparmaq olar.

7. Üç- və beşvalentli arsenin sərbəst arsenə qədər reduksiyası. Qatı xlorid turşusunda qalay 2-xloridin doymuş məhlulu ilə arsen birləşmələrinə təsir etdikdə, sərbəst arsen ayrılır:



Bu reaksiyadan istifadə edərək başqa kationların iştirakı ilə arseni təyin etmək olar. Bunun üçün mikrobutəyə 1-2 damcı analiz edilən məhlul və hər birindən 2 damcı olmaqla ammonium-hidroksid, su və maqnezium-xlorid (maqnezial qarışıq) əlavə edin. Bu zaman hidrogen-peroksid üçvalentli arsen birləşmələrini arsenat ionuna qədər oksidləşdirəcəkdir ki, o da maqneziumlu qarışıq ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində  $MgNH_4AsO_4$ -dən ibarət çöküntü əmələ gətirəcəkdir.

8. Mikrokrystaloskopik reaksiya. Yuxarıda göstərilən  $MgNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$  çöküntüsünün əmələ gəlməsi reaksiyasını mikrokrystaloskopik üsulla da aparmaq olar. Bu məqsədlə əşya şüşəsi üzərində analiz edilən məhlulun bir damcı ilə maqneziumlu qarışığın bir damcısı nazik şüşə çubuqla birləşdirilir. Əmələ gələn kristallara mikroskop altında baxılır. Alınan kristallar  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  kristallarına çox oxşayır.

Arsenat duzları və ammonium- hidroksid məhlullarından bir damcı götürüb əşya şüşəsi üzərinə damızdırılır. Üzərinə kalsium-asetatın bir kristalını qoyduqdan sonra, havanın karbon qazından  $CaNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$  kristallarını qorumaq üçün damcının üzəri şüşə örtüklə örtülür və mikroskop altında müşahidə edilir. Əvvəlcə amorf çöküntü əmələ gəlir, sonra da dərhal  $CaNH_4AsO_4 \cdot 6H_2O$ -dan ibarət kristallar ayrılır.

#### 5.6.8. Üçüncü qrup kationları qarışığının analizi

##### İlkin yoxlamalar

- 1) Arsenin Qutsayt reaksiyası və ammonium-molibdatla təyini.
- 2) Sinkin ammonium-tetradanomerkuorat reaktivi ilə mikrokrystaloskopik təyini.

##### Analizin gedişi.

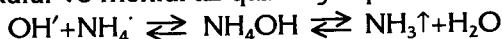
Analiz edilən məhlulu çini kasaya tökün. Üzərinə 3-5 damcı 3%-li hidrogen-peroksid məhlulu əlavə edin. Qarışığı qızdırıb qarışdırın, üzərinə hissə-hissə 2 N qələvi məhlulundan, əmələ gələn ilk hidroksid çöküntüsü həll oluncaya qədər əlavə edin (qələvinin çox artıq miqdarını tökmək məsləhət deyildir).



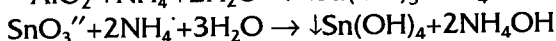
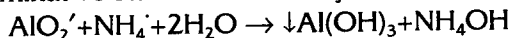
Qarışığı qaynayıncaya qədər qızdırın və üzərinə bir neçə dəfə hissə-hissə hidrogen-peroksid əlavə edin. Hidrogen-peroksidin artığını qaynatmaqla kənar edin. O zaman xrom, arsen və qalay yüksək valentə qədər oksidləşir və xrom olduqda məhlul sarı rəngə boyanır.

Beləliklə, məhlulda  $AsO_4'''$ ,  $CrO_4''$ ,  $AlO_2'$ ,  $ZnO_2''$ ,  $SnO_3''$  ionları ola bilər.

Alüminium və qalayı onların hidroksidləri şəklində başqa kationlardan ayırmaq üçün məhlulun qələviliyini azaltmaq lazımdır. Bunun üçün qarışığın üzərinə bir az ammonium-xlorid kristalları tökülür və məhlul az qalıncaya qədər buxarlandırılır.



Məhlulun mühiti zəif qələvi oluncaya qədər (fenolftaleinli kağızla yoxlamaq) ammonium-xlorid əlavə edilir. Zəif qələvi mühitdə alüminat və stannat hidroksid şəklində məhluldan ayrılır.



Beləliklə, çöküntüdə  $Al(OH)_3$  və  $Sn(OH)_4$ , məhlulda isə sink-ammonyakat, xromat və arsenat ionları qalır. Çöküntünü süzməklə məhluldan ayırın, yuyun və qızdıraraq 2 N xlorid turşusunda həll edin. Məhlulda alüminium və qalayı həll edin.

Alüminium. Alüminium ammonium- hidroksid mühitində natrium-alizarin-sulfoturşu ilə və kobalt-nitratla təyin edilir.

Qalay. Qalay aşağıdakı reaksiyalarla təyin edilir:

1) pH-ı 0,65 olan bufer məhlulu (100 ml 1 N natrium-asetat və 200 ml 1 N xlorid turşusu məhlulunun qarışığı) mühitində hidrogen-sulfidlə. Bunun üçün 3-4 damcı analiz edilən məhlula 8-10 damcı bufer məhlulu tökün və qarışıqdan hidrogen-sulfid buraxın. Analiz edilən məhlulda dördvalentli qalay olduqda açıq sarı rəngli çöküntü alınır.

2) Məhlula dəmir parçası daxil edib, 1-2 dəqiqə qaynatmaqla dördvalentli qalayı iki valentə qədər reduksiya edin. Məhlulu başqa sınaq şüşəsinə töküb, ikivalentli qalayı qələvi mühitdə bismut duzları ilə təyin edin.

Xrom.  $Al(OH)_3$  və  $Sn(OH)_4$  çöküntüsü ayrıldıqdan sonra qalan məhlulun rənginin sarı olması xromun olmasını göstərir (per-xromat turşusunun alınması üsulu ilə xromun olmasını yenidən yoxlayın).

## Cədvəl 12. Üçüncü qrup kationları qarışığı analizinin ardıcıl gedişi sxemi

1. Analiz edilən məhlulun üzərinə $H_2O_2$ və artıq miqdarda 2 N qələvi töküüb qaynadın. Məhlulda $AlO_2'$ , $CrO_4''$ , $ZnO_2''$ , $SnO_3'''$ , $AsO_4'''$ qalır. Məhlulun üzərinə $NH_4Cl$ kristalları əlavə edib süzün.				
2. Çöküntü $Al(OH)_3Sn(OH)_4$ . Yumaq və 2 N HCl-da həll etmək		3. Süzüntüdə $CrO_4''$ , $AsO_4'''$ və $[Zn(NH_3)_4]'$ olur.		
Alüminium, ammonium- hidrok- sid mühitində natrium alizarin- sulfoturşu ilə təyin edilir	Qalay 1) Bufer məhlulu mühitində $H_2S$ ilə; 2) $Sn^-$ -yə qədər reduksiya edib qələvi mühitdə bismut duzları ilə təyin edilir	Xrom 1) Məhlulun sarı rəngi ilə; 2) Perxromat turşusunun alın- ması ilə təyin edilir	Arsen 1) Qutsayt reak- siyası ilə; 2) Ammonium- molibdatla təyin edilir.	Sink Ammonyakat məhlulu üzərinə 2 N HCl əlavə edilir və sink 1) $CH_3COOH$ mühitində $H_2S$ - lə; 2) Xlorid turşusu mühitində $K_4[Fe(CN)_6]$ ilə təyin edilir.

**Arsen.** Süzüntüdə arseni təyin edin:

- 1) Qutsayt reaksiyası ilə.
- 2) Ammonium-molibdat ilə.

**Sink.** Sink-ammonyakat kompleksi üzərinə turş reaksiya alın- caya qədər (lakmus kağızı ilə yoxlayın) 2 N xlorid turşusu məhlulu tökün və onu aşağıdakı reaksiyalarla təyin edin:

- 1) Natrium-asetatın iştirakı ilə asetat turşusu mühitində hid- rogen-sulfidlə.
- 2) Qızdırma şəraitində, xlorid turşusu mühitində sarı qan duzu məhlulu ilə.
- 3) Az miqdarda kobalt duzunun iştirakı ilə ammonium- tetrarodanomerkurola.

### 5.7. ÜÇÜNCÜ KOLLOKVIUMA AİD SUAL VƏ ÇALIŞMALAR

1. Üçüncü qrupa hansı kationlar daxildir. Hansı prinsipə görə üçüncü qrup kationları bir qrupa daxildir?
2. Üçüncü qrupun qrup reaktivini göstərin və onun kationları ilə qarşılıqlı reaksiya tənliyini yazın.

3.  $\text{Cr}^{3+}$  kationunu  $\text{CrO}_4^{2-}$ -ə və ya  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -yə oksidləşdirmək üçün bir neçə oksidləşdirici göstərin.

4. Hidrogen-peroksid və kalium-permanqanat hansı mühitdə  $\text{Cr}^{3+}$  kationunu  $\text{CrO}_4^{2-}$  anionuna oksidləşdirə bilər?

5. Kalium-permanqanat vasitəsilə ikivalentli qalay kationunu oksidləşdirmək olarmı? Hansı mühitdə bu reaksiya daha sürətlə gedər?

6. Alüminium ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

7. Alüminium ionunun təyin edilməsi üçün tenar göyünün alınması qaydasını göstərin.

8. Xromun Mendeleyev cədvəlindəki vəziyyətini xarakterizə edin.

9. Üçvalentli xrom ammonium-sulfidlə hansı birləşmə əmələ gətirir? Səbəbini izah edin və reaksiya tənliklərini yazın.

10. Xromat ionunu bixromat ionuna necə çevirmək olar?

11. Xromun çətin həll olan birləşmələrini və onların rənglərini göstərin.

12. Xromit ionunun xassələrini göstərin və onun alınması reaksiya tənliklərini yazın.

13. Xromun təyin edilməsi üçün tətbiq edilən səciyyəvi reaksiyaları göstərin. Reaksiya tənliklərini yazın.

14. Perxromat turşusunun alınması reaksiyası şəraitini təsvir edin və reaksiyanın tənliyini yazın.

15. Xromun çətin həll olan, birləşmələrinin və onun məhlula keçirilməsi üsulunu göstərin. Reaksiyanın tənliyini yazın.

16. Xromat və bixromat ionlarının reduksiya reaksiya tənliklərini yazın.

17. Sinkin elementlərin dövrü sistemindəki vəziyyətini xarakterizə edin.

18. Sink ionu və onun mühüm çətin həll olan birləşmələrinin rənglərini göstərin.

19. Sink ionunun reaksiya tənliklərini yazın.

20. Qalayın məhlulda rast gəlinən müxtəlif ionlarının və mühüm birləşmələrinin rənglərini göstərin.

21. Qalay 2-hidroksidin alınması reaksiya tənliyini yazın.

22. Qalay 2-hidroksidin mühüm xassələrini göstərin.

23. Qalay 4-hidroksidin həll olması reaksiya tənliyini yazın.

24. Nə üçün qələvi metal stannitlərinin suda məhlullularını qızdırdıqda məhlul bulanır?
25. Qalay 2-sulfidin mühüm xassələrini göstərin.
26. Qalay 4-hidroksidin qələvilərdə həll olması reaksiya tənliyini yazın.
27. Qalay 2-sulfidin polisulfid ionları iştirak edən məhlullarda həll olması reaksiya tənliklərini yazın.
28. Qalay 2-sulfidin və qalay 4-sulfidin qələvi məhlullarında həll olmasının reaksiya tənliklərini yazın.
29. Qalay ionlarının kompleks birləşmə əmələ gətirmək meylini xarakterizə edin və reaksiya tənliyini yazın.
30. İki və dörd valentli qalay ionu reaksiya tənliklərini yazın.
31. Qalayın mühüm çətin həll olan birləşmələrini sayın, onların əsas həll edilmə üsulunu göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.
32. Arsenin məhlulda rast gələn mühüm ionlarını göstərin.
33. Arsenin müxtəlif ionlarının və mühüm birləşmələrinin rənglərini göstərin.
34. Arsenin müxtəlif birləşmələrinin həll olmasını xarakterizə edin.
35. Arsenin məhlulda rast gələn müxtəlif turşu anionlarını sayın və həmin ionların həqiqətən mövcud olmasını sübut edən əsas proseslərin tənliklərini yazın.
36. Arsenat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
37. Arsenit turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
38. Arsenat ionu ilə hidrogen-sulfid arasında gedən reaksiya tənliyini yazın.
39. Arsen 3-sulfidin analitik kimya görüşündən mühüm xassələrini xarakterizə edin.
40. Arsenin sulfid birləşmələrinin ammonium-polisulfid, qələvi, ammonium-əsas və ammonium-karbonat məhlullarında həll olunması reaksiya tənliklərini yazın.
41. Arsenin kompleks birləşmə əmələ gətirmək meylini xarakterizə edin.
42. Üç və beşvalentli arsenin analitik kimyada əhəmiyyəti olan oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını göstərin. Reaksiya tənliklərini yazın və oksidləşmə-reduksiya reaksiyası görüşündən əmsalları düzəldin.
43. Arsenat ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

44. Arsenit ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

45. Arsenit və arsenat ionları bir yerdə olduqda onları ayırmadan necə təyin etmək olar?

46. Arsenin qaz halında olan birləşmələrini sayın və onların analitik kimyada tətbiqini göstərin.

47. Arsenin çətin həll olan birləşmələrini sayın və onun əsas həlledilmə üsulunu göstərin.

48. Arsen ionları nə üçün üçüncü qrup kationlarına daxil edilmişdir?

49. Alüminium, üçvalentli xrom və sink ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

50. Qalay və arsen ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

51. Üçvalentli arseni beşvalentlidən fərqləndirən başlıca əlamətlərini göstərin.

52.  $ZnS$  nə üçün sulfat turşusunda həll olur, lakin asetat turşusunda həll olmur?

53. Duzların hidrolizi nəyə deyilir?

54. Hidrolizə uğraya bilən duzların tiplərini göstərin.

5. Məhlulu durulaşdırmaq və qızdırmaq, turşu və ya əsasların əlavə edilməsi hidrolizə nə cür təsir göstərir?

56. Çoxəsaslı turşu duzlarının pilləli hidrolizini göstərin.

57. Hidroliz sabiti və dərəcəsi nəyə deyilir?

58. Hidroliz dərəcəsinin qatılıq və temperaturdan asılılığını göstərin.

59. Qüvvətli turşu və zəif əsasdan əmələ gələn duzun hidroliz sabitini hesablayın.

60. Qüvvətli turşu və zəif əsasdan əmələ gələn duzun hidroliz dərəcəsini və hidrogen ionları qatılığını hesablayın.

61. Zəif turşu və qüvvətli əsasdan əmələ gələn duzun hidroliz sabitini hesablayın.

62. Zəif turşu və qüvvətli əsasdan əmələ gələn duzun hidroliz dərəcəsini və hidrogen ionları qatılığını hesablayın.

63. Zəif əsas və zəif turşudan əmələ gələn duzun hidroliz sabitini hesablayın.

64. Zəif əsas və zəif turşudan əmələ gələn duzun hidroliz dərəcəsini və hidrogen ionları qatılığını hesablayın.

65. Dəmir 3-xloridin hidrolizinin reaksiya tənliyini yazın. Temperaturu artırdıqda, su ilə durulaşdırdıqda və məhlulu turşulaşdırdıqda tarazlıq hansı istiqamətə doğru yönələr və nə üçün?

66.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  və  $\text{BiCl}_3$  məhlulda hidrolizini necə azaldıb və çoxaltmaq olar?

67.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  və ya  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ;  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  və ya  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{K}_3\text{PO}_4$  və ya  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  duzlardan hansılarının eyni şəraitdə hidroliz dərəcəsi daha artıqdır.

68. Amfoterlik nəyə deyilir?

69. Hidroksidlərin amfoter xassələrinin onların ion radiuslarından necə asılı olmalarını göstərin.

70.  $\text{ZnO}_2^{2-}$  anionu  $\text{Zn}^{2+}$  kationuna  $\text{Al}^{3+}$  kationu isə  $\text{AlO}_2^-$  anionuna nə cür çevirmək olar?

71. Nə üçün natrium-alüminat və ya berillat məhlulları üzərinə  $\text{NH}_4\text{Cl}$  əlavə edib qızdırdıqda  $\text{Al}(\text{OH})_3$  və  $\text{Be}(\text{OH})_2$  çöküntülərinin əmələ gəlməsi müşahidə olunur.

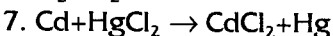
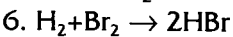
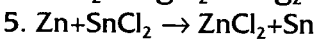
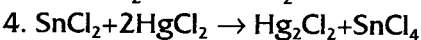
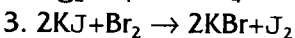
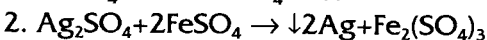
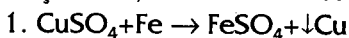
72. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları nədir və vəsfi analizdə onların əhəmiyyəti nədən ibarətdir?

73. Oksidləşmə və reduksiya nəyə deyilir?

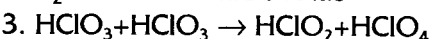
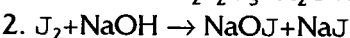
74. Oksidləşmə-reduksiya proseslərinə mühitin necə təsir göstərməsini aydınlaşdırın.

75. Elementlərin dövrü sisteminə görə nisbətən qüvvətli oksidləşdirici və reduksiyaediciləri göstərin.

76. Aşağıdakı reaksiya tənliklərində hansı ion və ya atomun oksidləşməsini, hansının isə reduksiya olmasını göstərin:



77. Aşağıdakı özüksidləşmə-özüreduksiyaolma reaksiya tənlikləri sxemini düzəldin.

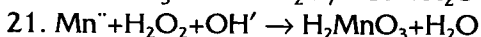
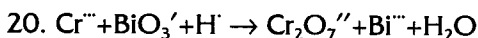


78. Nəzəri məlumatlara əsasən aşağıdakı kimyəvi reaksiya tənliklərini tamamlayın və əmsallarını düzəldin.

1.  $\text{Cu} + \text{HNO}_3$  (qatı)  $\rightarrow$  ?
2.  $\text{Al} + \text{HNO}_3$  (çox duru)  $\rightarrow$  ?
3.  $\text{KMnO}_4 + \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{NaOH} \rightarrow$  ?  
(şiddətli qələvi mühit)
4.  $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  ?
5.  $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{KOH} \rightarrow$  ?  
(şiddətli qələvi mühit)
6.  $\text{P} + \text{HNO}_3 \rightarrow$  ?
7.  $\text{KJO}_3 + \text{KJ} + \text{HCl} \rightarrow$  ?
8.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$  ?
9.  $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow$  ?
10.  $\text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow$  ?
11.  $\text{CrCl}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$  ?
12.  $\text{PbO}_2 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$  ?

79. İon-elektron metodundan istifadə edərək aşağıdakı sxem üzrə ion tənliklərini tərtib edin.

1.  $\text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{PbO}_2 + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{MnO}_4^{\cdot} + \text{Pb}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{Cr}^{\cdot\cdot} + \text{O}_2 + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Cr}^{\cdot\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{CrO}_2^{\cdot} + \text{PbO}_2 + \text{OH}^{\cdot} \rightarrow \text{CrO}_4^{\cdot\cdot} + \text{PbO}_2^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{NO}_2^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Co}^{\cdot\cdot} + \text{NO}_3^{\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
5.  $\text{JO}_3^{\cdot} + \text{J}^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O}$
6.  $\text{MnO}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
7.  $\text{Fe}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^{\cdot} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$
8.  $\text{Fe}^{\cdot\cdot} + \text{NO}_3^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot} + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
9.  $\text{Cr}^{\cdot\cdot\cdot} + \text{S}_2\text{O}_8^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{\cdot\cdot} + \text{SO}_4^{\cdot\cdot} + \text{H}^{\cdot}$
10.  $\text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{MnO}_4^{\cdot} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})_2 + \text{H}^{\cdot}$
11.  $\text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{JO}_4^{\cdot} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{\cdot} + \text{JO}_3^{\cdot} + \text{H}^{\cdot}$
12.  $\text{Ni}^{\cdot\cdot} + \text{Br}_2 + \text{OH}^{\cdot} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{Br}^{\cdot}$
13.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{J}^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O}$
14.  $\text{MnO}_4^{\cdot} + \text{Cl}^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
15.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{H}_2\text{CrO}_6 + \text{H}_2\text{O}$
16.  $\text{ClO}_3^{\cdot} + \text{Fe}^{\cdot\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Fe}^{\cdot\cdot\cdot} + \text{Cl}^{\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
17.  $\text{MnO}_4^{\cdot} + \text{NO}_2^{\cdot} + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Mn}^{\cdot\cdot} + \text{NO}_3^{\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
18.  $\text{Cr}^{\cdot\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^{\cdot} \rightarrow \text{CrO}_4^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
19.  $\text{CoS} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^{\cdot} \rightarrow \text{Co}^{\cdot\cdot} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$



80. Kolloid məhlullar nədir və onların əmələ gəlmə şəraitini göstərin.

81. Zol, gel, qranula, mitsella neyə deyilir?

82. Koaqulyasiya, peptizasiya və sedimentasiya hadisələrinin mahiyyəti nədən ibarətdir?

83. Kolloid məhlulların əmələ gəlməsi və onların koaqulyasiyası üçün hansı şərait əlverişlidir?

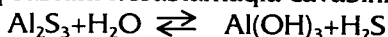
84. 0,1 M HCOONa məhlulunun pH və hidroliz dərəcəsi nəyə bərabərdir?

Cavab: 0,002%; 8,4.

85. 0,1 M NH<sub>4</sub>Cl məhlulunun pH və hidroliz dərəcəsi nəyə bərabərdir?

Cavab: 0,0085%; 5,5.

86. Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> hidrolizə uğrayırmı?  $h_{\text{Al(OH)}_3} = 10^{-33}$ . Aşağıdakı reaksiyanın tarazlıq sabitini hesablamaqla cavabınızı təsdiq edin.



Cavab:  $7,9 \cdot 10^{-16}$ .

87. 0,1 M KF məhlulunun pH-ı və hidroliz dərəcəsini hesablayın.

Cavab: 0,0013%; 8,02.

88. 1 M natrium-asetat məhlulunun hidroliz dərəcəsini hesablayın.

89. 0,1 N Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> duzu məhlulunun bütün pillələrinə görə hidroliz sabitini və hidroliz dərəcəsini hesablayın.

Cavab:  $K'_{\text{hid}} = 4,5 \cdot 10^{-2}$ ;  $K''_{\text{hid}} = 1,6 \cdot 10^{-7}$ ;  $K'''_{\text{hid}} = 1,3 \cdot 10^{-12}$

$\alpha' = 67,4\%$ ;  $\alpha'' = 0,1\%$ ;  $\alpha''' = 4,0 \cdot 10^{-4}\%$ .

90. Tərkibində 0,056 mol/l ammonium-hidroksid ilə 0,1 mol/l ammonium-xlorid olan məhlulun pH-nı hesablayın.

Cavab: pH=9,00.

91. Maqnezium-hidroksid və dəmir 2-hidroksid misalı üzrə bu çöküntülərin NH<sub>4</sub>Cl-id məhlulunda həllolma mexanizmini izah edin.

92. Dəmir-3 və dəmir-2-hidroksidlərin həllolmalarını tapın.

$h_{\text{Fe(OH)}_3} = 3,8 \cdot 10^{-38}$ ;  $h_{\text{Fe(OH)}_2} = 4,8 \cdot 10^{-16}$ .

Cavab:  $2,0 \cdot 10^{-9}$ ;  $4,4 \cdot 10^{-5}$ .



93. pH-in hansı qiymətində 0,1 M sink duzu məhlulundan hidrogen-sulfid vasitəsilə ZnS-in çökməsinin qarşısını almaq olar?

Cavab:  $\text{pH} \leq 1,2$ .

94. Məhlulun pH-nı 2,0-də saxlayan formiat bufer qarışığının iştirakı ilə 0,1 M  $\text{ZnCl}_2$  məhlulundan  $\text{H}_2\text{S}$  buraxdıqda neçə faiz sinkin çökəcəyini hesablayın?

Cavab: 99,8%.

95. Xrom və qurğuşun ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

96. Xrom, barium və qurğuşun ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

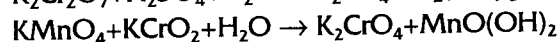
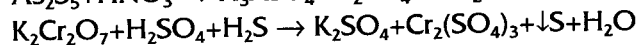
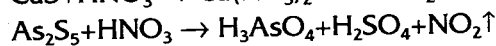
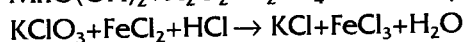
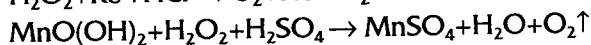
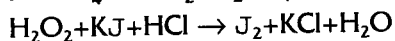
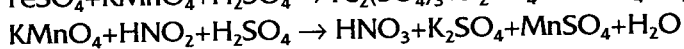
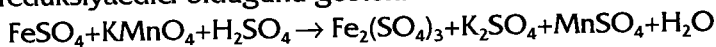
97. Oksidləşmə və reduksiya nəyə deyilir?

98. Atomun radiusunun böyüklüyü oksidləşmə reduksiya reaksiyasına nisbətən necə təsir göstərir?

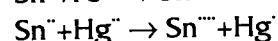
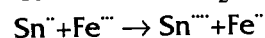
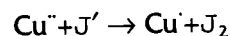
99. Oksidləşmə reduksiya prosesinə mühitin necə təsir göstərməsini aydınlaşdırın.

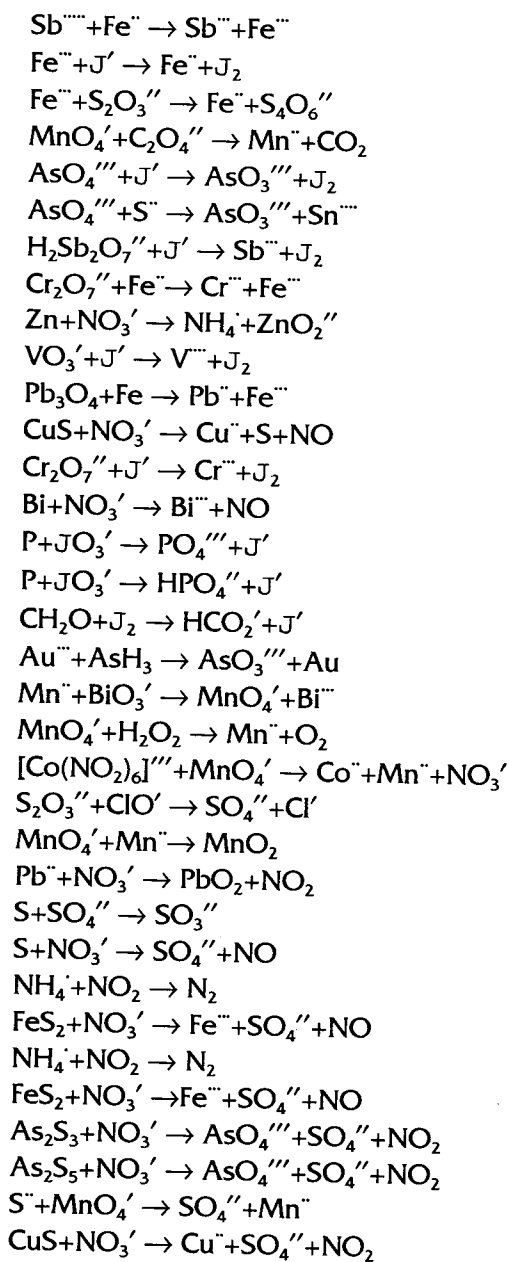
100. D.İ.Mendeleevin elementlərin dövrü sistemi üzrə nisbətən qüvvətli oksidləşdirici və qüvvətli reduksiyaediciləri göstərin.

101. Aşağıdakı oksidləşmə və reduksiya reaksiyaları üçün əmsal tapın və orada hansı elementlərin oksidləşdirici, hansının isə reduksiyaedici olduğunu göstərin.



102. Aşağıdakı sxem üzrə gedən elektron-ion reaksiya tənliklərini düzəldin:





## VI FƏSİL

### DÖRDÜNCÜ QRUP KATIÖNLARI

Dördüncü qrup kationlarının reaksiyalarının və analizin gedişinin öyrənilməsi ilə paralel olaraq bu fəsildə oksidləşmə-reduksiya prosesləri haqqında nəzəri biliklərin öyrənilməsinə yer verilir. Burada oksidləşmə potensialı və oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının istiqaməti, onların gedişinə rəksiya mühitinin və reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığının təsiri, habelə oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının tarazlıq sabitindən söhbət açılır.

#### 6.1. OKSIDLƏŞMƏ POTENSİALI

Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları bəhsində bəzi elementlərin (ionların) asanlıqla, bəzilərinin isə çətinliklə oksidləşdiyi və ya reduksiya olunduğu göstərilmişdir. Deməli, oksidləşdirici və ya reduksiyaedici maddələrin fəallığı da müxtəlif olur. Bunu aydınlaşdırmaq.

a) Üç kolbanın hər birinə 20 ml 0,1N  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  və  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  məhlulları, 1 ml qatı  $\text{H}_2\text{SO}_4$  turşusu və 5 ml 0,1N KJ məhlulu əlavə etdikdə kolbaların hər üçündə sərbəst yod ayrılır.

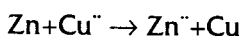
b) Yuxarıdakı təcrübəni kalium-yodid əvəzinə, durulaşdırılmış kalium-bromid məhlulu əlavə etməklə təkrar edilir. Kolbaların hər üçünü azacıq qızdırdıqda  $\text{KMnO}_4$  və  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  məhlulları olan kolbalarda sərbəst brom ayrıldığı halda  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  olan kolbadakı məhlulda brom ayrılmır. Buradan aydın olur ki,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  brom ionunu sərbəst bromla qədər oksidləşdirə bilmir.

v) Yuxarıdakı təcrübəni kalium-bromid əvəzinə 5 ml durulaşdırılmış natrium-xlorid məhlulu əlavə etməklə təkrar edilir. O zaman  $\text{KMnO}_4$  olan kolbanı azacıq qızdırdıqda xlor ayrılacaqdır.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  və  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  məhlulları olan qarışığı qaynatdıqda xlor ayrılmayacaqdır.

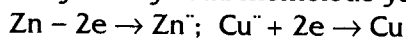
Göstərilən misallardan aydın olur ki,  $\text{KMnO}_4$  götürülmüş reduksiyaedici ionların hər üçünü də ( $\text{Cl}'$ ,  $\text{Br}'$ ,  $\text{J}'$ ) oksidləşdirəndi halda  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yodid və bromid ionlarını,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  isə yalnız yodid ionunu oksidləşdirə bilir. Buradan aydın olur ki, adları çəkilən oksidləşdiricilərdən ən qüvvətli  $\text{KMnO}_4$ , ən zəifi isə  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ -

dir. Digər tərəfdən yuxarıdakı misallardan görünür ki, kalium-yodid, göstərilən oksidləşdiricilərin hər üçünü reduksiya etdiyi halda kalium-bromid  $KMnO_4$  və  $K_2Cr_2O_7$ -ı,  $NaCl$  isə yalnız  $KMnO_4$ -ı reduksiya edə bilər. Bu da adları çəkilən reduksiyaediciyədən ən qüvvətlinin kalium-yodid, ən zəifinin isə  $NaCl$  olduğunu göstərir.

Metalların gərginlik sırasına əsasən, demək olar ki, bir metalın, başqa bir metalı birləşmələrindən sıxışdırıb çıxarması reaksiyası, elektronların birinci metalın atomlarından ikincinin ionlarına keçməsi ilə izah oluna bilər. Bunu aydın başa düşmək üçün mis ionu ilə sink metalının qarşılıqlı təsiri reaksiyasının tənliyini göstərək:

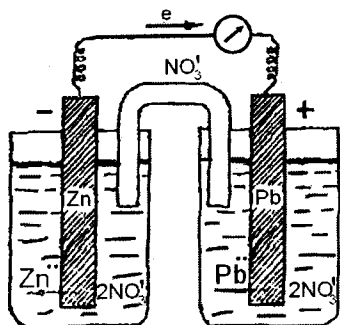


Göstərilən reaksiya tənliyini iki mərhələdə yazaraq:



Aydındır ki, əgər elektronlar sink metalından mis ionuna bilavasitə deyil, metal keçirici vasitəsilə keçə bilərsə, o zaman metal keçiricidə elektronlar sink metalından mis ionuna doğru axar. Nəticədə elektrik enerjisi yaranar. Kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilər. Həqiqətən, kimyəvi reaksiya zamanı əmələ gələn kimyəvi enerji, elektrik enerjisinə çevrilə bilər. Kimyəvi enerji nəticəsində əmələ gələn elektrik enerjisini qalvanik elementlərdə təcrübi olaraq müşahidə etmək mümkündür. Bununla əlaqədar olaraq birinci növbədə qalvanik elementlərin quruluşu və işi ilə tanış olmaq lazımdır. Qalvanik elementlərin quruluşundakı başlıca xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, oksidləşdirici və reduksiyaedicinin bir-birindən təcrid edilmiş iki qabda yerləşdirilir. Məsələn, sink lövhəsini qurğuşun-nitrat məhluluna daxil etdikdə, sink lövhənin həll olduğu, qurğuşunun isə sərbəst ayrıldığı müşahidə edilir ki, bu da elektronların sink lövhədən qurğuşun ionuna keçməsi ilə izah edilir. Bu proses kimyəvi reaksiya nəticəsində gedir və əmələ gələn enerji istilik enerjisinə çevrilir. Sink lövhəsi ilə qurğuşun duzu məhlulu ayrı-ayrı qablarda olduqda elektronların sinkdən qurğuşuna keçməsinə təmin etmək olar. Bu məqsədlə götürülmüş iki stəkanın birinə sink-nitrat, digərinə isə qurğuşun 2-nitrat məhlulu tökülür. Birinci stəkandakı məhlula sink lövhəsi, ikinci stəkandakı məhlula isə qurğuşun lövhəsi salınır. Hər iki stəkanda olan məhlullar elektrolit məhlulu ilə (məsəl-

lən,  $\text{KNO}_3$ ) doldurulmuş əyri boru vasitəsilə əlaqələndirilir (şəkil 38).



Şəkil 38.

Ayrı-ayrı qablarda yerləşdirilmiş sink lövhəsi ilə qurğuşun duzu arasındakı reaksiyanı təmin edən qurğu

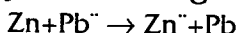
Bundan sonra qurğuşun və sink lövhələri qalvanometri olan metal naqıl vasitəsilə birləşdirilir. Bu zaman qalvanometr elektrik cərəyanının əmələ gəldiyini dərhal göstərəcəkdir. Bundan başqa qalvanometr elektronların metal naqıl vasitəsilə sinkdən qurğuşuna doğru istiqamətləndiyini də göstərəcəkdir. Göründüyü kimi sink metalının məhlula ion şəklində keçməsi və

qurğuşun ionunun reduksiya olunaraq metala çevrilməsi, təcrid edilmiş ayrı-ayrı qablarda gedir. Eyni zamanda sink ionlarının əmələ gəlməsi hesabına ayrılan elektronların xarici dövrə vasitəsilə qurğuşun lövhəsi olan qaba tərəf axması nəticəsində qurğuşun lövhəsi mənfi yüklənmiş olar. O zaman qurğuşun lövhə salınmış məhlulda qurğuşun ionları reduksiya olunur və lövhənin üzərinə çökür. Beləliklə, qurğuşun ionunun reduksiyası hesabına, nitrat ionları çoxalır və məhlulda mənfi yüklü ionların miqdarı getdikcə artır; bunun da nəticəsində qurğuşun ionları daha çox müqavimətə rast gəlir. Nəhayət, elə bir an gəlib çatır ki, proses sanki, dayanmış olur. Söz yox ki, məhlulda mənfi yüklü ionların artığı deyil, elektroneytral molekullar olarsa, o zaman qurğuşun ionlarının reduksiya prosesi fasiləsiz olaraq davam edər. Göstərilənlərdən aydın olur ki, birinci qabda müsbət yükün, ikinci qabda isə mənfi yükün artıq olması nəticəsində hər iki qabda oksidləşmə-reduksiya prosesi dayanır. Ona görə də ikinci qabda olan artıq nitrat ionlarını birinci qaba keçirmək məqsədilə hər iki qab elektrolitlə doldurulmuş boru ilə birləşdirilir. O zaman ikinci qabda getdikcə azalan və birinci qabda getdikcə artan nitrat ionları hesabına hər iki qabdakı məhlul elektroneytral olur və bu-

nunla sinkin həll olması və qurğuşunun çökməsi prosesi arası kəsilmədən davam edir. Deyilənlərdən bir daha aydın olur ki, kimyəvi reaksiya zamanı əmələ gələn kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilir ki, bunu da təcrübədə qalvanik element vasitəsilə asanlıqla müşahidə etmək mümkündür. Yuxarıdakı şəkildə təsvir edilən qalvanik elementdə oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları zamanı kimyəvi enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Onun mənfi elektrodu sink, müsbət elektrodu isə qurğuşundur. Mənfi elektrodca sinkin oksidləşməsi, müsbət elektrodca isə qurğuşun ionunun reduksiyaşması gedir:

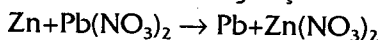


Hər iki tənliyi toplayıb bir tənliklə göstərdikdə:

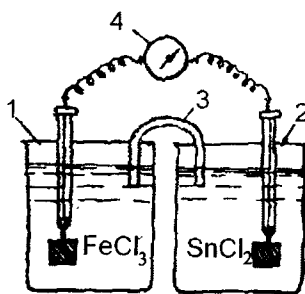


alınır.

Yaxud molekulyar şəkildə:



Yuxarıda göstərilədiyi kimi, başqa qalvanik elementlər də düzəldirlər. Hər hansı bir qalvanik elementdə elektronu asanlıqla az fəal metal ionuna verərək onu neytral atoma çevirən nisbətən fəal metallar olur ki, onlar da mənfi elektrod rolunu oynayır. İş zamanı mənfi elektrod həll olur və ionlar şəklində məhlula keçir.

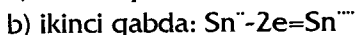
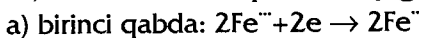


Şəkil 39.

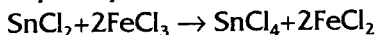
Qalvanik elementinin sxemi

Fizika və kimya kursundan məlum olan və aşağıda təsvir edilən qalvanik elementlə tanış olaq. Bunun üçün birinci və ikinci stəkanın (şəkil 39) hər birinə 0,1 mol  $\text{FeCl}_3$  və  $\text{SnCl}_2$  məhlulları və elektrik keçiriciliyi artırmaq üçün bir qədər də HCl turşusu tökək. Hər iki stəkanı kalium-xlorid elektroliti doldurulmuş əyri boru (3) ilə əlaqələndirək. Bu zaman qalvanometrin göstəricisinin hərəkəti xarici dövrdə elektron axınının mövcud olmasını göstərir. Həmin elektronların axını qalvanik element nəticəsində mümkün olur. Bir müddətdən sonra birinci və ikinci qablarda

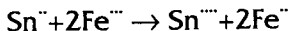
olan məhlulları müvafiq reaktivlərlə yoxlasaq, o zaman  $\text{SnCl}_2$  məhlulu olan ikinci qabda  $\text{Sn}^{IV}$ ,  $\text{FeCl}_3$  məhlulu olan birinci qabda isə  $\text{Fe}^{II}$  ionlarının olmasını müəyyən etmək olar. Buradan aydın olur ki, birinci və ikinci qablarda aşağıdakı reaksiya getmişdir:



Hər iki tənliyi topladıqda



və ya

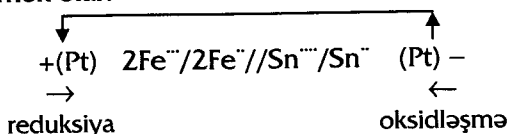


Buradan görünür ki, oksidləşdirici  $\text{Fe}^{III}$  ionu ilə reduksiyaedici  $\text{Sn}^{II}$  ionu bir-birindən aralı yerləşdirilmişdir.  $\text{FeCl}_3$  və  $\text{SnCl}_2$  məhlullarını qarışdırdıqda reaksiya nəticəsində ayrılan kimyəvi enerji elektrik enerjisinə yox, istilik enerjisinə çevrilir.

Ayrı-ayrı yarıməlementlərdən düzəldilən qalvanik element nəinki yalnız götürülən oksidləşdiricidən (yaxud reduksiyaedicidən) eyni zamanda reaksiya nəticəsində alınan maddələrdən də ibarətdir. Məsələn, yuxarıda göstərdiyimiz qalvanik elementlərdən, ikinci stəkanda, nəinki götürdüyümüz  $\text{Sn}^{II}$  ionu, eyni zamanda reaksiya nəticəsində alınan  $\text{Sn}^{IV}$  ionu da olur. Qalay ionları birlikdə oksidləşmə-reduksiya cütü adlanaraq  $\text{Sn}^{IV}/\text{Sn}^{II}$  şəklində göstərilir. O, həmin elementin yarıməlementlərindən biridir. Bunun kimi də ikinci yarıməlement  $\text{Fe}^{III}/\text{Fe}^{II}$  oksidləşmə-reduksiya cütündən ibarətdir.

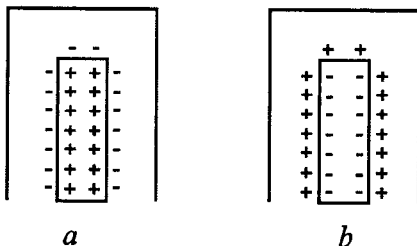
Hər bir oksidləşmə-reduksiya cütündə oksidləşmə dərəcəsi daha yüksək olan elementdən əmələ gəlmiş oksidləşmiş forma ( $\text{Sn}^{IV}$ ,  $\text{Fe}^{III}$ ) və oksidləşmə dərəcəsi nisbətən aşağı olan elementdən əmələ gəlmiş reduksiya olunmuş forma ( $\text{Sn}^{II}$ ,  $\text{Fe}^{II}$ ) olur. Hər bir oksidləşmə-reduksiya cütündə oksidləşmiş forma oksidləşdirici, reduksiyaolunmuş forma isə reduksiyaedicidir.

Nəzərdən keçirdiyimiz qalvanik elementin işini aşağıdakı sxemlə göstərmək olar:



Göstərilən sxemdən aydın olur ki, elementin mənfi qütbündə elektron vermə, daha doğrusu reduksiya gedir. Göstərilən elementdə Cl' ionu dəyişikliyə uğramır. O, yalnız əyri boru vasitəsilə birinci stəkandan ikinci stəkana keçir. Beləliklə, elektronların yenidən paylanmasını bütün oksidləşmə-reduksiya proseslərinə tətbiq etmək olar.

Qalvanik elementlərdə cərəyanın alınması mexanizmini necə izah etmək olar?



a

Şəkil 40.

b

İkiqat elektrik layının əmələ gəlməsi sxemi

Qalvanik elementlərdə cərəyan alınması səbəblərini izah edən əsas nəzəriyyə Nernst nəzəriyyəsidir. Bu nəzəriyyəyə görə metalın kristal qəfəsinin düyünlərində müsbət yüklü metal ionları və neytral atomlar yerləşir, sərbəst elektronlar isə onların arası ilə fasiləsiz olaraq hərəkət edir. Hər hansı metal

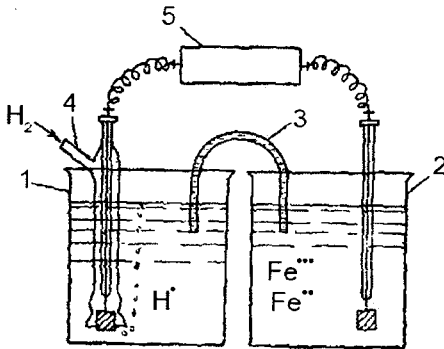
lövhəni suya daxil etdikdə onun səthində yerləşən müsbət ionlar suyun polyar molekulları tərəfindən cəzb olunaraq metalın səthindən qopur və su mühitinə keçir. Bunun nəticəsində lövhənin yaxınlığında məhlul müsbət, metalın özündə isə elektron artıqlığı yarandığı üçün onun səthi mənfi yüklənir. Lakin təcrübə zamanı müəyyən edilmişdir ki, metalın suya göndərdiyi ionların sayı çox az olur. Buna baxmayaraq mənfi yüklənmiş metal səthi məhlula keçmiş müsbət ionları cəzb edir. Bunun nəticəsində tez bir zamanda metal lövhə ilə məhlula keçmiş ionlar arasında tarazlıq əmələ gəlir. Daha doğrusu, vahid zamanda nə qədər ion metaldan məhlula keçirsə, o qədər də ion məhluldan metala qayıdır. Məhlula keçən ionlar məhlulda bərabər olaraq paylanır. Lakin metalın məhlulla təmasda olan sərhədində ikiqat elektrik təbəqəsi əmələ gəlir ki, bu da metalın sonradan həll olmasına maneçilik törədir (şəkil 40).

Beləliklə, metalların məhlul arasında müəyyən potensiallar fərqi yaranır. Buna elektrod potensialı, yaxud tarazlıq potensialı deyilir. Metalın məhlula keçən miqdarı çox müxtəlif olub, metalın



təbiətindən asılıdır. İndi fərz edək ki, yuxarıda təsvir etdiyimiz stəkana, suya salınmış metalın duzundan bir qədər daxil edilmişdir. O zaman metal ionlarının məhlulda qatılığının çoxalması nəticəsində metalla məhluldakı metal ionları arasında yaranmış tarazlıq pozulacaq və ionların bir hissəsi yenidən metala doğru gedəcəkdir. Beləliklə, metal təmiz suya nisbətən öz duzunun məhluluna daha da az ionlar göndərəcəkdir (şəkil 40). Məhlulda metal duzunun qatılığı kifayət qədər olduqda, metal məhlula heç bir ion göndərməyə də bilər. Belə halda həm metal, həm də məhlul yüksüz qalar. Elektronların yenidən paylanmasının bütün oksidləşmə-reduksiya proseslərində getdiyini göstərmişdik. Bununla əlaqədar olaraq oksidləşmə-reduksiya reaksiyasının istiqamətini müəyyən etmək olar. Məlumdur ki, hər hansı bir qalvanik element müəyyən elektrik hərəkət qüvvəsinə malik olur ki, həmin elektrik hərəkət qüvvəsi də iki yarımelementin potensialları fərqiindən ibarətdir. Həmin elektrik hərəkət qüvvəsi, elektronların reduksiyaedici atomlardan (ionlardan) oksidləşdirici atomlara (ionlara) keçməsindən ibarətdir. Müxtəlif qalvanik elementlərin elektrik hərəkət qüvvəsini ölçməklə müxtəlif oksidləşdirici və reduksiyaedicilərin qüvvəsi haqqında mühakimə yürütmək olar. Elektrod potensialını bilavasitə ölçmək mümkün deyildir. Ona görə də təcrübədə onu başqa elektroda görə ölçürlər. Lakin müxtəlif yarımelementlərin arasında yaranan potensiallar fərqi ölçmək mümkündür. Bununla da orada iştirak edən maddələrin oksidləşmə və reduksiya güclərini təyin etmək olar. Beləliklə, müxtəlif yarımelementlərin nisbi elektrod potensiallarını təyin etmək üçün onları bir standart cütlə müqayisə etmək lazımdır. Belə bir standart cüt (elektrod) rolunda hidrogen cütü ( $2H^+/H_2$ ), başqa sözlə, normal hidrogen elektrodu qəbul edilmişdir. Burada hidrogen ionlarının qatılığı (daha doğrusu fəallığı) 1 q-ion/l, qaz halında olan hidrogenin təzyiqi isə 1 atm. bərabərdir. Normal hidrogen elektrodunun quruluşu 41-ci şəkildə göstərilmişdir. Birinci qabda 1 M sulfat turşusu məhlulu yerləşdirilir və onun içərisinə üzərinə elektrolitik üsulla platin təbəqəsi çəkilmiş platin elektrodu daxil edilir. Borudan (4) məhlula kimyəvi təmiz hidrogen buraxılır ki, o da platin elektrodla təmasda olduqda platin tərəfindən adsorbsiya olunur. Ona görə də

elektrod özünü sanki hidrogendən hazırlanmış elektrod kimi aparır.



Şəkil 41.

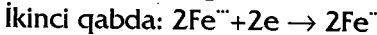
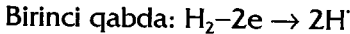
$Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cütünün normal oksidləşmə potensialının ölçülməsi üçün cihazın

ki,  $[Fe^{3+}] = [Fe^{2+}]$  olduqda potensial ( $E$ )

$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0,77v$$

bərabər olur.

Potensialın işarəsi onu göstərir ki,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cütü müsbət (katod), normal hidrogen elektrodu isə mənfi qütb (anod) rolunu oynayır. Anodun elektronlarını verdiyini və katodun onları aldığını nəzərə alsaq elementdə aşağıdakı kimyəvi proseslər baş verir:

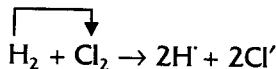


Əgər  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cütü əvəzinə normal hidrogen elektrodu ilə  $Cl_2/2Cl^-$  cütünü əlaqələndirsək, onda sonuncu cütün potensialı

$$E_{Cl_2/Cl^-} = +1,36v$$

bərabər olacaq.

Bu o deməkdir ki, elementdə aşağıdakı reaksiya baş verəcək:



Burada da yuxarıdakı reaksiyada olduğu kimi elektronlar sərbəst  $H_2$ -dən oksidləşdirici tərəfindən alınmışdır. Elementin e.h.q.

Normal hidrogen elektrodunun potensialı şərti olaraq sıfır qəbul edilmişdir.  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cütünü (2) normal hidrogen elektrodu ilə əlaqələndirsək (3) alınan qalvanik elementin elektrik hərəkət qüvvəsini (e.h.q.) potensiometr adlanan cihaz (5) vasitəsilə ölçmək olar. Təcrübi yolla müəyyən olunmuşdur

(1,36v) 0,77 v-dan xeyli böyük olduğundan deyə bilərik ki, xlorun elektronları qəbul etmək meyli daha çoxdur, yəni  $Fe^{III}$  ionlarına nisbətən o daha qüvvətli oksidləşdiricidir.

Bu rəqəmlərə görə nəinki verilmiş cütün tərkibinə daxil olan oksidləşdiricilərin, həm də uyğun reduksiyaedicilərin, yəni  $Fe^{II}$  və  $Cl^{-}$  ionlarının, nisbi qüvvəsi haqqında fikir söyləmək olur.

Həqiqətən, əgər biz xlorun qüvvətli oksidləşdirici olduğunu deyiriksə, bu o deməkdir ki, onun atomlarının elektronları birləşdirmə qabiliyyəti, yəni  $Cl^{-}$  ionlarına çevrilməsi qabiliyyəti daha yüksəkdir. Belə halda  $Cl^{-}$  ionları elektronları möhkəm saxlayacaq, yəni zəif reduksiyaedicidir. Əksinə,  $Fe^{III}$  ionlarına elektronların birləşməsi nəticəsində əmələ gələn  $Fe^{II}$  ionları,  $Fe^{III}/Fe^{II}$  cütünün potensialının daha kiçik qiymətinə uyğun olaraq  $Cl_2/2Cl^{-}$  cütünün potensialı ilə müqayisədə elektronları daha az qüvvə ilə özündə saxlayacaq, yəni  $Cl^{-}$  ionlarına nisbətən daha güclü reduksiyaedicidir.

Beləliklə, cütlərin normal hidrogen elektroduna nisbətən ölçülmüş potensialının qiymətlərinə görə onların tərkibinə daxil olan oksidləşdirici və reduksiyaedicinin oksidləşmə və reduksiya fəallıqları haqqında fikir söyləmək olar.

Verilmiş cütün potensialı nə qədər böyük olarsa, uyğun oksidləşmiş forma bir o qədər güclü oksidləşdirici, reduksiya olunmuş forma isə bir o qədər zəif reduksiyaedicilə olacaq.

Potensialların qiyməti artdıqca oksidləşdiricilərin qüvvəsi artdığından, bu potensiallara verilmiş cütlərin oksidləşmə potensialları deyilir. Bəzən də onlara oksidləşmə-reduksiya və ya redoks potensialları deyilir. "Red-oks" adı *reductio* (reduksiya) və *oxydatio* (oksidləşmə) sözlərinin ilk hecalarının birləşməsindən alınmışdır.

Göründüyü kimi,  $2H^{+}/H_2$  cütün oksidləşmiş forması, yəni  $2H^{+}$  ionları  $Fe^{III}$  ionlarına nisbətən daha zəif oksidləşdirici, sərbəst  $H_2$  isə  $Fe^{II}$  ionlarına nisbətən daha güclü reduksiyaedicidir. Həmçinin oksidləşmə potensialı

$$E_{Zn^{II}/Zn} = -0,76 \text{ v}$$

bərabər olan  $Zn^{II}/Zn$  cütü üçün, demək olar ki,  $2H^{+}/H_2$  cütünün uyğun komponentlərinə nisbətən,  $Zn^{II}$  ionları daha zəif oksidləşdirici, metallik Zn isə daha qüvvətli reduksiyaedicidir və s.

Cütlərin oksidləşmə potensialı nəinki onların tərkibinə daxil olan oksidləşdirici və reduksiyaedici təbiətindən, habelə onların qatılığından asılıdır. Oksidləşdirici və reduksiyaedici qatılığının təsirini görmək asandır. Aydındır ki,  $Fe^{+++}$  ionlarının məhlulda qatılığı artdıqca oksidləşmə fəallığı onların eləcə də uyğun reaksiyanın məhsulu olan  $Fe^{++}$  ionlarının məhlulda qatılıqları azaldıqca artır. Deməli, verilmiş cütün oksidləşmə potensialı oksidləşmiş və reduksiya etmiş formaların qatılıqlarının nisbəti artdıqca artır.

Oksidləşmə potensialının qiyməti ilə göstərilən nisbət arasındakı miqdari asılılıq termodinamikanın qanunları əsasında çıxarılan Nernst tənliyində verilir:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Oks]}{[Red]} \quad (1)$$

Burada E - verilmiş cütün oksidləşmə potensialı (volt ilə);  
 [Oks] - oksidləşmiş formanın qatılığı (daha doğrusu - fəallığı);

[Red] - reduksiya olunmuş formanın qatılığı (daha doğrusu - fəallığı);

R - qaz sabiti (8,313 C);

T - mütləq temperatur;

F - Faradey ədədi (96500 kulon);

n - oksidləşmiş formanın reduksiya olunmuş formaya (və ya əksinə) çevrilərkən alınan (və ya itirilən) elektronların sayı;

$E_0$  - verilmiş cütün normal oksidləşmə potensialı.

[Oks]=[Red] olduqda alınan cütün potensialına normal oksidləşmə potensialı deyilir; həqiqətən və bu zaman  $\ln \frac{[Oks]}{[Red]} = 0$

və (1) düsturunda  $E = E_0$ .

Əgər sabitlərin ədədi qiymətlərini yerinə qoysaq və natural loqarifmdən onluq loqarifmə keçsək, onda  $18^\circ C$  üçün:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Oks]}{[Red]}$$

$Fe^{+++}/Fe^{++}$  cütünün potensialını aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Əgər oksidləşmiş formanın reduksiya olunmuş formaya çevrilməsi zamanı baş verən reaksiya tənliyində vahidə bərabər olmayan əmsallar olarsa, onda onlar Nernst tənliyində uyğun qatılıqlar üçün qüvvətin göstəricisi şəklində göstərilir. Məsələn  $\text{Br}_2/2\text{Br}^-$  cütü üçün

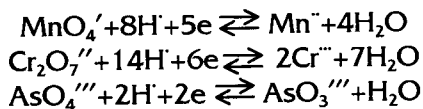
$$E = E_0 + \frac{0,058}{2} \lg \frac{[\text{Br}_2]}{[\text{Br}^-]^2}$$

$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  cütü kimi reduksiya olunmuş forma metal olduqda onun qatılığı sabit olduğundan Nernst tənliyinə daxil olmur. Onda

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = E_0 + \frac{0,058}{2} \lg [\text{Zn}^{2+}]$$

Aydındır ki,  $[\text{Zn}^{2+}] = 1$  q-ion/l olduqda verilmiş cüt normal potensiala malik olacaq, çünki yalnız bu halda  $\lg [\text{Zn}^{2+}] = 0$  və  $E = E_0$ .

İndiyə qədər Nernst tənliyini tətbiq etdiyimiz oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici və ya reduksiyaedici sadə (elementar) ionlar idi. Reaksiya zamanı bu ionların yalnız yükləri dəyişsə də, tərkibləri sabit qalırdı. Bəzən oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşdirici və reduksiyaedici mürəkkəb ionlar olur. Məsələn,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  ionları  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  ionlarına,  $\text{MnO}_4^-$  ionları  $\text{MnO}_4^{2-}$  ionlarına reduksiya olunur. Çox vaxt oksidləşmə və ya reduksiya prosesində mürəkkəb ionların tərkibi dəyişir. Belə ki, turş mühitdə  $\text{MnO}_4^-$  anionları oksidləşərək  $\text{Mn}^{2+}$  kationlarına,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  anionları -  $\text{Cr}^{3+}$  kationlarına,  $\text{AsO}_4^{3-}$  anionları -  $\text{AsO}_3^{3-}$  anionlarına və s. çevrilirlər. Həmin reaksiyaların tənlikləri aşağıdakı kimidir.



Aydındır ki, bu hallarda oksidləşmə-reduksiya proseslərinin gedişi və uyğun cütün oksidləşmə potensialı məhlulda  $\text{H}^+$  ionlarının qatılığından asılı olacaqdır.

Hydrogen ionlarının qatılığı Nernst tənliyində nəzərə alınır. Məsələn,  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  cütü üçün

$$E_{\text{MnO}_4'/\text{Mn}''} = E_0 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4'] \cdot [\text{H}']^8}{[\text{Mn}'']}$$

Göstərilən tənlikdən görünür ki, yalnız  $[\text{MnO}_4'] = [\text{Mn}'']$  və  $[\text{H}'] = 1$  q-ion/l olduqda, verilmiş cüt normal potensiala malik olacaq, çünki yalnız bu şəraitdə  $E = E_0$ .

## 6.2. OKSİDLƏSMƏ-REDUKSIYA REAKSIYALARININ İSTİQAMƏTİ

Ən geniş işlədilən cütlərin normal oksidləşmə potensialları 13-cü cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 13. Normal oksidləşmə potensialları

Reduksiya olunmuş forma (reduksiyaedicilər)	Elektronların sayı, n	Oksidləşmiş forma (oksidləşdiricilər)	Potensial $E_0, \text{v}$
Zn(b)	2	Zn <sup>''</sup>	-0,76
S''	2	S(b)	-0,51
Fe(b)	2	Fe <sup>''</sup>	-0,44
Sn(b)	2	Sn <sup>''</sup>	-0,14
Pb(b)	2	Pb <sup>''</sup>	-0,13
Fe(b)	3	Fe <sup>'''</sup>	-0,04
H <sub>2</sub> (q)	2	2H <sup>'</sup>	0,00
Sn <sup>''</sup>	2	Sn <sup>''''</sup>	+0,15
SO <sub>3</sub> ''+H <sub>2</sub> O	2	SO <sub>4</sub> ''+2H <sup>'</sup>	+0,22
Cu(b)	2	Cu <sup>''</sup>	+0,34
2J'	2	J <sub>2</sub> (b)	+0,54
Fe <sup>''</sup>	1	Fe <sup>'''</sup>	+0,77
NO(q)+H <sub>2</sub> O	3	NO <sub>3</sub> ''+4H <sup>'</sup>	+0,95
NO(q)+H <sub>2</sub> O	1	HNO <sub>2</sub> +H <sup>'</sup>	+0,98
2Br'	2	Br <sub>2</sub> (m)	+1,07
2Cl'	2	Cl <sub>2</sub> (q)	+1,36
Mn <sup>''</sup> +4H <sub>2</sub> O	5	MnO <sub>4</sub> ''+8H <sup>'</sup>	+1,51
2F'	2	F <sub>2</sub>	+2,85

İşarələr: (q) - qaz; (m) - maye; (b) - bərk maddə

Bu cədvəlin birinci və üçüncü qrafalarında müxtəlif cütlərin ayrı-ayrı komponentlərinin formulları verilmişdir. Bu formullar onların normal oksidləşmə potensiallarının  $E_0$  (dördüncü qrafa) artması ardıcılığı ilə yerləşdirilmişlər. İkinci qrafada reduksiya-

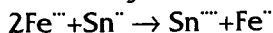
edicilərin oksidləşdiricilərə və ya əksinə çevrilməsi zamanı itirilən və ya birləşdirilən elektronların sayı göstərilmişdir.

Oksidləşmə potensiallarının qiymətləri artdıqca oksidləşdiricilərin qüvvəsi artdığı, reduksiyaedicilərin isə qüvvəsi azaldığı üçün ən güclü oksidləşdiricilər üçüncü qrafanın axırında, ən güclü reduksiyaedicilər isə cədvəlin birinci qrafasının əvvəlində yerləşdirilmişlər.

Belə ki, ən güclü oksidləşdirici sərbəst  $F_2$  hesab edilir ki, onun  $E_0$  ədədi ən böyük qiymətə cavab verir (+2,85v). Çox güclü oksidləşdiricilərə həm də ozonu  $O_3$  (+2,07v), ammonium-persulfatı  $(NH_4)_2S_2O_8$  (+2,05v), natrium-bismutatı  $NaBiO_3$  (>+1,8v), hidrogen-peroksidi  $H_2O_2$  (+1,80v), turş mühitdə kalium-permanqanatı  $KMnO_4$  (+1,51v), sərbəst  $Cl_2$  (+1,36v),  $Au$ ,  $Au^{III}$ ,  $Ag$  ionlarını və s. aid etmək olar.

Ən qüvvətli reduksiyaedicilərə qələvi və qələvi-torpaq metalları, habelə  $Mg$ ,  $Al$ ,  $Zn$  və s. aiddir. Yaxşı reduksiyaedici  $S^{II}$  anionu ( $E_0 = -0,51v$ ), nisbətən zəif təsir göstərən  $Sn^{II}$ ,  $SO_3^{II}$ ,  $J'$ ,  $Fe^{II}$  ionları və s.  $F'$  ionları isə reduksiyaedici xassəsinə malik deyildir, çünki onlardan elektronları qopara bilən oksidləşdirici yoxdur.

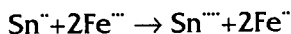
Müxtəlif oksidləşdirici və reduksiyaedicinin nisbi qüvvəsini bildikdə onlar arasında gedən reaksiyaların istiqaməti haqqında fikir söyləmək mümkündür. Tutaq ki, aşağıdakı reaksiyanın hansı istiqamətə getdiyini bilmək istəyirik:



$Fe^{III}/Fe^{II}$  cütünün oksidləşmə potensialı (+0,77v)  $Sn^{IV}/Sn^{II}$  cütünün oksidləşmə potensialından (+0,15v) çox olduğunu nəzərə alıb, bu cütlərdən qalvanik element qursaq, onda  $Sn^{IV}/Sn^{II}$  cütü mənfə,  $Fe^{III}/Fe^{II}$  cütü isə müsbət qütb olacaqdır. Deməli, elementdə aşağıdakı proseslər baş verəcək.



yəni reaksiya  $Sn^{II}$ -nin  $Sn^{IV}$ -ə qədər oksidləşməsi istiqamətində gedəcək.



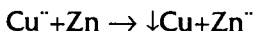
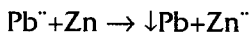
Göründüyü kimi, uyğun maddələrin məhlullarını sadəcə qarışdırdıqda belə bu reaksiya  $Sn^{II}$  ionlarının oksidləşməsi istiqamətində gedəcək.

Hər-hansı bir oksidləşmə-reduksiya prosesində götürülən oksidləşdirici və reduksiyaediciyə daha zəif oksidləşdirici və reduksiyaedici alınır. Məsələn, yuxarıdakı misalda reaksiya nəticəsində alınan oksidləşdirici ( $\text{Sn}^{IV}$ ) və reduksiyaedici ( $\text{Fe}^{II}$ ) reaksiyaya daxil olan oksidləşdirici ( $\text{Fe}^{III}$ ) və reduksiyaediciyə ( $\text{Sn}^{II}$ ) zəifdir. Bu qaydadan reaksiyanın istiqaməti haqqında fikir söyləmək üçün istifadə etmək olar.

Hər bir oksidləşdirici yalnız ondan yuxarıda (cədvəlin birinci qrafasında) yerləşən oksidləşmə potensialı daha kiçik olan reduksiyaediciyə oksidləşdirə bilər və əksinə: hər bir reduksiyaedici potensialı daha böyük olan və ondan aşağıda duran (cədvəlin üçüncü qrafasında) oksidləşdiriciləri reduksiya edə bilər.

Yuxarıda verdiyimiz qaydanın tətbiqinə dair bir neçə misala nəzər salaq:

1. 13-cü cədvəldən görünür ki, metallik Zn ( $E_0 = -0,76\text{v}$ ), metallik qurğuşun ( $E_0 = -0,13\text{v}$ ) və ya mis ( $E_0 = +0,34\text{v}$ ) nisbətən daha güclü reduksiyaedicidir. Deməli, qurğuşun və ya mis duzları məhlullarına metallik sinklə təsir etsək, aşağıdakı reaksiyalar baş verəcəkdir.



Çünki bu reaksiyalarda daha güclü reduksiyaedicinin (Zn) təsirindən daha zəif reduksiyaediciyə (Pb və ya Cu) alınır. Əksinə, Pb və ya Cu,  $\text{Zn}^{2+}$  ionlarını sərbəst Zn-ə qədər reduksiya edə bilməzlər, çünki bu yuxarıdakı qaydaya zidd olardı.

Əgər bütün metalları uyğun cütlərin normal oksidləşmə potensiallarının artan istiqamətində bir sırada yerləşdirsək, onda qeyri-üzvi kimya kursundan məlum olan metalların gərginlik sırasını alarıq:

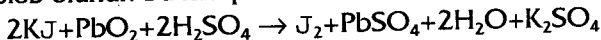
Li, K, Ba, Ca, Na, Sr, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe,  
Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Sb, Bi, Hg, Ag, Pt, Au

Bu cərgədə metal nə qədər solda yerləşirsə, bir o qədər güclü reduksiyaedicidir və onun kimyəvi fəallığı bir o qədər yüksəkdir. Bir qayda olaraq sağda duran metalların heç biri solda duran metalları onların duzlarının məhlullarından çıxara bilməz, yəni reduksiya edə bilməz. Hidrogendən solda yerləşən bütün metallar bir qayda olaraq anionları oksidləşdirici olmayan turşuların məhlullarından hidrogeni çıxarmaqla turşularda həll olurlar. Hidrogendən sağda yerləşən metallar durulaşdırılmış turşularda

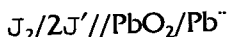


həll olurlar (nitrat turşusu müstəsnalıq təşkil edir; H<sup>+</sup> ionlarına nisbətən NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionlarının daha qüvvətli oksidləşdirici təsirinə görə, o, demək olar ki, əksər metalları həll edir).

2. Fərz edək ki, turş mühitdə 1N qurğuşun 4-oksidlə kalium-yodid arasındakı gedən reaksiyanın hansı istiqamətə doğru getməsinə bilmək tələb olunur. Bu məqsədlə əvvəlcə reaksiya tənliyi yazılır:



Sonra da həmin reaksiya üçün qalvanik elementin sxemi yazılır:



Cədvəldən oksidləşmə-reduksiya potensialı və reaksiyanın e.h.q. tapılır:

$$2J/J_2 \text{ cütü üçün } E_0 = +0,53v$$

$$PbO_2/Pb'' \text{ cütü üçün } E_0 = +1,69v$$

İkinci cütün potensialı birinci cütdən çox olduğu üçün qurğuşun 4-oksid oksidləşdirici rolunu oynayır:

$$e.h.q. = 1,69 - 0,53 = 1,16v$$

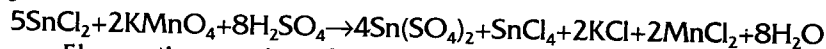
Buradan nəticə çıxarılır ki, yuxarıda göstərilən reaksiya soldan sağa doğru gedər. Çünki e.h.q. müsbət kəmiyyətdir.

3. Analiz zamanı çox vaxt elə hallara rast gəlik ki, tədqiq edilən məhlul əlavə edilən oksidləşdirici ilə (məsələn, Cl<sub>2</sub> məhlulu) reaksiyaya girə bilən bir neçə reduksiyaedici olur (məsələn, Br<sup>-</sup> və J<sup>-</sup> ionları). Onların oksidləşməsi prosesinin hansı ardıcılıqla gedəcəyini öyrənək.

Cədvələ baxdıqda asanlıqla görə bilərik ki, J<sup>-</sup> ionları oksidləşəndən sonra Br<sup>-</sup> ionları oksidləşməyə başlayacaq. Həqiqətən, əgər Br<sup>-</sup> ionları əvvəlcə oksidləşsə idi, məhlulda sərbəst Br<sub>2</sub> ayrılardı. Belə olsa idi o, cədvəldəki vəziyyətinə uyğun olaraq dərhal J<sup>-</sup> ionlarını oksidləşdirərək yenidən Br<sup>-</sup> ionlarına çevrilərdi. Həmçinin deyə bilərik ki, məhlulda Br<sup>-</sup> və J<sup>-</sup> ionları ilə bərabər hər hansı bir daha güclü reduksiyaedici (məsələn, S<sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> və i.a. ionları) olduqda, J<sup>-</sup> ionlarının oksidləşməsi, yalnız göstərilən reduksiyaedicilər praktiki olaraq tam oksidləşdikdən sonra mümkün ola bilər. Bunu J<sup>-</sup> və Br<sup>-</sup> ionların təyini zamanı nəzərə almaq vacibdir.

4. Turş mühitdə 1N KMnO<sub>4</sub> məhlulu SnCl<sub>2</sub>-ni oksidləşdirə bilərmi?

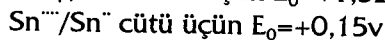
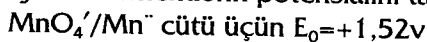
Bu məsələni həll etmək üçün birinci növbədə reaksiya tənliyi yazılır:



Elementin sxemi yazılır:



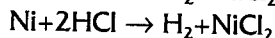
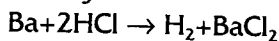
Cədvəl üzrə yarımementlərin potensialını tapaq.



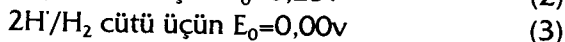
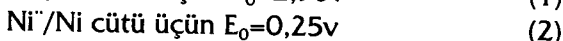
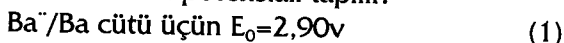
$$E.H.Q = 1,52 - 0,15 = +1,37\text{v}$$

Bununla da müəyyən edilir ki, kalium-permanqanat turş mühitdə qalay 2-xloridi oksidləşdirə bilər. Çünki reaksiyanın EHQ müsbətdir. Ona görə də yuxarıda göstərilən reaksiya mümkündür.

5. Barium və nikel metallarından hansının durulaşdırılmış xlorid turşusu ilə asan reaksiyaya daxil olmasını müəyyən etmək lazımdır. Reaksiya tənlikləri yazılır:



Cədvəldən yarımementlərin potensialı tapılır:



(1) və (2) reaksiyaları üçün EHQ-i tapılır:

$$0,00 - (-2,90) = 2,90\text{v}$$

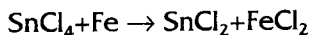
$$0,00 - (-0,25) = 0,25\text{v}$$

1-ci reaksiyanın E.H.Q-i 2-ci reaksiyanın E.H.Q-dən bir neçə dəfə artıq olduğu üçün barium xlorid turşusu ilə nikelə nisbətən daha şiddətlə reaksiyaya daxil olar.

Deyilənlərdən belə nəticə çıxarmaq olar ki, hər hansı bir oksidləşdirici, ilk növbədə məhlulda mövcud olan daha güclü reduksiyaediciyə təsir edir. Başqa sözlə desək, oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları, daha zəif oksidləşdirici və reduksiyaedicilərin əmələ gəlməsi istiqamətinə doğru gedir.

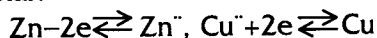
Verilmiş şəraitdə bütün mümkün oksidləşmə-reduksiya proseslərindən, adətən, oksidləşmə potensialları fərqi daha böyük olanı birinci növbədə gedər.

Məsələn, əgər  $\text{SnCl}_4$  məhluluna metallik Fe ilə təsir etsək aşağıdakı reaksiya baş verəcək.



$\text{Sn}^{\text{IV}}$  metallik qalaya qədər reduksiyası baş verməyəcək, çünki  $\text{Sn}^{\text{II}}$  ionlarına qədər reduksiya reaksiyasına (0,59v) nisbətən sonuncu reaksiyanın potensialları fərqi daha kiçikdir (0,45v).

Normal oksidləşmə-reduksiya potensialı cədvəlindən istifadə edərək eyni zamanda elektronların hərəkətinin istiqamətini də müəyyənləşdirmək mümkündür. Bunu aydınlaşdırmaq üçün  $\text{Zn}^{\text{II}}/\text{Zn}$  cütü ilə  $\text{Cu}^{\text{II}}/\text{Cu}$  cütündən təşkil olunmuş qalvanik elementə diqqət yetirək. Bir qaba normal mis 2-sulfat məhlulu tökərək, içərisinə mis lövhə, başqa bir qabda isə sink-sulfat məhlulu götürüb içərisinə sink lövhə daxil edək. Bu iki qabları elektrolit açarı (elektrolit məhlulu ilə doldurulmuş əyri boru) vasitəsilə əlaqələndirək. Cədvəldən tapılır ki,  $\text{Cu}^{\text{II}}/\text{Cu}$  cütünün normal potensialı +0,34v,  $\text{Zn}^{\text{II}}/\text{Zn}$  cütünün isə normal potensialı - 0,76v bərabərdir. Əvvəla, buradan aydın olur ki,  $\text{Cu}^{\text{II}}/\text{Cu}$  oksidləşdirici,  $\text{Zn}^{\text{II}}/\text{Zn}$  isə reduksiyaedici. Deməli, mis reduksiya olunur, sink isə oksidləşir. Burada gedən kimyəvi prosesləri aşağıdakı tənliklərlə göstərmək olar:



Mis və sink elektrodlarını bir keçirici ilə əlaqələndirdikdə, elektronlar keçirici vasitəsilə misə doğru hərəkət edəcəkdir. Bunun nəticəsində sink elektrodunda proses yuxarıdakı tənlik üzrə soldan sağa doğru gedəcək; yəni sink metalı bir qədər həll olaraq sink ionları əmələ gətirəcəkdir. Nəticədə alınan elektronlar yenə də keçirici vasitəsilə mis elektroduna doğru keçəcəkdir. Beləliklə, elektronlar mis elektrodunda toplanar və mis ionları elektron alaraq mis elektrodu üzərinə çökər. Buradan aydın olur ki, elektronlar keçirici vasitəsilə sinkdən (reduksiyaedici elektrodan) misə (oksidləşdirici elektroda) doğru hərəkət edir. Mis ionları isə elektronları alaraq metal misə qədər reduksiya olunur. Beləliklə, sink elektrodu getdikcə həll olur; mis elektrodu üzərinə isə sərbəst mis metalı toplanır.

Bu qayda ilə cədvəldə göstərilən müvafiq cütlərdən təşkil edilmiş hər hansı bir qalvanik elementdə elektronların hərəkətini aydınlaşdırmaq mümkündür.

### 6.3. ÜZVİ REAGENTLƏRİN VƏSFI ANALİZDƏ TƏTBİQİ

Qeyri-üzvi maddələrin üzvi reagentlərlə təyin edilməsi XIX əsrin ikinci yarısına qədər yox dərəcəsində idi. Üzvi reaktivlərin kimyaya tətbiqi sahəsində ilk addımı rus kimyaçıları atmışlar.

Bütün dünyada birinci dəfə olaraq 1884-cü ildə rus kimyaçısı M.A.İlinski  $\alpha$ -nitroza  $\beta$ -naftol üzvi reagenti ilə kobalt ionunu təyin etməyə müvəffəq olmuşdur. Sonralar L.A.Çuqayev nikel ionunu təyin etmək üçün dimetilqlioksim reagentini tətbiq etmişdir.

Hal-hazırda qeyri-üzvi reagentlərlə bərabər üzvi reagentlər geniş miqyasda analitik kimyaya tətbiq edilməkdədir. Bir çox üzvi reagentlərin əsas xüsusiyyətləri onların yüksək həssaslığa malik olmaları və spesifikliyidir. Üzvi reagentlərin çox olması bir çox ionlar üçün spesifik reagentlər seçməyə imkan verir.

Hal-hazırda yeni spesifik üzvi reagentlərin axtarılması müəyyən nəzəri mühakimələrə əsaslanır. Məsələn, reagent kimi istifadə edilə biləcək üzvi birləşmələr yalnız onların molekullarında ola biləcək spesifik atomlar qrupunun varlığı ilə xarakterizə edilir. Belə atomlar qrupu hidrosil OH', hidrosulfid HS', oksim NOH'', imin NH', karboksil COOH' və s. ibarətdir. Buradakı xüsusiyyət əsasən ondan ibarətdir ki, həmin qruplarda olan hidrogen atomu metal ionları ilə əvəz oluna bilərlər. Reagent kimi tətbiq edilən üzvi birləşmələrin başlıca xüsusiyyətlərindən biri də təyin ediləcək ionlarla həmin reagentlərin kompleks birləşmə əmələ gətirmələridir.

Praktiki olaraq müəyyən edilmişdir ki, bir çox üzvi birləşmələr metal ionları ilə əvəz oluna biləcək hidrogen atomuna malik deyil. Lakin onlar əlavə rabitə qüvvəsi hesabına qeyri-üzvi ionlarla birləşmə əmələ gətirirlər. Məsələn, ikivalentli dəmiri təyin etmək üçün,  $\alpha$ ,  $\alpha'$  dipiridil, natriumu təyin etmək üçün sink-uranil-asetat və s.

Qeyri üzvi birləşmələrin üzvi maddələri adsorbsiya etməsi də müəyyən əhəmiyyətə malikdir. Məsələn, yod-nişasta reaksiyası, hidrosidlərin xinalizarini və n-nitrobenzo-2-naftolu adsorbsiya etməsi və s.

Üzvi reagentlər içərisində tədqiq edilən ionlar ilə səciyyəvi rəngli birləşmələr əmələ gətirənləri xüsusən fərqlənirlər. Məsələn, nitrat turşusu ilə sulfanil turşusu diazobirləşmə əmələ gətirir. Nəticə etibarilə rəngli birləşmə əmələ gəlir və alınan diazo məhsul  $\alpha$ -naftilamin ilə uyğun gəlir.

Üzvi reaktivlər içərisində indikatorlar böyük əhəmiyyətə malikdir. Üzvi indikatorlar müəyyən şəraitdə öz rənglərini dəyişmələri ilə neytrallaşma və oksidləşmə-reduksiya metodlarında reaksiyanın sonunu göstərir.

Bir çox kationlar üzvi maddələrlə qarşılıqlı təsirdə olub, kompleks birləşmələr əmələ gətirirlər ki, ondan sonra həmin kationları məlum reaksiyalarla təyin etmək mümkün olmur. Çünki həmin ionlar göstərilən reagentlərlə, necə deyərlər, pərdələnilir.

İonlarla üzvi reagentlərin qarşılıqlı təsiri, həmin ionların dövrü sistemdəki vəziyyətindən, onların elektron konfigurasiyasından və üzvi reaktiv molekulunun quruluşundan asılıdır.

Üzvi reaktivlərin böyük qrupu, bəzi ionlarla qarşılıqlı təsirdə olub səciyyəvi rəngli reaksiyalar verirlər. Rənglərin əmələ gəlməsi və dəyişməsi aşağıdakı reaksiyalar nəticəsində ola bilər:

1. Müəyyən rəngli üzvi boyaların əmələ gəlməsi. Misal olaraq, nitrat ionunun aminli birləşmələrlə təyini göstərmək olar.

2. Rəngli kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi. Rəngsiz üzvi reagentlə kationların qarşılıqlı təsiri nəticəsində müəyyən kompleks birləşmə əmələ gəlir. Bu zaman rəngin əmələ gəlməsi, ola bilsin ki, həmin kompleksdə olan müəyyən qrupun xromofor təsirinin nəticəsidir. Misal olaraq, nikel ionunun dime-tilqlioksimlə qarşılıqlı təsir reaksiyanı göstərmək olar.

3. Çətin həll olan rəngli birləşmənin əmələ gəlməsi. Misal olaraq, çətin həll olan barium rodizonatı göstərmək olar.

4. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları nəticəsində rəngini dəyişən birləşmələrin əmələ gəlməsi. Misal olaraq, nitrat ionunun difenilaminlə təyin edilməsini göstərmək olar.

## 6.4. DÖRDÜNCÜ QRUP KATIÖNLARININ REAKSIYALARI VƏ ANALİZİN GEDİŞİ

### 6.4.1. Dördüncü analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

Dördüncü analitik qrup kationlarına  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$  daxildir. Bu qrup elementlərin atomlarında, məsələn manqanda, dəmirdə üçüncü elektron təbəqəsinin 8-dən 18 elektrona qədər tamamlanması baş verir, stibium və bismutda xarici elektron təbəqəsində 18-elektron ya da axırıncı iki təbəqədə 18+2 elektron olur.

Cədvəl 14. Dördüncü analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinə xülasəsi

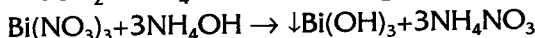
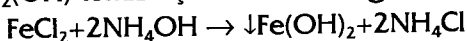
Reaktivlər	Kationlar							
	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Sb <sup>3+</sup>	Sb <sup>5+</sup>	
NaOH və ya KOH	↓Fe(OH) <sub>2</sub> qonurlaşan yaşılmıtlı	↓Fe(OH) <sub>3</sub> qonur	Mg(OH) <sub>2</sub> ağ	↓Mn(OH) <sub>2</sub> ağ	↓Bi(OH) <sub>3</sub> ağ	↓Sb(OH) <sub>3</sub> ağ	HSbO <sub>3</sub>	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	↓FeS qara	↓Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub> qara	-	↓MnS ağ rəngli	↓Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> tutqun-qonur	-	-	
H <sub>2</sub> S	-	Fe <sup>2+</sup> -yə reduksiya	-	-	↓Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> tutqun-qonur	↓Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> narıncı-sarı	↓Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> narıncı-qırmızı	
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	↓Fe <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ağ	↓Fe <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>3</sub> göy	↓K <sub>2</sub> Mg[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ağ	↓Mn <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ağ	sarı çöküntü	-	-	
K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	↓Fe <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> göy	-	-	↓Mn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> qonur	sarımtıl qonur çöküntü	-	-	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	↓Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ağ	↓FePO <sub>4</sub> sarımtıl çöküntü	↓MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> ağ	↓Mn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ağ	BiPO <sub>4</sub>	-	-	
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	Na[Fe(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] bənövşəyi	-	-	↓Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> və SbO <sub>2</sub>	-	
Hidroliz	-	-	-	-	↓BiOCl ağ	SbOCl ağ	↓SbO <sub>2</sub> Cl ağ	

Bismut və maqnezium müstəsna olmaqla bu elementlərdə dəyişkən oksidləşmə dərəcəsi mövcuddur. Onlar kompleks-əmələgəlmə reaksiyalarına meyillidirlər. Stibiumdan (III) başqa beşinci qrup kationlarının hidrokسيدləri amfoter deyildir və həllolan ammoniyakat kompleksləri əmələ gətirmirlər. Onlar qrup reaktivliyi olan NaOH və ya KOH-in artığı şəraitində çökmürlər.

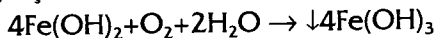
Dördüncü analitik qrupa bəzi reagentlərin təsirinin xülasəsi 14-cü cədvəldə göstərilmişdir.

#### 6.4.2. Qrup reaktivliyinin təsiri

Dördüncü qrup kationlarının hamısı  $\text{NH}_4\text{OH}$  ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Sb}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SbO}_2(\text{OH})$  tərkibli çöküntü əmələ gəlir. Məsələn:

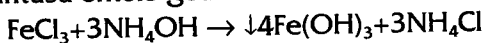


Dəmir 2-hidroksid ağ rəngli çöküntü olub, havada və xüsusilə də qızdırdıqda çox tez oksidləşərək rəngi yaşıla və nəhayət tutqun-qırmızıya çevrilir:



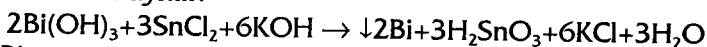
Burada tutqun yaşıl rəngli aralıq məhsul alınır. Həmin məhsulun təxmini tərkibi  $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3$ -dir. Dəmir 2-hidroksid xlorid və nitrat turşularında asanlıqla həll olur. Dəmir 2-hidroksid çöküntüsünün ammonium duzlarında bir qədər həll olması ilə əlaqədar olaraq reaksiya dönərdir.

$\text{Fe}^{2+}$  ionları ammonium-hidroksidlə qırmızımtıl-qonur rəngli  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  çöküntüsü əmələ gətirir:



$\text{Mn}^{2+}$  kationları  $\text{NH}_4\text{OH}$  ilə turşularda həll olan ağ rəngli manqan 2-hidroksid əmələ gətirir. Havada qəhvəyi rəngə çevrilir. Bunun səbəbi  $\text{Mn}^{2+}$  ionunun  $\text{Mn}^{4+}$  ionuna oksidləşməsidir ki, nəticədə  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  əmələ gəlir. Alınan birləşmə sabit tərkibli deyil, ona görə də bəzən onun tərkibini  $\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  və ya  $\text{H}_2\text{MnO}_3$  kimi də göstərilir. Manqan 2-hidroksid ammonium duzlarının iştirakı ilə əhəmiyyətli dərəcədə həll olduğu üçün reaksiya dönərdir, daha doğrusu ammonium-hidroksidlə ikivalentli manqan ionu tam çökmür.

Bismut-hidroksid  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  ağ rəngli olub, havada dəyişmir.  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  və başqa reduksiyaediciyə təsiri ilə qaralır və bismut metalı ayrılır:



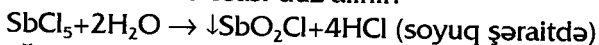
Bismut-hidroksidi qızdırdıqda, həllolmayan bismutil hidrok-  
sida (sarı rəngli) çevrilir:



$\text{Mg}^{2+}$  kationu ammonium-hidroksidlə turşularda və ammoni-  
um duzlarında həll olan ağ amorf maqnezium-hidroksid çökü-  
ntüsü əmələ gətirir.

Stibium 3-hidroksid  $\text{Sb}(\text{OH})_3$ , yaxud metastibiat turşusu  $\text{HSbO}_2$  ağ rəngli olub, turşularda və qələvi məhlullarında nisbə-  
tən yaxşı həll olur. Metastibiat turşusunu nitrat turşusu ilə qarış-  
dırdıqda ortostibiat turşusuna oksidləşir.

Beşvalentli stibiumun duzları su ilə reaksiyaya daxil olur,  
hidroliz edir və nəticədə əsasi duz alınır:

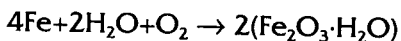


Qarışıq qızdırdıqda ortostibiat turşusu alınır.

### 6.4.3. Dəmir

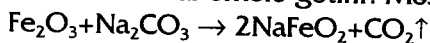
Dəmir gümüşü-ağ rəngli metaldır.  $0,1535^\circ\text{C}$ -də əriyir,  
 $3000^\circ\text{C}$ -də qaynayır.

Texniki məqsədlər üçün işlədilən dəmirdə müxtəlif qarışıqlar  
olur. Belə dəmir havada qaldıqda havanın rütubəti və oksigenlə  
oksidləşir və səthində  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  təxminənə tərkibə uyğun gələn  
pas alınır:



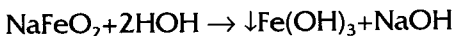
Dəmir, dəmir 2-oksidi  $\text{FeO}$ , dəmir 3-oksidi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dəmir 2,3-  
oksidi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -dən ibarət oksidlər əmələ gətirir.

Dəmir 2-oksidi qara rəngli olub əsasi oksiddir. O, turşularda  
və qələvilərdə asanlıqla həll olur. Dəmir 3-oksidi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bozum-  
tul-qırmızı rəngli olub amfoterdir. O, çox zəif turşu və əsasi xas-  
səsinə malikdir. Dəmir 3-oksidin suda məhlulu qələvilərdə həll  
olmur. Lakin qələvilər və ya qələvi metalların karbonatları ilə əri-  
dildikdə ferritlər adlanan duzlar əmələ gətirir. Məsələn:

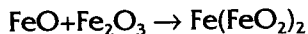


Əmələ gəlmiş duz su ilə reaksiyaya daxil olur və nəticədə  
dəmir 3-hidroksid çöküntüsü alınır:

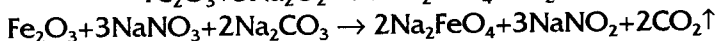
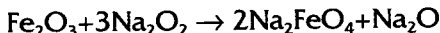




Dəmir 2,3-oksidi sərbəst olmayıb, dəmir 2-oksidlə dəmir 3-oksidi qarışığından ibarətdir.



Dəmir 6-oksidi və ona uyğun gələn  $\text{H}_2\text{FeO}_4$  turşusu sərbəst halda məlum deyildir. Lakin onlara uyğun gələn  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  duzu məlumdur. Natrium-ferrati  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  almaq üçün dəmir 3-oksidi natrium-peroksid və ya natrium-nitratla soda qarışığında əridirlər.



Natrium-ferrati suda həll etdikdə dərhal parçalanır.



Ferratlar içərisində az-çox sabit olan birləşmə barium-ferratdır.

Dəmir durulaşdırılmış xlorid və sulfat turşularında həll olaraq ikivalentli dəmir duzları əmələ gətirir.

Qatı sulfat turşusu və bir qədər durulaşdırılmış nitrat turşusu ilə dəmiri qaynatdıqda, o həll olur və üçvalentli dəmir duzlarına çevrilir.

Dəmir 2-hidroksid ağ rəngli olub oksigenlə asanlıqla oksidləşir. O, havada qaldıqda tədricən bozuntul-göy rəngə boyanır və nəhayət, tutqun qırmızı rəngli dəmir 3-hidroksidə çevrilir.

Dəmir 2-hidroksid ammonium duzlarında həll olduğu halda, dəmir 3-hidroksid həll olmur. Buna səbəb, dəmir 2-hidroksidin həllolma hasilinin dəmir 3-hidroksiddən artıq olmasıdır. Ammonium duzlarının iştirakı ilə ammonium-hidroksid məhlulunda hidrosil ionlarının miqdarının çox az olmasına baxmayaraq, göstərilən şəraitdə üçvalentli dəmir ionları asanlıqla çökür.

İki və üçvalentli dəmirin müxtəlif duzları məlumdur. İkivalentli dəmir ionları asanlıqla üçvalentə qədər oksidləşdiyi kimi, üçvalentli dəmir ionları da reduksiyaedici təsirlə asanlıqla reduksiya olunur. Bununla əlaqədar olaraq ikivalentli dəmir duzları oksidləşdiricilərlə qarşılıqlı təsirdə reduksiyaedici, üçvalentli dəmir duzları isə reduksiyaedicilərlə qarşılıqlı təsirdə oksidləşdirici xassəyə malikdir.

İkivalentli dəmir duzları yalnız bərk halda sabitdir; onlar məhlulda asanlıqla oksidləşir.

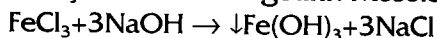
İkivalentli dəmir duzlarının həll olması ikivalentli manqan duzlarına; üçvalentli dəmir duzlarının həll olması isə alüminium duzlarına oxşayır. İki və üçvalentli dəmirin fosfatları, karbonatları, sulfidləri bir sıra əsasi duzları və s. praktiki olaraq suda həll olmur.

İki və üçvalentli dəmir duzları asanlıqla ikiqat və kompleks duzlar əmələ gətirirlər. İkiqat duzlardan Mor duzunu  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  və dəmir-ammonium zəyini  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  göstərmək olar.

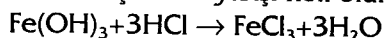
İki və üçvalentli dəmirin əmələ gətirdiyi davamlı kompleks birləşmələrə misal olaraq sarı qan və qırmızı qan duzlarını göstərmək olar.

### *Fe<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.*

1. Qələvilər üçvalentli dəmir ionu ilə qonur rəngli, dəmir 3-hidroksiddən ibarət çöküntü əmələ gətirir. Məsələn:

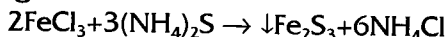


Əmələ gəlmiş çöküntü reaktivin artığında həll olmur, lakin durulaşdırılmış mineral turşularda yaxşı həll olur. Məsələn:

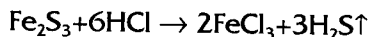


Üçvalentli dəmirə davamlı kompleks birləşmə əmələ gətirən tartrat, fosfat, limon, malon turşuları, qliserin, şəkər və s. iştirak etdikdə, üçvalentli dəmir ionları hidroksid ionları ilə çöküntü əmələ gətirir.

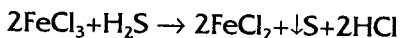
2. Ammonium-sulfid üçvalentli dəmir duzu məhlulu ilə neytral və ya zəif ammonium-hidroksid mühitində qara rəngli çöküntü əmələ gətirir:



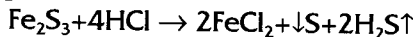
Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış xlorid turşusunda həll olur:



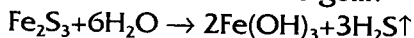
Ayrılan hidrogen-sulfid üçvalentli dəmiri ikivalentli dəmirə qədər reduksiya edir:



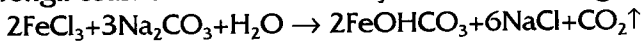
Dəmir 3-sulfidin turşularda həll olması reaksiyasını aşağıdakı ümumi tənliklə göstərmək olar:



Dəmir 3-sulfid soyuq suda tədricən, qaynar suda isə dərhal hidroliz edir və dəmir 3-hidroksid əmələ gəlir.



3. Həllolan karbonatlar üçvalentli dəmir duzları məhlulu ilə qonur rəngli əsasi dəmir 3-karbonat çöküntüsü əmələ gətirir:



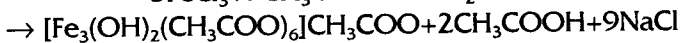
Əmələ gəlmiş əsasi dəmir 3-karbonat qaynadıldıqda hidroliz edir və nəticədə dəmir 3-hidroksid çöküntüsü alınır.

4. Natrium-monohidrofosfat üçvalentli dəmir ionu ilə sarımtıl-ağ rəngli dəmir 3-fosfat çöküntüsü əmələ gətirir.

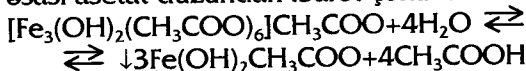


Əmələ gəlmiş dəmir 3-fosfat çöküntüsü durulaşdırılmış mineral turşularda yaxşı həll olur, lakin asetat turşusunda həll olmur.

5. Natrium-asetat məhlulu üçvalentli dəmir duzu məhlulu ilə soyuq şəraitdə həll olan qəhvəyi-qırmızı rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir:



Su ilə durulaşdırıldıqda kompleks duz hidroliz edir və üçvalentli dəmirin əsasi asetat duzundan ibarət çöküntü əmələ gəlir.

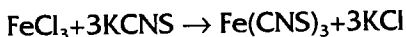


Üçvalentli dəmir duzu ilə natrium-asetat məhlullarını bir yerdə qarışdırıb qaynatmaqla hidroliz prosesini axıra qədər çatdırmaq olar və bununla da üçvalentli dəmir ionları miqdarən çökər.

6. Natrium-tiosulfat üçvalentli dəmir ionu ilə bənövşəyi rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir. Alınmış bənövşəyi rəng tədricən rəngsizləşir. Bunun səbəbi ola bilsin ki, üçvalentli dəmirin iki valentə qədər reduksiya olunmasıdır (üçvalentli dəmirin alüminium və xrom ionlarından fərqi):



7. Ammonium-rodanid və ya kalium-rodanid üçvalentli dəmir ionu ilə qırmızı qan rəngli  $\text{Fe}(\text{CNS})_3$  tərkibli birləşmə əmələ gətirir.



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

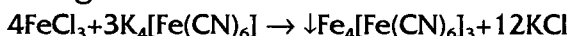
Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı üçvalentli dəmir duzu məhlulu və bir damcı da 10%-li ammonium və ya kalium-rodanid məhlulu

əlavə edin. Qırmızı qan rənginin əmələ gəlməsi üçvalentli dəmirin olmasını göstərir.

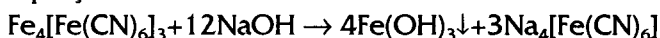
Reaktivin miqdarından asılı olaraq qırmızı rəng ya zəifləyir, ya da daha da intensivləşir. Buna səbəb  $[\text{Fe}(\text{CNS})]_2$ ,  $[\text{Fe}(\text{CNS})_4]'$ ,  $[\text{Fe}(\text{CNS})_5]''$ ,  $[\text{Fe}(\text{CNS})_6]'''$  tərkibli kompleks birləşmələr qarışığının alınmasıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, dəmir 3-rodanid etil-efirində və ya izoamil spirtində yaxşı həll olur və bununla da üzvi həlledici layı al qırmızı rəngə boyanır. Oksalat, fosfat və pirofosfat turşularının iştirakı ilə qırmızı qan rəngli dəmir 3-rodanid birləşməsi rəngsizləşir. İkivalentli civə də rodanid ionu ilə az dissosiasiya edən  $\text{Hg}(\text{CSN})_2$  tərkibli birləşmə əmələ gətirdiyi üçün üçvalentli dəmirin təyin edilməsinə maneçilik törədir.

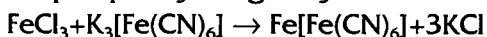
8. Sarı qan duzu üçvalentli dəmir duzu məhlulu ilə  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  tərkibli Berlin abısı adlanan abı rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir:



Göstərilən reaksiya üçvalentli dəmirin ən mühüm reaksiyalarından biridir. Reaksiya nəticəsində alınan Berlin abısı durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur; lakin qələvilərin təsiri nəticəsində parçalanır və dəmir 3-hidroksid alınır:



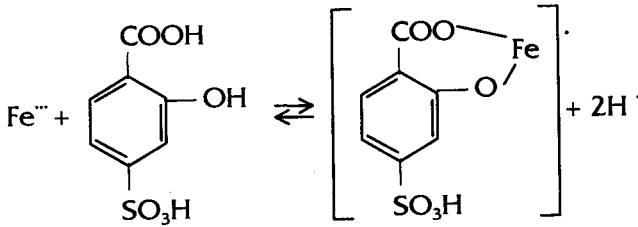
9. Qırmızı qan duzu ikivalentli dəmir ionundan fərqli olaraq, üçvalentli dəmir ionu ilə çöküntü əmələ gətirmir, lakin zəif dissosiasiya edən  $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  kompleksinin əmələ gəlməsi nəticəsində məhlul tutqun qəhvəyi rəngə boyanır:



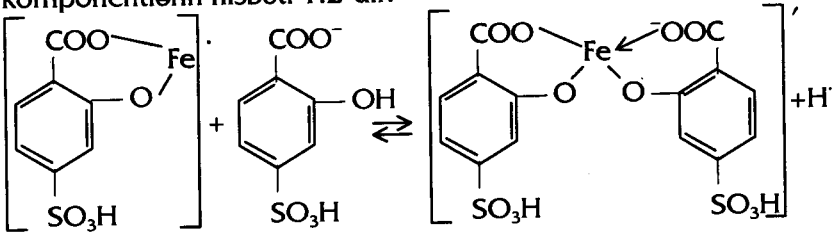
10. Bir sıra üzvi reagentlər üçvalentli dəmirə müxtəlif birləşmələr əmələ gətirir. Məsələn, salisil turşusu ilə turş mühitdə bənövşəyi rəngli məhlul, kupferonla qırmızı rəngli çöküntü, asetil-asetonla zəif turş mühitdə tutqun qırmızı rəngli çöküntü; difenilkarbazidlə qırmızı rəngli məhlul və s. əmələ gətirir.

$\text{Fe}^{3+}$  ionu mühitdən asılı olaraq sulfosalisil turşusu ilə bir neçə kompleks birləşmə əmələ gətirir.

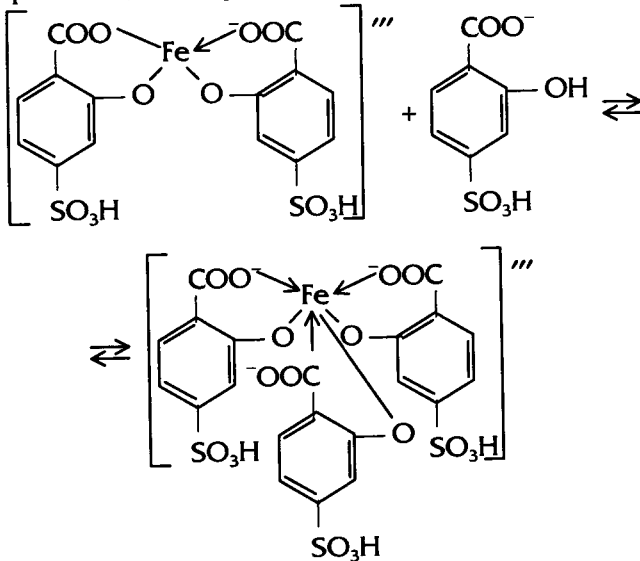
a)  $\text{pH} < 3$  olduqda bənövşəyi rəngli kompleks alınır ki, onda komponentlərin nisbəti 1:1-dir.



b) pH=4-9 olduqda qırmızı rəngli kompleks alınır ki, onda komponentlərin nisbəti 1:2-dir.



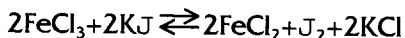
v) pH=9-11,5 olduqda sarı rəngli 1:3 nisbətlı kompleks alınır.



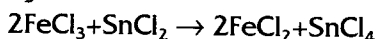
pH>12 olduqda isə kompleks parçalanır. Göstərilən üsulla üçvalentli dəmirin təyin edilməsinə heç bir kation mane olmur.

11. Üçvalentli dəmir ionunun ikivalentli dəmir ionuna reduksiya. Üçvalentli dəmir ionlarının zəif oksidləşdirici xassəyə malik olmasını göstərmişdik. Ona görə də üçvalentli dəmir ionuna qüvvətli reduksiyaediciylə təsir etdikdə ikivalentli iona çevrilir.

a) Kalium-yodidlə reduksiya. Turş mühitdə kalium-yodid üçvalentli dəmiri iki valentə qədər reduksiya edir və nəticədə sərbəst yod alınır.

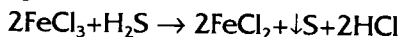


b) Qalay 2-xloridlə reduksiya. Turşulaşdırılmış və qızdırılmış üçvalentli dəmir duzu məhluluna damcı-damcı qalay 2-xlorid məhlulu əlavə edildikdə, aşağıdakı reaksiya tənliyi üzrə üçvalentli dəmir reduksiya olunur:



Reaksiya nəticəsində ikivalentli dəmirin alınmasını yoxlamaq üçün məhlula 1-2 damcı qırmızı qan duzu məhlulu tökün. Turnbull abısının əmələ gəlməsilə ikivalentli dəmirin alınmasına inanmaq olar.

v) Hidrogen-sulfid üçvalentli dəmiri ikivalentli dəmir duzlarına qədər reduksiya edir:



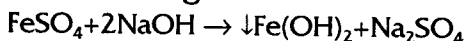
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı üçvalentli dəmir duzu məhlulu töküüb, üzərinə hidrogen-sulfid buraxın. Məhlulun bulanması sərbəst kükürdün ayrılmasının nəticəsidir. Belə ki, hidrogen-sulfid üçvalentli dəmiri reduksiya edir; özü isə sərbəst kükürdə qədər oksidləşir.

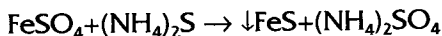
q) Titan 3-xloridlə reduksiya. Üçvalentli dəmir duzu məhlulu üzərinə bənövşəyi rəngli titan 3-xlorid məhlulu əlavə etdikdə, titan dörd valentə qədər oksidləşləşdiyindən məhlul rəngsizləşir.

*Fe<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli dəmir ionları məhlulda açıq yaşıl rəngli olur. İkivalentli dəmirin suda məhlulu sabit olmur; havada qaldıqda asanlıqla oksidləşir və üçvalentli dəmir duzlarına çevrilir. Ona görə də ikivalentli dəmir duzlarını uzun müddət saxlamaq olmaz.

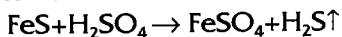
1. Qələvilərin suda məhlulu ikivalentli dəmir duzları ilə ağ rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir:



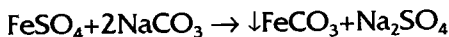
2. Ammonium-sulfid neytral və ya zəif ammonium-hidroksid mühitində ikivalentli dəmir duzları ilə qara rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir:



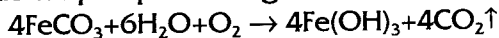
Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda və asetat turşusunda həll olur.



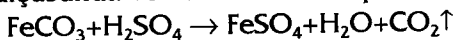
3. Qələvi metalların karbonatları üçvalentli dəmirdən fərqli olaraq, ikivalentli dəmirlə ağ rəngli dəmir 2-karbonat çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü havada qaldıqda oksidləşir, hidroliz edir. Nəticədə tutqun-qırmızı rəngli dəmir 3-hidroksid alınır:



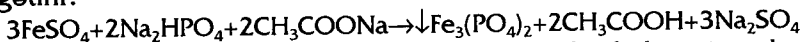
Dəmir 2-karbonat çöküntüsü durulaşdırılmış mineral turşularda, asetat turşusunda və habelə karbon qazlı suda həll olur:



4. Natrium-monohidrofosfat ikivalentli dəmir duzları ilə ağ rəngli  $\text{FeHPO}_4 + \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  tərkibli çöküntü əmələ gətirir:

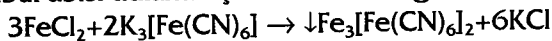


Natrium-monohidrofosfat, natrium-asetatın iştirakı ilə ikivalentli dəmir duzu məhlulu ilə  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ -dən ibarət çöküntü əmələ gətirir:

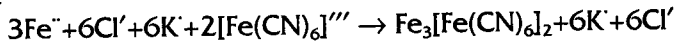


Hər iki halda əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış turşularda və asetat turşusunda həll olur.

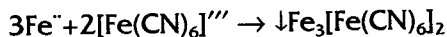
5. Qırmızı qan duzu məhlulu ikivalentli dəmir duzları ilə abı rəngli turnbul abısı adlanan çöküntü əmələ gətirir:



və ya

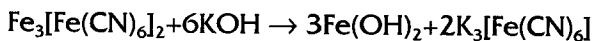


Buradan



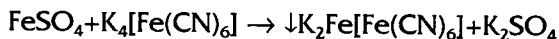
alınır.

Turnbul abısı turşularda həll olmur, lakin qələvilərin təsirinədən parçalanaraq dəmir 2-hidroksid əmələ gətirir:

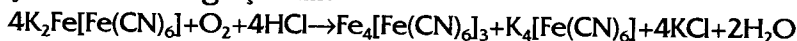


Təsvir edilən reaksiya ikivalentli dəmir ionu üçün səciyyəvi və həssasdır.

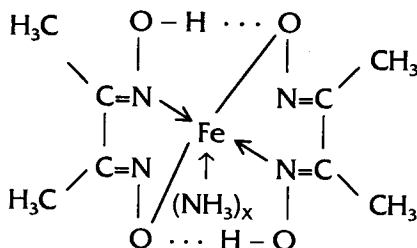
6. Sarı qan duzu havasız şəraitdə ikivalentli dəmir duzu məhlulu ilə ağ rəngli  $\text{K}_2\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  tərkibli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü havada göyəyir; çox qaldıqda isə oksigenin təsiri ilə oksidləşərək Berlin abısına çevrilir. Ona görə də çöküntü abı rəngə çevrilir.



7. Dimetilqliksiminin təsiri. Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı ikivalentli dəmir duzu məhlulu bir damcı tartrat turşusu, 2-3 damcı ammonium-hidroksid və 2-3 damcı da dimetilqliksimin spirtə məhlulunu tökdükdə tünd qırmızı rəngin əmələ gəlməsi ikivalentli dəmirin olmasını göstərir. Əmələ gələn kompleks birləşmənin formulu aşağıdakı kimidir:

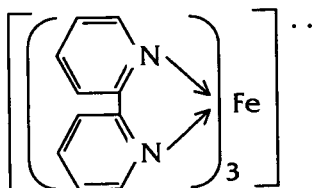


Məlumdur ki, üçvalentli dəmir ionları ammonium-hidroksidlə suda həll olmayan çöküntü əmələ gətirir. Bununla əlaqədar olaraq ikivalentli dəmiri dimetilqliksimlə təyin edərəkən, oraya tartrat turşusu əlavə edilir. Məqsəd üçvalentli dəmir ionlarını kompleks birləşməyə çevirməkdir. Əks halda, dəmir 3-hidroksidin tünd qonur rəngli çöküntüsü, dəmir-dimetilqliksiminin tutqun-qırmızı rənginin aydın görünməsinə mane olur.

Dimetilqliksimlə nikel ionu da qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir. Ona görə də nikel ionu ilə ikivalentli dəmir ionu bir yerdə olduqda, məhlula kalium-sianid əlavə edirlər. O zaman nikel sianid ionu ilə kompleks birləşmə əmələ gətirir ki, o da dimetilqliksimlə reaksiyaya daxil olmur.

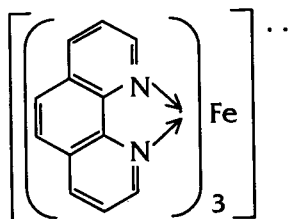


8.  $\alpha, \alpha'$ -dipiridil ( $C_5H_4N_2$ ) pH=4,6 olduqda ikivalentli dəmir duzları məhlullarında qırmızı rəngli kompleks kation əmələ gətirir:



9. Fenantrolin ( $C_{12}H_8N_2$ )  $Fe^{2+}$  ionları ilə qırmızı rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir.  $Fe^{2+}$  ionları olan turşulaşdırılmış məhlulun bir hissəsi üzərinə hidrosilaminxloridin bir neçə kristalları və sonra da fenantrolinin suda 0,5%-li məhlulu əlavə edilir.

İkivalentli dəmir iştirak etdikdə məhlul qırmızı rəngə boyanır:

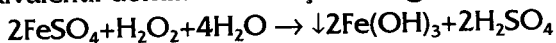


$Fe^{2+}$  ionları fenantrolinlə göy rəngli birləşmə əmələ gətirdiyindən, gözləmək lazımdır ki, məhlulda oksidləşdiricilər olmasın və dəmir ikivalentli vəziyyətdə olsun.

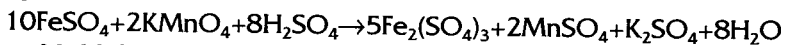
10. İkivalentli dəmir ionları turş mühitdə nisbətən sabit olduğu halda, qələvi mühitdə asanlıqla üçvalentə qədər oksidləşirlər. Turş mühitdə, kalium-bixromat, kalium-permanqanat, nitrat turşusu, zərər kimi qüvvətli oksidləşdiricilərin təsiri ilə ikivalentli dəmir üç valentə qədər oksidləşir.

Bu oksidləşdiricilərdən bir neçəsinin təsirini göstərək:

a) Qələvi mühitdə hidrogen-peroksiddə oksidləşmə. İkivalentli dəmir duzu məhluluna qələvi və ya ammonium-hidroksid əlavə edib qızdırın. Sonra da 1-2 damcı hidrogen-peroksid məhlulu əlavə edin. Qırmızı qəhvəyi rəngli dəmir 3-hidroksidin alınması ikivalentli dəmirin oksidləşməsini göstərir:



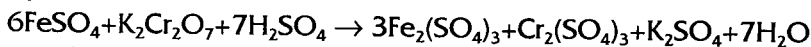
b) Turş mühitdə kalium-permanqanatla oksidləşmə. Sulfat turşusu ilə turşulaşdırılmış ikivalentli dəmir duzu məhlulu üzərinə bir damcı kalium-permanqanat məhlulu əlavə edin. Reaktivin qırmızı-bənövşəyi rənginin dərhal rəngsizləşməsi, permanqanat ionunun ikivalentli manqan ionuna reduksiya olunmasını göstərir. Belə olduqda isə ikivalentli dəmir üç valentə qədər oksidləşmiş olur.



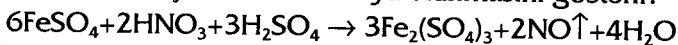
Məhlulə 2-3 damcı kalium- və ya ammonium-rodanid məhlulunun əlavə edilməsilə qan kimi qırmızı rəngin alınması, ikivalentli dəmirin oksidləşməsini göstərir.

v) Turş mühitdə kalium-bixromatla oksidləşmə. Sulfat turşusu ilə turşulaşdırılmış ikivalentli dəmir duzu məhluluna kalium-bixromat məhlulu ilə təsir etdikdə, məhlul zümrüdü-göy rəngə çevrilir. Bunun səbəbi bixromat ionunun üçvalentli xroma qədər reduksiya olunmasıdır.

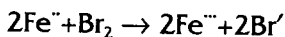
Göstərilən şəraitdə ikivalentli dəmir üç valentə qədər oksidləşir:



q) Qatı nitrat turşusu ilə oksidləşmə. Sulfat turşusu mühitində ikivalentli dəmir duzları məhlulu üzərinə bir az qatı nitrat turşusu əlavə edib, qarışığı qızdırdıqda qonur rəngli azot 2-oksidin ayrılması, nitrat turşusunun reduksiya olunmasını göstərir:

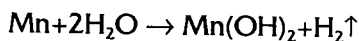


d) Turş mühitdə xlor və ya bromla oksidləşmə. Turşulaşdırılmış ikivalentli dəmir duzu məhlulunu qızdıraraq yavaş-yavaş xlorlu və ya bromlu su əlavə etdikdə o üçvalentli dəmirə qədər oksidləşəcəkdir:



#### 6.4.4. Manqan

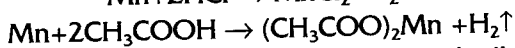
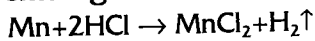
Manqan ağımtıl-sarı rəngli metaldır. Xüsusi çəkisi 7,43 q/sm<sup>3</sup> olub, 1250°C-də əriyir. Ufaq halına gətirilmiş manqanla oksidləşir. 30-40°C temperaturda suyu parçalayır ayrılır:



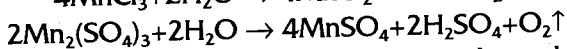
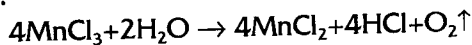
Manqan aşağıdakı oksidləri əmələ gətirir: göyümtül-boz rəngli manqan 2-oksidi  $MnO$ ; palıdı-qara rəngli manqan 3-oksidi  $Mn_2O_3$ ; palıdı rəngli manqan 2,3-oksidi  $Mn_3O_4$ ; palıdı-qara rəngli manqan 4-oksidi  $MnO_2$  və göyümtül-qara rəngli, yağa oxşar maye olan manqan 5-oksidi  $Mn_2O_5$ .

Manqan 2-oksidi əsasi xassəyə malik olub, havada asanlıqla oksidləşir; nəticədə  $Mn_2O_3$  və  $MnO_2$  oksidləri əmələ gətirir.

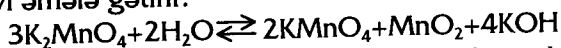
Manqan turşularda asanlıqla həll olur; nəticədə hidrogen ayrılır və müvafiq duz əmələ gəlir:



Üçvalentli manqanın xlorid və sulfatı sabit deyil, onlar qızdırıldıqda və suda həll edildikdə asanlıqla iki valentə qədər reduksiya olunurlar:



Məhlulda göy rəngli manqanatlardan, bir qədər qaldıqda qismən parçalanır və bənövşəyi-qırmızı rəngli permanqanat və sərbəst qələvi əmələ gətirir:



Bir kation kimi yalnız ikivalentli manqan birləşmələri ilə tanış olacağıq.

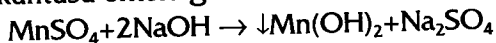
İkivalentli manqan duzları bərk halda və qatı məhlullarda solğun gülü rəngdə olur.

İkivalentli manqanın xlorid, bromid, yodid, sulfat, nitrat, asetat duzları və habelə qələvi metalların manqanat və permanqanatları suda yaxşı həll olur. Lakin ikivalentli manqanın sulfid, karbonat, fosfat və bir sıra başqa birləşmələri suda praktiki olaraq həll olmur.

Bir sıra qüvvətli oksidləşdiricilər ikivalentli manqanı manqanat və permanqanat ionuna qədər oksidləşdirir.

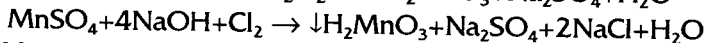
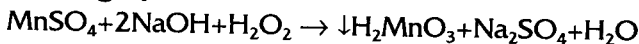
*Mn<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli manqan ionu və onun duzlarının durulaşdırılmış məhlulları rəngsizdir.

1. Qələvi məhlulları manqan ionu ilə ağ rəngli manqan 2-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:

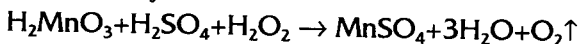


Əmələ gəlmiş çöküntü reaktivin artığında həll olmur; lakin durulaşdırılmış turşularda və ammonium duzlarında həll olur.

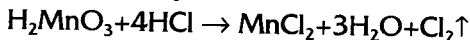
Manqan 2-hidroksid havada qaldıqda oksidləşir və suda həll olmayan  $MnO(OH)_2$  və ya  $H_2MnO_3$  tərkibli manqanat turşusuna çevrilir. Manqan duzu məhluluna qələvilərin iştirakı ilə oksidləşdirici kimi hidrogen-peroksid, xlorlu su və bromlu su ilə təsir etdikdə manqanat turşusu alınır. Ona görə də çöküntü dərhal tutqun-qonur rəngə çevrilir:



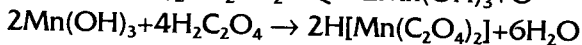
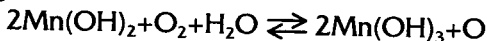
Manqanat turşusu manqan-hidroksiddən fərqli olaraq durulaşdırılmış sulfat turşusunda həll olmur. Lakin manqanat turşusuna durulaşdırılmış sulfat turşusu mühitində bir az hidrogen-peroksid əlavə edib qızdırdıqda, çöküntü dərhal həll olur. Belə bir şəraitdə hidrogen-peroksid dördvalentli manqana təsir edərək, onu ikivalentli hala qədər reduksiya edir, özü isə sərbəst oksigenə qədər oksidləşir:



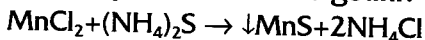
Manqanat turşusunu qızdırdıqda sulfat turşusunda həll olmadığı halda, xlorid turşusunda həll olur. Buna səbəb odur ki, xlorid turşusunda xlorid ionu reduksiyaedici rolunu oynayır və sərbəst xlorə qədər oksidləşir:



Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, manqan 2-hidroksid oksalat turşusunda və ya fosfat turşusunda da həll olur. Buna səbəb üçvalentli manqanın moruğu-qırmızı rəngli kompleks birləşməsinin əmələ gəlməsidir. Məsələn:



2. Ammonium-sulfid məhlulu ikivalentli manqan duzları ilə ət rəngli manqan-sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda və asetat turşusunda həll olur.

Manqan 2-sulfid asanlıqla kolloid məhlul (zol) əmələ gətirir ki, bu da süzgəc kağızından keçir. Ona görə də manqan ionunun tam çökməsinə nail olmaq üçün çökdürməni isti şəraitdə apar-

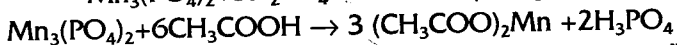
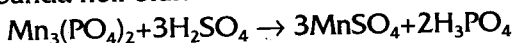
maqla yanaşı, həm də ammonium-xlorid əlavə edirlər. Manqan 2-sulfid havada qaldıqda oksidləşir və bununla da rəngi tutqunlaşır.

3. Qələvi metalların karbonatlarının məhlulu ilə manqan duzlarına təsir etdikdə, üçvalentli dəmirdən fərqli olaraq ağ rəngli dəyişən tərkibli çöküntü əmələ gətirir. Əmələ gələn çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur.

4. Natrium-monohidrofosfat məhlulu manqan duzları ilə ağ rəngli  $Mn_3(PO_4)_2$  çöküntüsü əmələ gətirir:

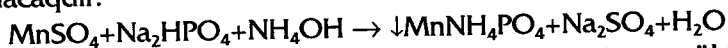


Əmələ gələn çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda və asetat turşusunda həll olur:



Natrium-monohidrofosfat reaktivi ilə manqanın tam çökməsini təmin etmək üçün onu  $MnNH_4PO_4$  tərkibli ikiqat duz şəklində çökdürmək lazımdır. Çünki, manqan-ammonium-fosfat çöküntüsünün həllolması çox azdır.

Manqan-ammonium-fosfat çöküntüsünü almaq üçün xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış manqan duzu məhlulu üzərinə natrium-monohidrofosfat məhlulu tökülür. Sonra da ehtiyatla hidrogen ionlarının artığını ammonium-hidroksid məhlulu ilə neytrallaşdırır. Alınan qarışıq qaynayıcaya qədər qızdırılır. Sonra da artıq miqdarda ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edilir. Bu zaman solğun gülü rəngli manqan-ammonium-fosfat çöküntüsü alınacaqdır.

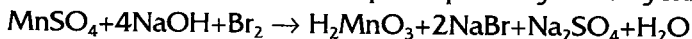


5. Oksidləşdiricilərin təsirlə qələvi və ya turş mühitdə ikivalentli manqan dörd- və ya yeddivalentli hala qədər oksidləşərək, rəngli ionlar əmələ gətirir. Bu ionlar içərisində permanqanat ionu bənövşəyi-qırmızı rəngli olduğu üçün manqanın təyində böyük əhəmiyyəti vardır.

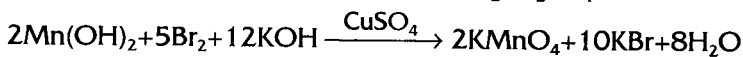
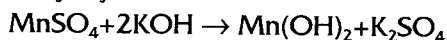
Qələvi və neytral mühitdə ikivalentli manqanın oksidləşməsi.

a) Bromlu və ya xlorlu su ilə oksidləşmə. Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı manqan duzu məhlulu, o qədər də 2N natrium- və ya kalium-hidroksid və 1-2 damcı bromlu su tökülür. Bromun artığı

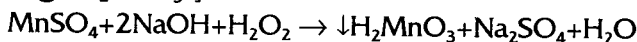
qızdırmaqla məhluldan ayrılır. Ayrılan tutqun qonur rəngli çöküntü süzülür və məhlulda manqanın qalması yenidən yoxlanır:



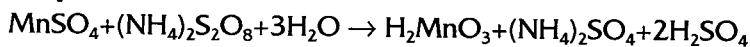
Məhlulu bir neçə dəqiqə qaynatdıqda, xüsusən, katalizator olaraq mis 2-sulfat əlavə etdikdə, manqan qismən permanqanata qədər oksidləşmiş olur:



b) Hidrogen-peroksiddə oksidləşmə. Manqan duzu məhlulu üzərinə bir qədər 2N qələvi və ya ammonium-hidroksid, bir qədər də 30%-li hidrogen-peroksid tökülür. Hidrogen-peroksidin artığı parçalanıb qurtarıncaya qədər qaynadılır. Bu zaman tutqun qonur rəngli  $\text{H}_2\text{MnO}_3$  çöküntüsü alınır:

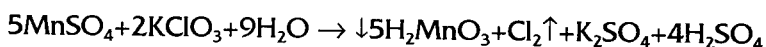


v) Neytral mühitdə ammonium-persulfatla oksidləşmə. Manqan duzu məhlulu üzərinə artıq miqdarda ammonium-persulfat əlavə etdikdə, tutqun qonur rəngli  $\text{H}_2\text{MnO}_3$  tərkibli amorf çöküntü alınır:

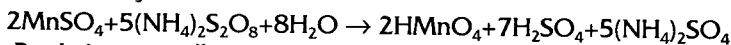


Turşu mühitdə manqanın oksidləşməsi.

a) Kalium-xloratla (Bertole duzu) oksidləşmə. Sulfat turşusu ilə turşulaşdırılmış ikivalentli manqan duzu məhluluna artıq miqdarda kalium-xlorat əlavə edib qaynatdıqda, tutqun qonur rəngli çöküntü alınır:



b) Ammonium-persulfatla oksidləşmə. İkivalentli manqan duzu üzərinə gümüş-nitrat katalizatorunun iştirakı ilə ammonium-persulfat əlavə etdikdə, manqan ionu permanqanat ionuna qədər oksidləşir:

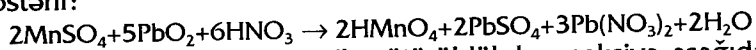


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

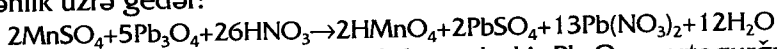
Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı 25%-li ammonium-persulfat məhlulu və ya 0,1q duz, 1-2 damcı 2N nitrat turşusu və 1-2 damcı da gümüş-nitrat məhlulu əlavə edib, qaynayıncaya qədər qızdırın. İkivalentli manqanın xlorid və ya bromidindən başqa hər hansı bir duzun durulaşdırılmış məhluluna şüşə çubuğu bu-

laşdırıb yuxarıda hazırlanmış məhlula salın və bir az da qızdırın. Məhlulun bənövşəyi-qırmızı rəngə boyanması ikivalentli manqanın olmasını göstərir.

v) Qurğuşun 4-oksidlə oksidləşmə. Sınaq şüşəsinə bir az qurğuşun 4-oksidi və ya surik  $Pb_3O_4$ , 4-5 damcı qatı nitrat turşusu, 2-3 damcı da gümüş-nitrat məhlulu töküüb qarışdırılır və qaynayınca qədər qızdırılır. Qarışıq 1-2 dəqiqə qaynadılır. Üzərinə bir damcı manqan duzu məhlulu əlavə edib su ilə durulaşdırılır və sentrifüqadan keçirilərək çöküntü məhluldan ayrılır. Məhlulun bənövşəyi-qırmızı rəngə boyanması manqan ionunun olmasını göstərir:

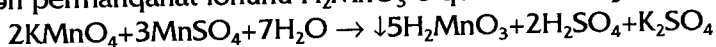


Oksidləşdirici olaraq surik götürüldükdə, reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedər:

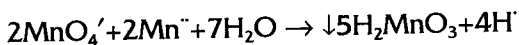


Yeri gəlmişkən, qeyd etmək lazımdır ki,  $Pb_3O_4$ -ə ortoqurğuşun turşusunun ikivalentli qurğuşun duzu  $Pb_2PbO_4$  kimi baxmaq olar.

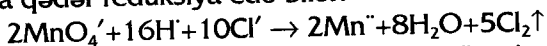
Manqanın istər persulfat, istərsə də qurğuşun 4-oksidlə oksidləşdirilməsi zamanı tədqiq edilən məhluldan çox az miqdarda götürmək lazımdır. Əks halda ikivalentli manqanın artığı əmələ gələn permanqanat ionunu  $H_2MnO_3$ -ə qədər reduksiya edir:



və ya



İkivalentli manqan ionu ilə permanqanat ionunun reduksiya olunmasına inanmaq üçün yuxarıdakı təcrübədə alınmış bənövşəyi-qırmızı rəngli məhlulun üzərinə 3-4 damcı ikivalentli manqan duzu məhlulu əlavə edib qaynadın. Məhlulun bənövşəyi-qırmızı rənginin tutqun palıdı rəngə çevrilməsi  $MnO_4'$  ionunun  $MnO(OH)_2$ -ə reduksiya olunmasını göstərir. Buna görə də tədqiqat zamanı məhlulda kənar reduksiyaedici, xüsusilə, xlorid ionu olmamalıdır. Əks halda xlorid ionu permanqanat ionunu hətta  $Mn''$  ionuna qədər reduksiya edə bilər:



q) Natrium-bismutatla oksidləşmə. Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı manqan duzu məhlulu, 1-2 damcı qatı nitrat turşusu, 1-2 damcı da 0,1N gümüş-nitrat məhlulu töküüb şüşə çubuqla qarışdırılır. 1-2 dəqiqədən sonra sentrifüqadan keçirilir. Məhlulun bə-

növşəyi-qırmızı rəngə boyanması ikivalentli manqanın olmasını göstərir:



Manqanın natrium-bismutatla reaksiyası yuxarıda göstərilən reaksiyalardan fərqli olaraq adi şəraitdə gedir. Ona görə də manqanın bir az artığı olduqda, permanqanat ionunun alınmasına mane olmur. Lakin yuxarıda göstərilən reaksiyalarda olduğu kimi, reduksiyaediciyə, xüsusilə, xlorid ionu manqanın təyin edilməsinə mane olduğu üçün əvvəlcədən kənar edilməlidir.

Manqanın natrium-bismutatla təyini reaksiyası çox həssas olub, icra edilməsi də asandır. Manqanı natrium-bismutatla katalizator əlavə etmədən də oksidləşdirmək olar. Lakin katalizator olduqda, reaksiya daha asan gedir və alınan bənövşəyi-qırmızı rəng daha aydın nəzərə çarpır.

Bəzi oksidləşdirici reaktivlərdə manqan duzlarının qarışığı olur. Belə hallarda səhvə yol verməmək üçün mütləq paralel təcrübə qoymaq lazımdır. Odur ki, sınaq şüşəsinə manqan ionundan başqa, yuxarıda göstərilən reaktivlərin hamısı tökülür. Alınan nəticə manqan ionu əlavə edilən təcrübə ilə müqayisə edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, reduksiyaedicilərin, xüsusilə, xlorid, bromid, yodid ionlarının və hidrogen-peroksidin iştirakilə manqanı permanqanat ionuna qədər oksidləşdirib təyin etmək üçün, məhlulun üzərinə bir neçə damcı 2N qələvi məhlulu tökmək lazımdır. Bu zaman suda praktiki olaraq həll olmayan manqan 2-hidroksid alınır. Qarışığı süzdükdən sonra reduksiyaediciləri mənfi nəticə verincəyə qədər su ilə yuyurlar. Alınan çökmüntünü nitrat turşusunda həll etdikdən sonra yuxarıda göstərilən oksidləşdiricilərin hər hansı biri ilə təsir etməklə təcrübəni aparmaq lazımdır.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, gümüş-nitrat nisbətən az tapılır. Gümüş nitrat olmadan manqanı oksidləşdirmək çətin olur. Ona görə də V.İ.Kuznetsov və L.M.Budanovanın müəyyən etdikləri üsulla manqanı təyin etməyi məqsədəuyğun hesab edirik.

---

\* В.И.Кuzнетсов и Л.М.Буданова, Журнал аналитической химии, том VIII, выпуск 1(1953)



Həmin üsulda kobalt-mis katalizatoru tətbiq edilir. Kobalt-mis katalizatoru 0,5 q  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  və 2 q  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  duzundan götürüb 100 q suda həll etməklə hazırlanır. Bundan başqa, 600 ml (1:5) nisbətində durulaşdırılmış sulfat turşusu, 250 ml sıxlığı 1,2 q/ml olan nitrat turşusu və 125 ml sıxlığı 1,70 q/ml olan fosfat turşusu bir-birinə qarışdırılır.

Kobalt-mis katalizatoru tətbiq etməklə manqanı təyin etmək üçün mövcud üsullarda göstərilən nitrat turşusu əvəzinə turşu qarışığı, gümüş-nitrat əvəzinə isə kobalt-mis katalizatoru əlavə etmək lazımdır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Analiz edilən məhlulun bir damcısı üzərinə 3 damcı turşu qarışığı, 10-12 damcı distillə edilmiş su və 2 damcı da katalizator əlavə edib, qaynayıcaya qədər su hamamında qızdırın. Qaynar məhlula 4-5 damcı 25 faizli ammonium-persulfat və ya kalium-persulfat məhlulu töküb 1-2 dəqiqə müddətində qaynadın. Sonra da persulfatın parçalanması qurtarıncaya qədər qarışığı isti yerdə saxlayın. Qırmızı-bənövşəyi rəngin alınması manqanın olmasını göstərir.

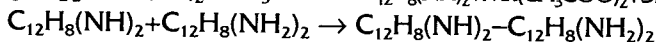
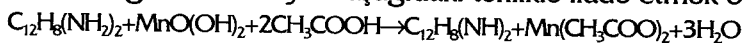
Göstərilən reaksiyanı apararkən qırmızı-bənövşəyi rəng əvəzinə tutqun qəhvəyi  $\text{H}_2\text{MnO}_3$  çöküntüsünün alınması reaksiyaya daxil olan ikivalentli manqan ionunun çox olması ilə əlaqədardır. Belə halda yuxarıdakı təcrübəni təkrar etmək və götürülən manqan ionu məhlulunu bir neçə dəfə durulaşdırmaq lazımdır.

6. Benzidinin  $\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4 \cdot \text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$  təsiri. Bu reaksiyanı damcı üsulu ilə apardıqda daha yaxşı nəticə verir. Reaksiyanı N.A.Tanayev qaydası ilə aparmaq üçün süzgəc kağızını bir damcı təzə hazırlanmış natrium-peroksid məhlulu ilə isladın. Onun ortasına bir damcı tədqiq edilən məhlul, yenidən bir damcı da natrium-peroksid məhlulu damızdırın. Natrium-peroksidlə oksidləşə bilən kationlar (bu təcrübə zamanı xrom olmamalıdır) həll olmayan çöküntü əmələ gətirirlər.

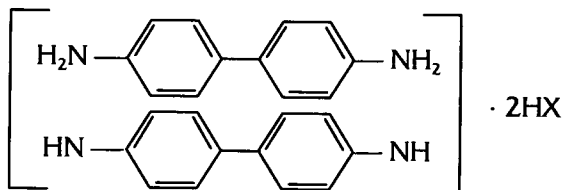
Süzgəc kağızında yayılmış damcının ətrafını benzidin-asetat məhlulu ilə isladın. Damcının ətrafında göy həlqənin alınması tədqiq edilən məhlulda ikivalentli manqanın olmasını göstərir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

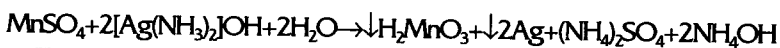
Süzgəc kağızına bir damcı manqan duzu məhlulu damızdırın və qatı ammonium-hidroksid buxarında bir qədər saxlayın. Əmələ gələn manqan 2-hidroksid çöküntüsü havanın oksigeni ilə oksidləşir və rəngi qonurlaşır. Alınan ləkəyə benzidin-asetat məhlulundan bir damcı damızdırdıqda, benzidinin oksidləşməsi nəticəsində ləkə göy rəngə boyanır. Manqanit turşusu ilə benzidin arasında gedən reaksiyanı aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:



Reaksiyanın birinci mərhələsində benzidinin amid qrupu manqanit turşusunun təsiri ilə imid qrupuna  $-NH$  oksidləşir. Reaksiyanın ikinci mərhələsində alınan  $C_{12}H_8(NH)_2$  molekulu benzidinin başqa molekulu ilə birləşir və göy rəngə boyanan maddə alınır:

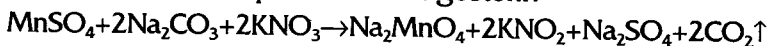


7. N.A.Tananayevin gümüş-ammonyakat üsulu. Süzgəc kağızına bir damcı manqan duzu məhlulu və bir damcı da gümüş-ammonyakat (bir damcı gümüş-nitrat məhlulu üzərinə 2 damcı qatı ammonium-hidroksid əlavə etməklə alınır) məhlulu damızdırın. Ləkənin qara rəngə boyanması manqanın olmasını göstərir:



Təsvir edilən reaksiyanı demək olar ki, bütün kationların iştirakı ilə aparmaq olar.

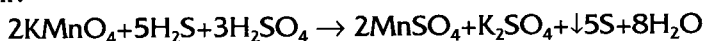
8. Natrium-karbonat və kalium-nitrat qarışığı ilə əritmə. Nərləndirilmiş natrium-karbonat və kalium-nitratdan platin telinin həlqə şəkilli ucu ilə bir az götürüb oksidləşdirici alov üzərində əriməyə qoymadan qızdırılır. Alınan kütləni tədqiq edilən məhlulda islatdıqdan sonra oksidləşdirici alov üzərində əridilir. Soyuduqda zümrüdü-yaşıl rəngli şüşə muncuğun alınması tədqiq edilən məhlulda manqanın olmasını göstərir:



*MnO<sub>4</sub>'* ionunun reduksiya reaksiyaları. Yuxarıda göstərilən reaksiyalar nəticəsində alınan permanqanat ionu qüvvətli oksidləşdiricilərdən biri olduğu üçün reduksiyaedicilərin əksəriyyətini oksidləşdirə bilir.

Reduksiyaedicilərin permanqanatla oksidləşməsi reaksiyası turş mühitdə aparılarsa, o zaman MnO<sub>4</sub>' ionu Mn<sup>II</sup> ionuna qədər reduksiya olunur; oksidləşmə prosesi qələvi və ya neytral mühitdə aparılarsa, o zaman MnO<sub>4</sub>' ionu yalnız Mn<sup>III</sup> ionuna qədər reduksiya olunur və nəticədə qonur rəngli manqanat turşusundan ibarət çöküntü alınır.

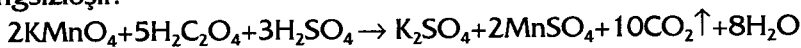
a) Hidrogen-sulfidlə reduksiya. Kalium-permanqanatın turşulaşdırılmış məhluluna bir qədər hidrogen-sulfid buraxıldıqda, məhlulun bənövşəyi-qırmızı rəngi yox olur və sərbəst kükürd ayrılır:



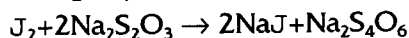
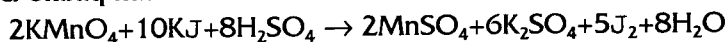
b) Dəmir 2-sulfatla reduksiya. Kalium-permanqanatın turşulaşdırılmış məhluluna dəmir 2-sulfat məhlulu əlavə etdikdə, məhlul rəngsizləşir:



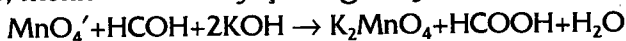
v) Oksalat turşusu ilə reduksiya. Turşulaşdırılmış kalium-permanqanatı oksalat turşusu ilə 60-70°C qızdırdıqda məhlul rəngsizləşir:



q) Kalium-yodidlə reduksiya. Turş mühitdə kalium-yodid kalium-permanqanatı reduksiya etdiyi üçün, məhlulun bənövşəyi-qırmızı rəngi yox olur, lakin sərbəst yod ayrılmasına görə məhlulun rəngi qonurlaşır. Məhlulu rəngsizləşdirmək üçün reduksiya edici olaraq natrium-tiosulfat məhlulu əlavə edirlər:

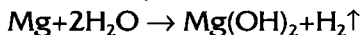


d) Qələvi mühitdə formalinin təsiri. Kalium-permanqanat məhluluna bir az qələvi və 1-2 damcı da formalin CH<sub>2</sub>O əlavə etdikdə, məhlul zümrüdü-yaşıl rəngə boyanır:

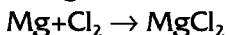


### 6.4.5. Maqnezium

Maqnezium gümüş-ağ rəngli metaldir. Otaq temperaturunda su ilə çox çətin reaksiyaya daxil olur. Çünki onun üzəri suda həll olmayan nazik hidrokسيد pərdəsilə örtülü olur:



Maqnezium halogenlərlə, kükürdlə şiddətli reaksiyaya daxil olur və uyğun duzlar əmələ gətirir:

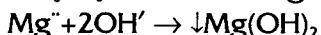


Maqneziumun yalnız MgO tərkibli bir oksidi məlumdur. Maqnezium turşular və ammonium duzlarının qatı məhlullarında həll olur və hidrogen ayrılır.

Qələvi metal ionlarından fərqli olaraq maqnezium ionu suda həll olan fosfatlar, karbonatlar, arsenatlar, hidrokسيدlər və bir sıra başqa maddələrlə reaksiyaya daxil olur və nəticədə suda həll olmayan çöküntülər əmələ gətirir.

Mg<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları. Mg<sup>2+</sup> ionu rəngsizdir.

1. NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub> və Ba(OH)<sub>2</sub>-in təsiri. Maqnezium ionu yeyici qələvilər və habelə Ca(OH)<sub>2</sub> və Ba(OH)<sub>2</sub>-nin doymuş məhlulları ilə ağ, həlmişik çöküntü əmələ gətirir.

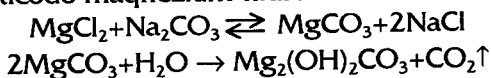


Əmələ gəlmiş maqnezium-hidrokسيد turşularda və ammonium duzlarında yaxşı həll olur. Bunu yoxlamaq üçün iki sınaq şüşəsi götürüb, hər birinə 1-2 damcı maqnezium-hidrokسيد çöküntüsü qarışığından tökün. Birinci sınaq şüşəsinə bir qədər xlorid turşusu, ikinci sınaq şüşəsinə isə 2-3 damcı doymuş ammonium-xloridin məhlulu tökün. Çöküntülərin hər iki halda həll olmalarını müqayisə edin. Maqnezium-hidrokسيد çöküntüsünün ammonium duzlarında turşuya nisbətən pis həll olmasını nəzəri cəhətcə əsaslandırın.

2. Ammonium-karbonat natrium, kalium və ammonium duzları ilə reaksiyaya daxil olub, heç bir çöküntü əmələ gətirmir. Lakin ammonium-karbonatla maqnezium duzu məhlulu qarışdırılıb qaynadıldıqda və ya bir qədər gözlədikdə, maqnezium-hidrokسيدkarbonat alınır. Bu duz suda həll olmayan ağ rəngli çöküntü olub, tərkibi dəyişkəndir, maqnezium-hidrokسيدkarbonatın tam çökməsi üçün pH 10,5-ə bərabər olmalıdır. Məhlulun

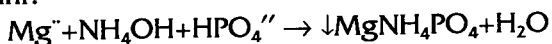
pH-ı 10,5-dən az olduqda, maqnezium-hidroksikarbonat çöküntüsü alınmır. Beləliklə, hidrogen ionları və habelə ammonium duzları iştirak etdikdə məhlulda pH azalır, bununla da maqnezium ionu tam çökmür.

3. Natrium-karbonat və kalium-karbonat maqnezium duzları ilə maqnezium-karbonatdan ibarət ağ çöküntü əmələ gətirir. Maqnezium-karbonat çöküntüsü hidroliz edir (xüsusilə, qaynatdıqda) və nəticədə maqnezium-hidroksi-karbonat alınır:



Maqnezium-hidroksikarbonat turşularda və ammonium duzlarında asanlıqla həll olur.

4. Natrium-monohidrofosfatın suda məhlulu əsasi xassəyə malik olduğu üçün ammonium duzu ilə qaynadıldıqda ammoniyak ayrılır. Ammonium-hidroksid və ammonium-xlorid iştirak etdikdə, natrium-monohidrofosfat maqnezium duzları ilə maqnezium-ammonium fosfatdan ibarət ağ kristal çöküntü əmələ gətirir:



Ammonium-xlorid ona görə əlavə edilir ki, maqnezium ionu, ammonium-hidroksidlə  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ -dən ibarət amorf çöküntü əmələ gətirməsin və reaksiya  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  kristal çöküntüsünün əmələ gəlməsi istiqamətinə yönəlsin.

Maqnezium ionunu təyin etmək məqsədilə çox mühüm olan bu reaksiyanı aparmaq üçün maqnezium duzu məhlulu üzərinə bir qədər ammonium duzu məhlulu töküüb qarışdırılır. O zaman məhlulda hidrogen ionları bir qədər çoxalır. Sonra da ammonium-hidroksid məhlulundan damcı-damcı töküüb qarışdırılır. Reaksiyanı göstərilən ardıcılıqla apardıqda, kristallaşma prosesi tədricən gedir və yaxşı formalaşmış kristallardan ibarət çöküntü alınır.

Ammonium-hidroksid əlavə edilmədikdə, maqnezium ionu natrium-monohidrofosfat reaktivi ilə səciyyəvi olmayan maqnezium-hidrofosfat tərkibli amorf çöküntü əmələ gətirə bilər.

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı maqnezium duzu məhlulu, 2-3 damcı 10%-li  $\text{NH}_4\text{Cl}$  məhlulu və 1-2 damcı da  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  məhlulu töküüb qarışdırın. Alınan məhlula bir damcı 2N  $\text{NH}_4\text{OH}$  məhlulu

əlavə edib, qarışdırın. Lazım gəldikdə ammonium-hidroksid məhlulundan damcı-damcı bir qədər də əlavə etmək olar. Lakin hər damcıdan sonra məhlulu mütləq qarışdırmaq lazımdır.

$MgNH_4PO_4$  çöküntüsü mineral turşularda və hətta asetat turşusunda yaxşı həll olur, lakin o, 2,5%-li ammonium-hidroksid məhlulunda praktiki olaraq həll olmur. Çöküntü asetat turşusunda həll olarkən reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



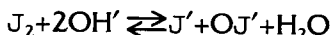
Məhlulda pH təxminən 10-dan artıq olduqda,  $MgNH_4PO_4$ -dan ibarət kristal çöküntü əvəzinə maqnezium-fosfat duzu alınır.

5. Petraşen reaksiyası. Sınaq şüşəsinə bir damcı neytral və ya zəif turşulaşdırılmış tədqiq edilən məhlul, 2-3 damcı 1N kalium-hidroksid, 1-2 damcı 1N yodun kalium-yodiddə məhlulunu töküüb, şüşə çubuqla qarışdırın. Tutqun-qırmızı rəngli, pambıqvari çöküntünün alınması maqnezium ionunun olmasını göstərir.

Çöküntünün əmələ gəlməsi səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar: natrium-hidroksidlə yod məhlulu arasında reaksiya aşağıdakı kimi gedir:



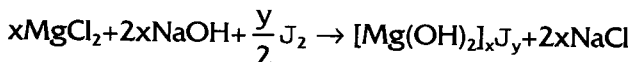
və ya



Natrium-hidroksid əlavə edildikdən sonra alınan məhlula maqnezium ionu ilə təsir etdikdə,  $Mg^{2+}$  ionu hidroksil ionu ilə birləşir və həlməşikvari  $Mg(OH)_2$  çöküntüsü əmələ gəlir. Bu halda məhlulda hidrogen ionlarının qatılığı azalır və reaksiya geri döner. Ayrılan yodu isə dərhal  $Mg(OH)_2$  çöküntüsü adsorbsiya edir. Nəticədə ağ rəngli çöküntü kərpici-qırmızı rəngə boyanır.

Çöküntü turşularda və ammonium duzlarında həll olur. Ona görə də reaksiyanı neytral mühitdə və ammonium duzlarını ayırıqdan sonra aparmaq lazımdır.

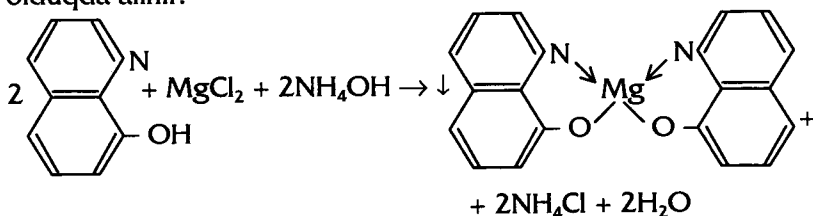
Qələvinin miqdarı artıq olduqda, çöküntü rəngsizləşir. Ona görə də natrium-hidroksidi mümkün qədər az götürmək lazımdır. Təsvir edilən prosesi aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:



Reaksiyanı pH=10 mühitində aparmaq lazımdır.

6. N.A.Tananayev reaksiyası. Süzğəc kağızına bir damcı fenolfalein, bir damcı təcqiğ edilən neytral məhlul və bir damcı da ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edin. Kağız üzərində qırmızı ləkə alınacaqdır. Yaş ləkəni lampa alovunda qurutduqda ammonium-hidroksidin artığı buxarlanacaq və  $Mg(OH)_2$  çöküntüsü quruyacaqdır ki, bununla da qırmızı ləkə rəngsizləşəcəkdir. Qurudulmuş ləkə bir damcı distillə edilmiş su ilə yenidən isladılarsa, yenə də ləkənin rəngi qızarar.

7. Oksixinolin  $C_9H_6NOH$  ammonium-hidroksid mühitində maqnezium duzları ilə göyümtül-sarı rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir. Maqnezium oksixinolyat çöküntüsü pH 9,5-12,5 olduqda alınır:



Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

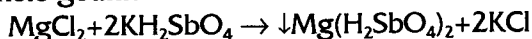
Bir damcı maqnezium duzu məhlulu üzərinə o qədər də ammonium-xlorid, ammonium- hidroksid və oksixinolinin 5%-li spirtdə məhlulundan tökün.

8. Üzvi boyaların təsiri. Maqnezium-hidroksid çöküntüsü, para-nitrobenzol-azorezorsin boyasını adsorbsiya edir və qələvi mühitdə onun qırmızı və ya qırmızı-bənövşəyi rəngini tutqun göy rəngə boyayır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

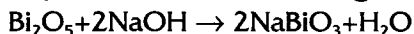
Bir damcı maqnezium duzu məhlulu üzərinə 1-2 damcı para-nitrobenzol-azorezorsinin qələvi məhlulundan tökün. Qarışıqın rənginin sarı olması təcqiğ edilən məhlulda sərbəst hidrogen ionlarının çox olmasını göstərir. Belə halda məhlula 1-2 damcı qələvi əlavə etmək lazımdır. Kalsium, stronsium, barium, alüminium, manqan ionları reaksiyanın gedişinə maneçilik törədirlər. Nikelin, kadmiumun hidroksid birləşmələri də reaktivlə maqneziumda olduğu kimi rəng əmələ gətirirlər.

9. Kalium-dihidrostibiat maqnezium ionu ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



## 6.4.6. Bismut

Bismut qırmızımtıl-gümüşü rəngli metaldır. Bismutun mühüm oksidlərindən  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_4$  və  $\text{Bi}_2\text{O}_5$  məlumdur. Bismut 3-oksidi  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  sarı, bismut 4-oksidi  $\text{Bi}_2\text{O}_4$  tutqun sarı, bismut 5-oksidi  $\text{Bi}_2\text{O}_5$  isə tutqun-qırmızı rənglidir. Bismut 5-oksidi zəif bismutat turşusunun anhidrididir. Bismut 5-oksidi qələvilərdə həll olaraq bismutat turşusunun duzlarını əmələ gətirir. Məsələn:



Bismut 5-oksidi durulaşdırılmış nitrat və sulfat turşularında həll olmur. O, xlorid turşusunda həll olduqda sərbəst xlor ayrılır:



Natrium-bismutat qüvvətli oksidləşdirici kimi analizdə tətbiq olunur.

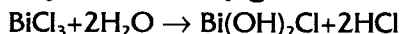
Bismut metalı durulaşdırılmış nitrat və isti qatı sulfat turşusunda yaxşı həll olur.

Bismut duzları suda həll olduqda üçvalentli bismut ionu əmələ gətirir. Üçvalentli bismut ionları rəngsiz olub, asanlıqla hidroliz edir və nəticədə əsasi duz əmələ gətirir. Bismutun əsasi duzlarında bismutil adlanan  $\text{BiO}^{\cdot}$  qalığı iştirak edir.

Bismutun əsasi duzları suda həll olmur, lakin qatı turşularda həll olur.

*Bi<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.* Məhlulda bismut ionları rəngsizdir.

1. Bismut duzlarının hidrolizi. Bismut 3-xlorid məhlulunu su ilə durulaşdırdıqda, əsasi duzdan ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gəlir. Hidroliz reaksiyası əvvəlcə aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu reaksiya nəticəsində əmələ gələn əsasi duzun tərkibində iki hidrosil qrupu vardır. Lakin əmələ gələn maddə sabit olmadığı üçün dərhal bir molekul su ayrılır və nəticədə  $\text{BiOCl}$  tərkibli çöküntü əmələ gəlir. Burada iki hidrosil qrupu əvəzinə bir ikivalentli oksigen atomu yerləşir.

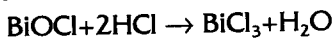
Bismut-nitrat da hidroliz edərək  $\text{BiONO}_3$  tərkibli çöküntü əmələ gətirir.

Qeyd etmək lazımdır ki,  $\text{BiONO}_3$  çöküntüsü  $\text{BiOCl}$ -a nisbətən nəzərə çarpacaq dərəcədə yaxşı həll olur.



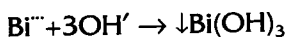
Bismut duzlarının hidrolizi nəticəsində alınan birləşmələrin tərkibinə daxil olan birvalentli O=Bi- qrupu bismutil adlanır. Ona görə də BiOCl bismutil-xlorid, BiONO<sub>3</sub> isə bismutil-nitrat adlanır.

Bismutil birləşmələrinin əmələ gəlmə reaksiyaları dənərdir. Ona görə də onlara xlorid turşusu ilə təsir etdikdə və qızdırdıqda həll olurlar. Məsələn:

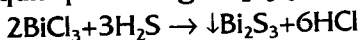


Əmələ gəlmiş məhlulu su ilə durulaşdırdıqda, bismutil duzundan ibarət çöküntü yenidən alınır.

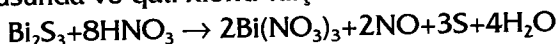
2. Qələvi məhlulları ilə bismut ionları ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



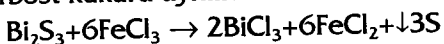
3. Hidrogen-sulfidlə bismutun turşulaşdırılmış məhlullarını doydurduqda, tutqun-qonur rəngli Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> çöküntüsü alınır:



Əmələ gəlmiş çöküntü soyuq mühitdə durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur. O, qaynadıldıqda durulaşdırılmış nitrat turşusunda və qatı xlorid turşusunda həll olur:



Bismut-sulfid çöküntüsü dəmir 3-xlorid məhlulunda həll olur və nəticədə sərbəst kükürd ayrılır:

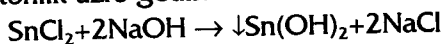


4. Kalium- və ya natrium-stannit məhlulu qələvi mühitdə bismut ionunu sərbəst metala qədər reduksiya edir.

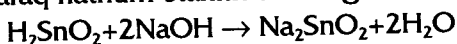
Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Əvvəlcə natrium-stannitin təzə məhlulunu hazırlayın. Bunun üçün sınaq şüşəsinə 2-3 damcı qalay 2-xlorid məhlulu tökün. Sonra da 2N natrium- və ya kalium-hidroksid məhlulundan əmələ gələn ilk çöküntü həll oluncaya qədər damcı-damcı əlavə edin (qarıxıq zəif bulanıq halında qala bilər).

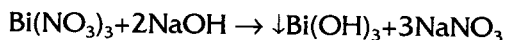
Alınan məhlul şiddətli qələvi xassəyə malik olmalıdır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



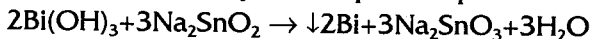
Amfoter xassəyə malik olan qalay 2-hidroksid reaktiv artığında həll olaraq natrium-stannit əmələ gətirir:



Bundan sonra bismut-hidroksid çöküntüsünü hazırlayın. Bunun üçün bismut duzuna natrium-hidroksid məhlulu ilə təsir edin:



Əmələ gəlmiş çöküntü üzərinə əvvəlcə hazırlanmış natrium-stannit məhlulundan damcı-damcı tökün. Bismut metalının əmələ gəlməsi nəticəsində çöküntü qaralacaq:



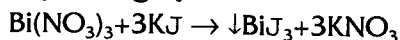
Natrium-stannat metastannat turşusunun duzudur.

Göstərilən reaksiya bismutun mühüm reaksiyalarından biri olub, analizdə tətbiq edilir.

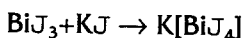
Bismut ionunun natrium-stannitlə reduksiyasını aşağıdakı kimi də aparmaq olar:

Çini lövhənin yuvacığına xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhluldan bir damcı damızdırın. Onun üzərinə bir damcı qurğuşun-xlorid qarışığı və iki damcı da natrium-stannit məhlulu əlavə edin. Qara rəngli çöküntünün əmələ gəlməsi bismut ionunun olmasını göstərir.

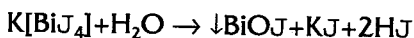
5. Kalium-yodidlə bismut duzlarının turşulaşdırılmış məhluluna təsir etdikdə, qara rəngli çöküntü alınır:



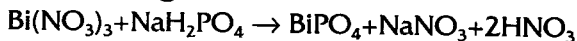
Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında həll olaraq tutqunarıncı rəngə boyanır:



Qarışığı su ilə durulaşdırdıqda, bismutil-yodiddən ibarət narıncı rəngli çöküntü alınır:



6. Natrium-monohidrofosfat məhlulu bismut duzları ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



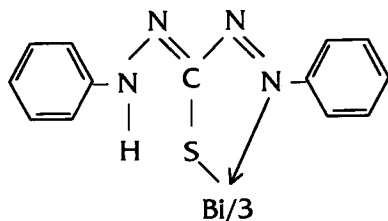
Əmələ gəlmiş bismut-fosfat çöküntüsü bütün kationlardan fərqli olaraq durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmur; lakin qatı xlorid turşusunda həll olur.

7. Mikrokristalloskopik reaksiya. Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı bismut-xlorid məhlulu damızdırın. Onun da üzərinə kalium-yodidin və rubidium-xloridin (və ya sezium-xloridin CsCl) kiçik bir kristalını qoyun. Qırmızı rəngli altı guşəli kristallardan

ibarət  $Rb_2[BiJ_5] \cdot 2,5H_2O$  və ya  $Cs_2[BiJ_5] \cdot 2,5H_2O$  tərkibli kompleks birləşmənin alınması bismut ionunun olmasını göstərir.

Bismutda olduğu kimi stibium da çöküntü əmələ gətirir. Dördvalentli qalay və qurğuşun ionları artıq miqdarda olduqda, təsvir edilən üsulla bismutu təyin etmək çətinləşir.

8. Ditizonun  $C_6H_5 \cdot NH \cdot NH \cdot CS \cdot N \cdot N \cdot C_6H_5$  karbon 4-xloriddə həll edilmiş məhlulunu turşulaşdırılmış və durulaşdırılmış bismut duzu məhlulu ilə çalxaladıqda, reaktivin yaşıl rəngi narıncı-sarı rəngə çevrilir. Bunun səbəbi bismut-ditizonat daxili kompleks duzunun alınmasıdır:



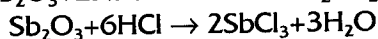
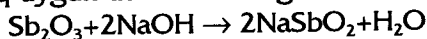
#### 6.4.7. Stibium

Stibium parıldayan gümüşü-boz rəngli metaldir. Havada asanlıqla tutqunlaşır. Nəmli yerdə yavaş-yavaş oksidləşir. Stibium üç oksid əmələ gətirir: stibium 3-oksidi  $Sb_2O_3$ , stibium 4-oksidi  $Sb_2O_4$  və stibium 5-oksidi  $Sb_2O_5$ .

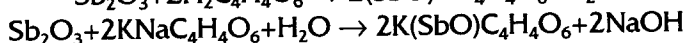
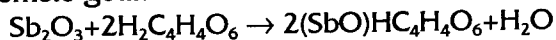
Stibiumun oksidləri amfoter xassəyə malikdir. Bununla belə stibium 3-oksiddə əsaslıq xassəsi, stibium 5-oksiddə isə turşuluq xassəsi üstünlük təşkil edir.

Stibium 3-oksiddə suda həll olmayan ortostibiit turşusu  $H_3SbO_3$  və metastibiit turşusu  $HSbO_2$  uyğun gəlir.

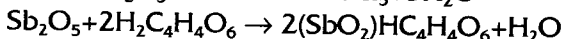
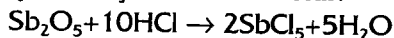
Stibium 3-oksidi yeyici qələvilərdə və habelə mineral turşularda həll olaraq uyğun duzlar əmələ gətirir:



Stibium 3-oksidi çaxır turşusunda və seqnet duzu  $KNaC_4H_4O_6$  məhlulunda asanlıqla həll olur və nəticədə antimonil-tartrat əmələ gətirir:



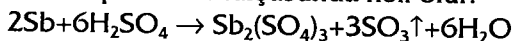
Stibium 5-oksidi solğun-sarı rəngli olub, suda həll olmur; lakin qatı xlorid və çaxır turşularında həll olur:



Stibium 5-oksidi ortostibiati turşusu  $\text{H}_3\text{SbO}_4$ , metastibiati turşusu  $\text{HSbO}_3$  və pirostibiati turşusu  $\text{H}_4\text{Sb}_2\text{O}_7$  uyğun gəlir. Göstərilən turşular təzə hazırlandıqda kalium-hidroksiddə həll olur; lakin natrium-hidroksiddə həll olmur.

Stibium 4-oksidi  $\text{Sb}_2\text{O}_4$  aralıq oksid olub, antimonil metastibiati turşusuna  $\text{SbO}\cdot\text{SbO}_3$  uyğun gəlir.

Stibium isti və qatı sulfat turşusunda həll olur.

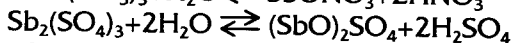
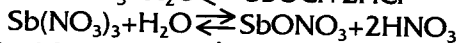
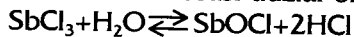


Qatı nitrat turşusu ilə stibium metalını qaynatdıqda beş valentə qədər oksidləşir:



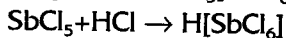
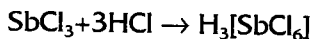
Ortostibiati turşusunun duzu məlum deyildir. Beşvalentli stibium duzlarının əksəriyyəti meta- və ya pirostibiati turşusunun törəmələridir. Kalium-metastibiati  $\text{KSbO}_3$  suda yaxşı həll olur, lakin natrium-metastibiati  $\text{NaSbO}_3$  suda pis həll olur. Bundan başqa, kalium-dihidropirostibiati suda yaxşı, natrium-dihidropirostibiati isə suda pis həll olur.

Üç- və beşvalentli stibium ionunun bütün duzları asanlıqla hidroliz edir və nəticədə əsasi duzlar əmələ gətirir. Məsələn, üçvalentli stibiumun xlorid, nitrat və sulfatları hidroliz edərək aşağıda göstərilən tənliklər üzrə əsasi duzlar əmələ gətirir:



Əmələ gələn əsasi duzlara turşularda olan hidrogenin birvalentli  $\text{SbO}\cdot$  ilə əvəz olunması məhsulu kimi baxmaq olar.  $\text{SbO}\cdot$  ionu stabil və ya antimonil adlanır.

Stibium 3-xlorid və stibium 5-xlorid xlorid turşusu ilə birləşərək heksaxloro-stibiati və ya heksaxloro-stibanat kompleks turşularını əmələ gətirir:

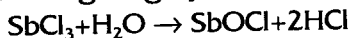


Stibium 3-sulfid və stibium 5-sulfid qatı xlorid turşusunda, ammonium-sulfid və ammonium polisulfiddə, habelə natrium-

və kalium-sulfiddə həll olur və tərkibində  $SbS_3'''$  və  $SbS_4'''$  ionları olan tioduzlar əmələ gətirir.

*Sb''' ionunun reaksiyaları.*  $Sb'''$  ionları rəngsizdir. Reaksiyaları aparmaq üçün  $SbCl_3$  məhlulu götürülür.

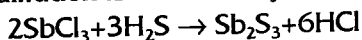
1. Hidroliz. Tərkibində stibium ionu olan məhlulu 2-3 dəfə su ilə durulaşdırdıqda, stibium duzları hidroliz edir və stibixloriddən  $SbOCl$  ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gəlir.



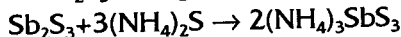
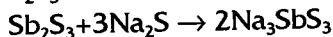
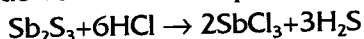
Göstərilən reaksiya ilə stibiumun təyin edilməsinə yalnız bismut kationu mane olur; çünki bismut duzları da asanlıqla hidroliz edərək bismutil-xlorid və ya bismutil-nitrat çöküntüsü əmələ gətirir. Stibiumla bismut duzları qarışığına nitrat turşusu mühitində su əlavə etdikdə, o zaman bismut duzları hidroliz etmir, lakin stibium duzları hidroliz edir. Bu məqsədlə stibium və bismut kationları bir yerdə olan məhlulun üzərinə bərabər həcm-də durulaşdırılmış nitrat turşusu və sonra da 2-3 həcm artıq su əlavə edirlər.

Nəticədə stibium duzları hidroliz edərək çöküntü əmələ gətirir, bismut duzları isə həll olur.

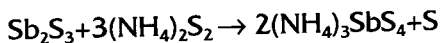
2. Hidrogen-sulfidlə xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış stibium duzları məhluluna təsir etdikdə, səciyyəvi açıq narıncı rəngli stibium 3-sulfiddən ibarət amorf çöküntü əmələ gəlir:



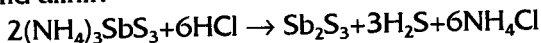
Əmələ gəlmiş çöküntü xlorid turşusunda, natrium-sulfiddə, ammonium-sulfiddə və ammonium-polisulfiddə həll olur:



Amomnium-polisulfid stibium 3-sulfidi stibium 5-sulfidə qədər oksidləşdirir ki, o da polisulfidin artığında həll olur və sərbəst kükürd ayrılır:

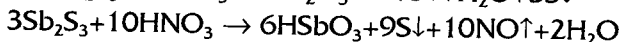
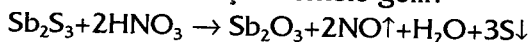


Əmələ gəlmiş ammonium-tiostibat qaynadıldıqda və durulaşdırılmış mineral turşuların təsirindən parçalanır və yenidən stibium 3-sulfid alınır:

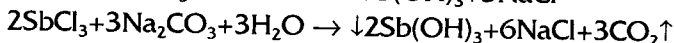
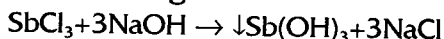


Stibium 3-sulfid arsen 3-sulfiddən fərqli olaraq ammonium-hidroksiddə və ammonium-karbonatda demək olar ki, həll olmur.

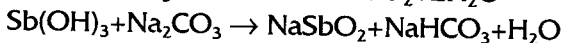
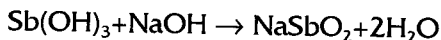
Stibium 3-sulfidə durulaşdırılmış nitrat turşusu ilə təsir etdikdə, stibium 3-oksidi; lakin qatı nitrat turşusu ilə təsir etdikdə, çətin həll olan metastibiat turşusu əmələ gəlir:



3. Qələvi metalların hidrokسيد və karbonatları stibium duzları ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:

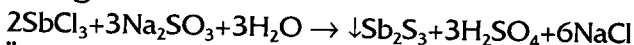


Əmələ gəlmiş çöküntü reaktivlərin artığında az və ya çox dərəcədə həll olur:

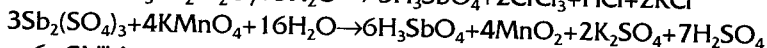
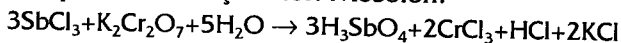


Stibium 3-hidroksid ammonium-hidroksid və ammonium-karbonat məhlullarında həll olmur.

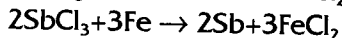
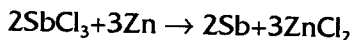
4. Natrium-tiosulfatın təsiri. Stibium duzlarının zəif turş məhlulu, natrium-tiosulfat məhlulu ilə qaynadıldıqda stibium 3-sulfid əmələ gətirir:



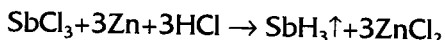
5. Üçvalentli stibiumun oksidləşmə reaksiyaları. Bir sıra oksidləşdiricilər üçvalentli stibium duzlarına təsir edərək onu beşvalentə qədər oksidləşdirirlər. Məsələn:



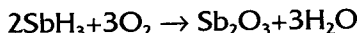
6.  $\text{Sb}^{III}$  ionunun reduksiya reaksiyaları. a) sink, dəmir, alüminium metalları üçvalentli stibium duzlarına təsir edərək reduksiya edir və qara rəngli, kirkəli metal stibiumdan ibarət çöküntü əmələ gətirir:



b) Stibium-hidridin alınması. Üçvalentli stibium birləşmələrinə atomar hidrogenlə təsir etdikdə, arsendə olduğu kimi stibium-hidrid alınır:



Stibium-hidrid rəngsiz, iysiz olub, çox zəhərlidir. O göyümtül-yaşıl rəngli alovla yanaraq stibium 3-oksidi əmələ gətirir:



7. Metil-bənövşəyinin təsiri. Sınaq şüşəsinə bir damcı analiz edilən məhlul, 3-damcı xlorid turşusu, bir damcı 1N  $\text{KNO}_2$  və ya  $\text{NaNO}_2$  məhlulu tökülür. O zaman üçvalentli stibium  $[\text{SbCl}_6]^-$  ionuna qədər oksidləşir. Ən azı bir dəqiqə gözlədikdən sonra nitrat ionunun artığını parçalamaq üçün bir damcı doymuş karbamid məhlulu əlavə edilir. Alınan qarışıq su ilə 3 ml-ə qədər durulaşdırılır və üzərinə 3-4 damcı 0,06%-li metil-bənövşəyi məhlulu əlavə edilərək çalxalanır. İşıqda bənövşəyi rəngli məhlulun alınması stibiumun olmasını göstərir. Stibium olmadıqda, məhlul sarı-yaşıl rəngli olur.

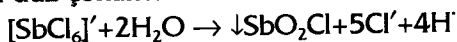
Metil bənövşəyi məhlulunu bənövşəyi rəngli mürəkkəblə də əvəz etmək olar. Bunun üçün sınaq şüşəsinə 2 ml su və bir damcı 7-8 N xlorid turşusu və bir damcı da mürəkkəb əlavə edilir. Beləliklə, hazırlanmış rəngsiz məhlul 2 damcı ammonium-rodanid məhlulu əlavə edildikdə rəngini dəyişməməlidir. Lakin 3-4 damcı 20%-li ammonium-rodanid məhlulu əlavə etdikdə bənövşəyi rəngə boyanmalıdır.

8. Fosformolibden turşusunun  $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$  1-2 damcı 5%-li məhlulu ilə süzgəc kağızını isladib qurutduqdan sonra üzərinə bir damcı üçvalentli stibium duzu məhlulu damızdırıb, əmələ gələn ləkəni 1-2 dəqiqə su buxarı üzərində tutduqda, intensiv göy rəng alınacaqdır. Burada altivalentli molibden molibden göyünün alınması ilə reduksiya olunur (aşağa valentli molibdenin müxtəlif birləşmələrinin qarışığı).

Həmin reaksiyanın getməsinə ikivalentli qalay ionları mane olur.

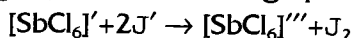
*Sb<sup>III</sup> ionunun reaksiyaları.* Beşvalentli stibium ionları rəngsizdir.

1. Hidroliz. Stibium duzu məhlulunu su ilə durulaşdırdıqda ağ rəngli əsasi duz çöküntüsü alınır:



Əmələ gəlmiş çöküntünü xlorid turşusu artığında qızdırdıqda həll olur.

2. Kalium-yodid məhlulu turş mühitdə beşvalentli stibium duzlarını üçvalentə qədər reduksiya edir. Bu reaksiya nəticəsində sərbəst yod alındığı üçün məhlulun rəngi qonurlaşır:



3. Yeyici qələvilər və ammonium-hidroksid beşvalentli stibium duzları ilə metastəbiat turşusundan ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir.

4. Sink, maqnezium, qalay, alüminium və dəmir metalları beşvalentli stibium duzlarını sərbəst metala qədər reduksiya edir.

5. Stibiumu Qutsayt reaksiyası ilə də təyin etmək olar (həmin reaksiya arsenlə olduğu kimi aparılır).

#### 6.4.8. IV qrup kationları qarışığı analizinin ardıcıl gedişi

Dördüncü qrup kationları, üçüncü qrup kationlarından fərqli olaraq, qələvilər və beşinci qrup kationlarından fərqli olaraq ammonium-hidroksidlə suda həll olmayan çöküntü əmələ gətirirlər. Dördüncü qrup kationları qarışığında stibium olduqda o həmişə çöküntü şəklində olur. Çünki stibium duzlarının həll olması üçün qüvvətli turş mühit yaradılmalıdır. Hətta məhlulu bir az su ilə durulaşdırdıqda stibium əsasi duz şəklində çökür. Belə halda bismut da hidrolizə uğrayır; lakin o qismən süzüntüyə keçir. Məhlulun turşuluğu bir qədər artıq olduqda bismutun əsas duzu bir qədər həll olur.

Dördüncü qrup kationları qarışığından ibarət məhlul çöküntülü olduqda, o süzülür və süzüntüdə bismut və stibium ionlarının olması hidroliz reaksiyası ilə yoxlanılır. Bunun üçün süzüntünün bir azı üzərinə bir-iki damcı NaCl məhlulu töküüb, su ilə durulaşdırılır. Həmin təcrübəni çöküntü olmadıqda da bismut ionu üçün aparmaq lazımdır. Göstərilən təcrübə zamanı hidroliz baş verdikdə bütün məhlulun üzərinə 2-3 damcı NaCl məhlulu tökülür. Su ilə şiddətli durulaşdırılır, qarşdırılır və süzülür. Çöküntü əvvəlki çöküntü ilə birləşdirilir və orada bismut ilə stibium təyin edilir.



1. Çöküntünün analizi. Çöküntünün üzərinə 1:1 nisbətində durulaşdırılmış nitrat turşusu tökülür, qarışdırılır və qızdırılır. O zaman bismutun əsasi duzu məhlulə keçir. Süzüntü soda ilə neytrallaşdırılır və bismut qələvi mühitdə natrium-stannit reaksiyası ilə təyin edilir. Bundan başqa bismutu kalium-yodid və ya hidroliz üsulu ilə də yoxlamaq lazımdır.

Bismut təyin edilərsə çöküntünü yenidən nitrat turşusu və su ilə bir neçə dəfə işləyib, sonra da süzmək lazımdır.

Qalan çöküntü su ilə yuyulur, qatı xlorid turşusunda həll edilir.

a) Məhluldan bir az götürülür, su ilə durulaşdırılır və hidrogen-sulfid buraxılır. Narıncı rəngdə  $Sb_2S_3$  tərkibli çöküntünün alınması stibiumun olmasını göstərir.

b) Məhlulun qalan hissəsi üzərinə bulanıq alınıncaya qədər soda tökülür. Qarışıqın üzərinə tartrat turşusu və natrium-tiosulfat kristalları töküüb qızdırılır.  $Sb_2OS_2$  tərkibli qırmızı rəngli çöküntünün alınması stibium ionlarının olmasını göstərir.

2. Süzüntünün ilkin yoxlanılması. Süzüntünün hər 2-3 damcısını götürüb, aşağıdakı ilkin yoxlamalar aparılır:

Üçvalentli dəmir. a) Xlorid turşusu mühitində analiz edilən məhlulun üzərinə sarı qan duzu məhlulu əlavə edərkən göy rəngli Berlin abısından  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  ibarət çöküntünün alınması üçvalentli dəmirin olmasını göstərir.

b) Analiz edilən məhlulun 2-3 damcısı üzərinə 1-2 damcı ammonium-rodanid məhlulu əlavə edərkən intensiv qırmızı rəngin alınması üçvalentli dəmirin olmasını göstərir.

İkivalentli dəmir. Xlorid turşusu mühitində analiz edilən məhlulun 1-2 damcısı üzərinə qırmızı qan duzu  $K_3[Fe(CN)_6]$  məhlulu əlavə edərkən turnbul abısından  $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$  ibarət çöküntünün alınması ikivalentli dəmirin olmasını göstərir.

Manqan. Xlorid ionlarından azad edilmiş analiz edilən məhluldan götürüb, üzərinə ammonium-persulfat,  $PbO_2$ ,  $Pb_3O_4$  və ya  $K_2O_4$  əlavə etməklə kalium-permanqanat məhlulunu almaq yolu ilə ikivalentli manqan təyin edilir. İşin gedişi manqan bölməsində göstərilmişdir.

Qeyd: Analiz edilən məhlulda xlorid ionlarını kənar etmək üçün, məhluldan 2-3 damcı götürüb üzərinə qələvi məhlulu tökülür. Çöküntü, xlorid ionları mənfi reaksiya verincəyə qədər su ilə yuyulur. Alınan çöküntü qatı nitrat turşusunda həll edilir.

3. Süzüntünün analizi.  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  və  $Mg^{2+}$  ionlarından ibarət süzüntünün üzərinə, zəif qələvi reaksiya alınincaya qədər qələvi məhlulu və bir neçə damcı hidrogen-peroksid məhlulu tökülür. Hidrogen-peroksidin artığı tam parçalanincaya qədər qaynadılır. Çöküntü 2N xlorid turşusunda həll edilir. O zaman  $Fe(OH)_3$  və  $Mg(OH)_2$  həll olur, lakin  $MnO_2$  çöküntüdə qalır. Çöküntü süzülməklə məhluldan ayrılır.

Cədvəl 15. Dördüncü qrup kationları qarışığı analizinin gedişi sxemi

İlkin yoxlamalar

1. Hidrolizi yoxlamaq.
2. Üçvalentli dəmiri sarı qan duzu və ya ammonium-rodanid ilə yoxlamaq.
3. Xlorid turşusu mühitində ikivalentli dəmiri qırmızı qan duzu ilə yoxlamaq.
4. Gümüş-nitratın iştirakı ilə ikivalentli manqanı ammonium-persulfat,  $PbO_2$ ,  $Pb_3O_4$  və ya  $K_2O_4$  ilə yoxlamaq.

1. Dördüncü qrup kationları qarışığına su töküb qızdırılır və süzülür			
2. Çöküntü $BiOCl$ və $SbOCl$ (1:1) nitrat turşusunda həll edilir, süzülür		5. Süzüntü: $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Mn^{2+}$ , $Mg^{2+}$ . Üzərinə qələvi və $H_2O_2$ tökülür. Çöküntü 2N HCl-da həll edilir və süzülür	
3. Çöküntü $SbOCl$ qatı HCl-da həll edilir, soda ilə neytrallaşdırılır. Stibium təyin edilir. a) $H_2S$ ilə; b) Tartrat turşusu iştirak etməklə $Na_2S_2O_3$ ilə	4. Süzüntü $Bi(NO_3)_3$ soda ilə neytrallaşdırılır və bismut təyin edilir: a) natriumstannit ilə; b) $KJ$ ilə	6. Çöküntü $MnO_2$ hidrogen-peroksidin iştirakı ilə qatı $HNO_3$ -də həll edilir və fərdi reaksiyalarla təyin edilir.	7. Süzüntü: dəmir və maqnezium xloridlər üzərinə qatı $NH_4OH$ və $NH_4Cl$ əlavə edilib, süzülür.
			Çöküntü: $Fe(OH)_3$ 2N HCl-da həll edilir və dəmir yenidən təyin edilir

**Maqnezium.** Süzüntünün üzərinə qələvi reaksiya alınincaya qədər qatı ammonium-hidroksid və  $NH_4Cl$ -in bir neçə kristal tökülür və qızdırılır.  $Fe(OH)_3$  çökür, maqnezium ionları isə məhlulda qalır. Süzüntüdə maqnezium natrium-monohidrofosfatla təyin edilir.

**Manqan.**  $MnO_2$ -dən ibarət çöküntü qatı nitrat turşusunda həll edilir və manqan ionları yenidən təyin edilmək üçün yoxlanılır.

## 6.5. DÖRDÜNCÜ KOLLOKVİUMA AİD SUAL VƏ ÇALIŞMALAR

1. Dördüncü qrup kationları hansılardır?

2.  $Mn^{2+}/Mn$  cütün normal oksidləşmə potensialı - 1,10v bərabərdir. Bu cüt ilə normal hidrogen elektrodundan qalvanik element təşkil olunduqda onun işi zamanı hansı proseslər baş verəcək? Ümumi reaksiya tənliyini tərtib edin.

3.  $Sb^{3+}/Sb$  və  $2H^+/H_2$  cütlərindən təşkil olmuş element üçün də həmin suallara cavab verin.

4.  $Mn^{2+}$  ionun qatılığı a) 2 q-ion/l; b) 0,005 q-ion/l bərabər olduqda  $Mn^{2+}/Mn$  cütün oksidləşmə potensialı nəyə bərabərdir?

Cavab: a)  $E = -1,091$  v; b)  $E = -1,167$  v.

5. Normal hidrogen elektrodu və  $Ni^{2+}$  ionların qatılığı 0,01 q-ion/l  $Ni^{2+}/Ni$  cütündən təşkil olunmuş elementin e.h.q. 0,288v bərabərdir. Burada nikel elektrodu mənfə qütb rolunu oynayır.  $Ni^{2+}/Ni$  cütünün normal oksidləşmə potensialını təyin edin.

Cavab:  $E_0 = -0,230$  v.

6.  $Sn^{4+}$  və  $Sn^{2+}$  ionlarının qatılıqları uyğun olaraq 0,001 q-ion/l və 0,1 q-ion/l bərabər olduğu halda  $Sn^{4+}/Sn^{2+}$  cütün oksidləşmə potensialı nəyə bərabərdir?

Cavab:  $E = 0,092$  v.

7.  $[MnO_4^-] = [Mn^{2+}]$  və hidrogen ionlarının qatılığı a) 1 q-ion/l; b)  $10^{-5}$  q-ion/l bərabər olduqda permanınatın turş mühidə oksidləşmə potensialı nəyə bərabərdir?

Cavab: a) 1,51v; b) 1,046v.

8.  $Sn^{4+}$  və  $Fe^{3+}$  ionlarının hər birisinin qatılığı 0,01 q-ion/l,  $Sn^{2+}$  və  $Fe^{2+}$  ionlarının hər birisinin qatılığı isə 1 q-ion/l bərabər olduqda,  $Sn^{4+}/Sn^{2+}$  və  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cütlərdən təşkil olunmuş elementin e.h.q. nəyə bərabərdir?

Cavab: 0,794v.

9.  $Mn^{2+}$  kationu ammonium-persulfat ilə oksidləşdirən zaman gülmüş-nitratın rolu necədir?

10.  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  kationlar qarışığını necə ayırmaq olar? Kimyəvi reaksiya tənliklərini yazın.

11. Manqanın elementlərin dövrü sistemindəki vəziyyətini xarakterizə edin.

12. Manqanın müxtəlif şəraitdə müxtəlif ionlarının sabitliyini xarakterizə edin.

13. Manqanın mühüm çətin həll olan birləşmələrini sayın.

14. Turş mühitdə  $K_2Cr_2O_7$ -in təsirlə a)  $Fe^{2+}$ -nin  $Fe^{3+}$ -ə, b)  $AsO_3^{3-}$ -ün  $AsO_4^{3-}$ -a, v)  $Mn^{2+}$ -nin  $MnO_4^{-}$ -a; q)  $SO_3^{2-}$ -ün  $SO_4^{2-}$ -ün  $S_2O_8^{2-}$ -a oksidləşdirmək olarmı?

15. Vəsfı analizdə tətbiq edilən manqan ionunun mühüm reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

16.  $Sn^{2+}$  ionların təsirlə a)  $Br_2$ -ni  $Br^{-}$ -ə, b)  $Fe^{2+}$ -ü metallik  $Fe$ -a; v)  $Fe^{2+}$ -ü  $Fe^{3+}$ -yə reduksiya etmək olarmı?

17. İkivalentli manqan ionunun qələvi mühitdə oksidləşməsi necə gedir? Reaksiya tənliyini yazın.

18. Manqanat ionunun reduksiya reaksiyasının tənliklərini yazın.

19. Dəmir elementinin ümumi xassələrini təsvir edin.

20. Dəmirin məhlulda rast gələn müxtəlif ionlarının və mühüm çətin həll olunan birləşmələrinin rənglərini göstərin.

21. Dəmir 2-hidroksidin havanın oksigeni ilə oksidləşməsi reaksiya tənliyini yazın.

22. İki və üçvalentli dəmirin mühüm kompleks birləşmələrini göstərin, onların alınma reaksiya tənliklərini yazın. Əmələ gələn kompleks çöküntülərin həllolma reaksiya tənliklərini yazın.

23. Maqnezium-hidroksid çöküntüsünün ammonium-xlorid məhlulunda həll olması reaksiya tənliyini yazın və onun səbəbini izah edin.

24. Maqnezium ionunu, ammonium-hidroksid iştirak etdikdə natrium-monohidrofosfat ilə çökdürən zaman, ammonium-xlorid məhlulunu tökmək nə üçün zəruridir?

25. Maqnezium ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və onların reaksiya tənliklərini yazın.

26. Bismutun mühüm çətin həll olan birləşmələrini göstərin.

27. Bismut ionunun və onun mühüm birləşmələrinin rənglərini göstərin.

28. Bismutun mühüm oksid və hidroksidlərini göstərin.

29. Bismut ionunun kompleks birləşmə əmələ gətirmə meylini səciyyələndirin.
30. Bismut ionunun bütün səciyyəvi reaksiyasını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.
31. Bismut-sulfidin mühüm xassələrini göstərin.
32. Bismut ionlarını natrium-stannit məhlulu ilə təyin edərkən nə üçün  $\text{Na}_2\text{SnO}_2$ -nin təzə hazırlanmış məhlulundan istifadə etmək tövsiyə olunur?
33. Stibiumun əsas filizlərini göstərin.
34. Stibiumun mühüm ionlarının və onların birləşmələrinin rənglərini göstərin.
35. Üç və beş valentli stibiumun halogen birləşmələrini göstərin. Üç və beş valentli stibiumun duzlarının hidroliz reaksiyası tənliklərini yazın.
36. Stibiumun kompleks birləşmə əmələ gətirməsi meylini göstərin. Stibiumun əmələ gətirdiyi mühüm kompleks ionlarını göstərin.
37. Metastibiat turşusunun xlorid turşusunda həll olması reaksiya tənliyini yazın.
38. Stibiumun sulfid birləşmələrinin xassələrini göstərin və onların alınması reaksiya tənliklərini yazın.
39. Stibiumun sulfid birləşmələrinin qələvi, ammonium-əsassi və polisulfid məhlullarında həll olmaları reaksiya tənliklərini yazın.
40. Stibium 3-sulfid və stibium 5-sulfidin xlorid turşusunda həll olması reaksiya tənliklərini yazın.
41. Stibium-sulfidin qatı xlorid turşusunda həll olması reaksiya tənliyini yazın.
42. Stibiumun alınması reaksiya tənliyini yazın və həmin birləşmənin əsas xassələrini göstərin.
43. Stibium ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliyini yazın.
44. Texniki əhəmiyyəti olan stibiumun mühüm ərinti və birləşmələrini göstərin.
45. Stibiumun çətin həll olan birləşmələrini həll etmək üçün ümumi üsul göstərin.

46. Dördüncü qrupun qrup reaktivini göstərin və onun kationlar ilə qarşılıqlı reaksiya tənliyini yazın.

47. Manqan və dəmir ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

48. Stibium, bismut və qalay ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

49. Qalay, arsen və stibium ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

50. Bismut, qalay, stibium, arsen sulfidləri bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

51. Dəmir və bismut ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

52. Xrom və manqan ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

53. Xrom və qurğuşun ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

54. Bismut və qurğuşun ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

55. Xrom, manqan, barium və qurğuşun ionları bir yerdə olduqda mümkün olan analiz sxemlərini tərtib edin.

## VII FƏSİL

### BEŞİNCİ QRUP KATIONLARI

Bu qrup kationların üzərinə artıq miqdar ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edərkən suda yaxşı həll olan kompleks duzlar - ammoniyaklar əmələ gəlir. Buna görə də bu fəsildə beşinci qrup kationlarının reaksiyaları və qarışığın analizinin öyrənilməsi ilə bərabər kompleks duzlar, onların quruluşu, davamlılığı və analiz üçün əhəmiyyətindən bəhs edilir.

#### 7.1. KÜTLƏLƏRİN TƏSİRİ QANUNU VƏ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏR

##### 7.1.1. Kompleks birləşmələr haqqında ümumi məlumat

Bir çox fiziki-kimyəvi və kimyəvi analiz üsullarının əsasını təşkil edən kimyəvi reaksiyalardan (turşu-əsas, oksidləşmə-reduksiya və kompleksəmələgəlmə) kompleks əmələgəlmə reaksiyaları analitik kimyada daha geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Burada xüsusilə üzvi liqandlarla kompleksəmələgəlmənin tədqiqinə geniş yer ayrılır. Müasir analitik kimyanı kompleks birləşmələr kimyasının və üzvi reagentlər haqqında təlimin inkişafı olmadan təsəvvür etmək olmaz.

Kompleks birləşmələr analizdə çoxdan tətbiq olunur. Həmin vaxtlar üsulun əsasını təşkil edən proseslərin kimyasını dərinlən təhlil etmədən, əsasən rəngli reaksiyaların əmələ gəlməsi ilə kifayətlənirdilər.

Kompleks birləşmələr kimyasının inkişafında və onların analizdə istifadə olunmasında üç dövrü göstərmək olar.

A.Vernerə qədər (1890-cı ilə qədər) olan birinci dövr. Bu dövrdə "Molekulyar komplekslərin" təbiəti heç aydın deyildi. 100 ilə yaxın dövrü əhatə edir. Hələ 1795-ci ildə akademik V.M.Severqin qoz qabığından alınan məhlulu təbii sular da demirin aşkar edilməsi və təyini üçün tətbiq etmişdir. Misin vəsfi və miqdarı təyini üçün ammoniyak kompleksinin əmələ gəlməsi reaksiyası tətbiq edilmişdir. 1844-cü ildə fosfat turşusunun molibdat vasitəsilə təyini üsulu nəşr edilmişdir, yəni fosforun

təyini üçün o zaman heteropoliturşular faktiki olaraq tətbiq edilmişdir. Dəmirin (III) ayrılması üçün onun xlorid kompleksinin efrilə ekstraksiyası tətbiq edilmişdir. Kobaltın vəsfi və miqdarı təyini üçün  $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftolun reagent kimi M.A.İlinski və Q.Knorre tərəfindən tətbiq edilməsi məlumdur.

İkinci dövr - A.Verner nəzəriyyəsinin çiçəklənməsi dövrüdür. O, 1891-ci ildə "molekulyar komplekslərin" stabil doymuş birləşmələrdən əmələ gəlməsini izah etmişdir. Bu dövr kompleks birləşmələrin sintezi və xassələrinin öyrənilməsinə yönələn işlərin intensiv inkişafı ilə xarakterizə olunur.

Akademik N.S.Kurnakov tiosidik cövhəri və quanidinlə, prof.L.A.Çuqayev oksimlərlə metalların komplekslərini tədqiq edib öyrənmişdir. Hal-hazırda Çuqayev reaktivi - dimetilqliksim nikelin təyini üçün ən yaxşı reaktiv hesab edilir. Q.Ley 1904-cü ildə misin qlikol birləşmələrini tədqiq etmişdir. L.A.Çuqayev və Q.Leyin işləri daxili kompleks birləşmələrin dərin tədqiqinin bünövrəsini qoymuşdur. Bu istiqamət hal-hazırda da inkişaf etməkdədir.

Üçüncü dövr - məhlulda kompleks birləşmələrin tədqiqi və onların fotometrik və digər analiz üsullarında geniş tətbiqi dövrüdür. Bu sahədə akademiklər İ.P.Alimarin, İ.V.Tananayev, A.K.Babko, Y.A.Zolotov, S.B.Savvin, Y.A.Karpov, Y.A.Bankovski, Ş.T.Talipov, H.B.Şahtaxinski, professorlar A.İ.Busev, İ.M.Korenman, İ.L.Bağbanlı, A.Ə.Verdizadə, M.K.Əhmədli və onların məktəbləri və bir çox digər alim kollektivləri tərəfindən çoxlu işlər aparılmışdır.

1965-ci ildə Moskvada İUPAK-ın XX konqresində A.K.Babkonun "Üçlü komplekslər və onların analizdə tətbiqi" mövzusunda məruzəsindən sonra dünyanın bütün laboratoriyalarında müxtəlifliqandlı komplekslərin tədqiqi inkişaf etdirilmişdir.

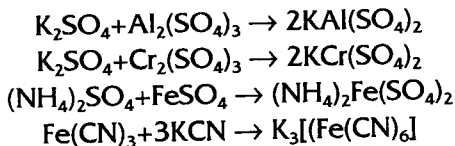
Kompleks birləşmələrin kimyasının inkişafı ilə bərabər üzvi reagentlərin qeyri-üzvi analizdə tətbiqi də inkişaf etdirilirdi.

### 7.1.2. İkiqat və kompleks duzlar

Ümumi kimya kursundan məlum olduğu kimi, turş və əsasi duzlardan başqa ikiqat və kompleks duzlar da məlumdur. Kationların reaksiyalarını öyrənərkən çox rast gəlinən və tərkib

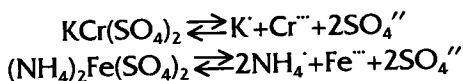


etibarilə mürəkkəb olan bu birləşmələr quruluşlarına görə adi valentlik rəbitəsinə tabe olurlar. Belə birləşmələrə alüminium zəyi  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , xrom zəyi  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , Mor duzu  $(NH_4)_2FeSO_4 \cdot 6H_2O$ , qırmızı qan duzu  $K_3[Fe(CN)_6]$  və s. daxildir. Həmin duzlar neytral olan bir neçə daha sadə elektroneytral molekulların bir-biri ilə birləşməsi nəticəsində əmələ gəlir. Məsələn:



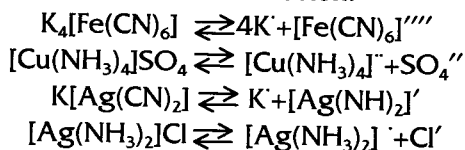
Alüminium zəyi, xrom zəyi və Mor duzunun suda məhlullarına ayrı-ayrılıqda ammonium-sulfid məhlulu ilə təsir etdikdə birinci halda ağ, pambıqvari  $Al(OH)_3$ , ikinci halda açıq göy rəngli  $Cr(OH)_3$  və üçüncü halda qara rəngli  $FeS$  çöküntüsü alınır. Bundan başqa vəsfi analiz üçün uyğun reaksiyaları vasitəsilə yuxarıda göstərilən duzların tərkibini təşkil edən  $K^+$ ,  $NH_4^+$  və  $SO_4^{2-}$  ionlarını da təyin etmək olar.

Buradan aydın olur ki, alüminium zəyi, xrom zəyi və Mor duzu daha mürəkkəb birləşmələr olsalar da, məhlulda dissosiasiya edir və nəticədə sadə duzların dissosiasiyasında olduğu kimi sadə ionlar əmələ gətirirlər. Beləliklə, onlar ikiqat duzlar adlanırlar. Məsələn:



Lakin kompleks duzlar da vardır ki, onlar istər quruluş, istərsə də suda məhlullarının xassələri etibarilə ikiqat və adi duzlardan fərqlənirlər. Belə ki, kompleks duzları suda həll edərkən, adi və ikiqat duzlardan fərqli olaraq onların tərkibinə daxil olan bütün ionları, təyin etmək olmaz. Məsələn, qırmızı qan duzu  $K_3[Fe(CN)_6]$  tərkibinə daxil olan kalium kationunu  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $KCl$  və s. duzların tərkibindəki kalium kimi təyin etmək mümkündür. Lakin qırmızı qan duzunun tərkibinə daxil olan üçvalentli dəmiri və birvalentli sianid qrupunu onlara xas olan reaksiyalar vasitəsilə təyin etmək mümkün deyildir.

Çünki təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, qırmızı qan duzu dissosiasiya edərkən nə üçvalentli dəmir ionu, nə də sianid ionu əmələ gətirmir. Lakin o üçvalentli kompleks ion  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  əmələ gətirir ki, həmin ion da ikivalentli dəmir kationu ilə abı rəngli  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$  çöküntüsü verir. Buradan aydın olur ki, kompleks duzlar adı və ikiqat duzlardan fərqli olaraq suda həll edildikdə kompleks ionlara dissosiasiya edirlər. Həmin kompleks ionlar, hər hansı bir metal ionunun müəyyən miqdarı ilə turşu qalığı, neytral molekullar, ya da bunların qarışığı ilə müəyyən şəkildə birləşməsindən ibarət olur. Məsələn:



Yuxarıda göstərilən kompleks duzların dissosiasiyasından alınan kompleks ionlar özlərinə məxsus reaksiyaya malikdirlər. Həmin kompleks ionların reaksiyaları, onların tərkibinə daxil olan ionların reaksiyalarından tamamilə fərqlidir. Məsələn:

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^-$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2]^{2+}$  və s. kompleks ionlarına xas olan reaksiyalar  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Co}^{2+}$  və s. ionlara aid deyildir.

Kristal qəfəsinin düyünlərində məhlulda sərbəst mövcud ola bilən kompleks ionlar yerləşən molekulyar quruluşlu birləşmələrə kompleks birləşmələr deyilir.

Vernerin koordinasiya nəzəriyyəsinə (1893-cü il) uyğun olaraq kompleks ion əmələ gələn zaman, özünə anionlar və ya neytral molekullar birləşdirən müsbət ion mərkəzi ion və ya kompleks əmələgətirici adlanır.

Kompleks əmələgətirici ionla birləşən və ya koordinasiya olunan anion və ya neytral molekullara addendlər və ya liqandlar deyilir. Kompleks duzlarda liqand ya anionlar (xlorid, sianid, rodanid ionları və s.), ya da polyar molekullar (su, ammoniyak və s.) ola bilər. Kompleks əmələgətirici ilə birləşə bilən (koordinasiya edə bilən) addendlərin sayını göstərən ədədə koordinasiya ədədi deyilir. Məsələn,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  və  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  kompleks ionlarında dəmir və gümüş kompleksəmələgətirici və ya mərkəzi

ion, sianid qrupu və ammoniyak isə addend və ya liqandlar adlanır. Göstərilən kompleks ionların formullarından aydın olur ki, dəmirin koordinasiya ədədi altıya, gümüşünkü isə ikiyə bərabərdir. Bu o deməkdir ki, dəmir ionu altı liqand, gümüş ionu isə iki liqandla birləşmiş və ya koordinasiya etmişdir.

Müxtəlif kompleks əmələ gətirən ionlar üçün koordinasiya ədədi çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Koordinasiya ədədinin praktiki əhəmiyyəti adi birləşmələrdəki valentliyin əhəmiyyəti qədərdir. Çünki koordinasiya ədədini bilməklə həmin birləşmənin formulunu düzgün yazmaq mümkündür.

Gümüş atomunun koordinasiya ədədi 2, ikivalentli kationlardan mis, kadmium, kobalt, sink, cıvının koordinasiya ədədi əsasən 4, ikivalentli dəmir, nikel, üçvalentli dəmir, xrom və kobaltın koordinasiya ədədi isə əsasən 6 olur. Bəzi kationların koordinasiya ədədi şəraitdən asılı olaraq dörd və ya altı olur. Bəzən koordinasiya ədədi 3 və ya 8 və s. ola bilər.

Kompleksəmələgətirici ionla liqandlar kompleks molekulun daxili sferasını təşkil edir. Əksər hallarda mənfəi və ya müsbət ionlardan ibarət xarici sfera mövcud olur. Məsələn, sarı qan duzu  $K_4[Fe(CN)_6]$  birləşməsində  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  daxili sferanı,  $K^+$  ionları isə xarici sferanı təşkil edir. Xarici sferanın ionları kompleks əmələgətirici ilə ion rabitəsi ilə birləşmişdir; yəni maddəni suda həll etdikdə həmin ionlar sərbəst şəkildə ayrılırlar. Əksinə, kompleksəmələgətirici ilə liqandlar arasındakı rabitə qeyri-ion xarakterli olub suda məhlullarda daxili sfera bütövlükdə kompleks ion şəklində mövcud olur.

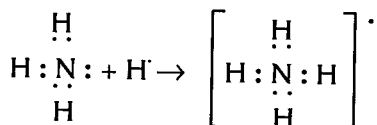
Ümumi kimya kursundan məlumdur ki, müxtəlif kompleks birləşmənin əmələ gəlməsi ionlar, atomlar və ya molekullar arasında koordinasiya və ya donor-akseptor rabitəsinin yaranması ilə əlaqədardır.

Bu tip rabitə ion rabitəsində olduğu kimi, elektronların bir atomdan digərinə keçməsi hesabına yox, birləşən hissəciyə xas olan "sərbəst" elektron cütünün hesabına əmələ gəlir. Kompleks duzlar əmələ gələn zaman liqand atomlarından birində həmişə "sərbəst" elektron cütü olur. Misal üçün ammoniyak, su molekullarına nəzər salaq:



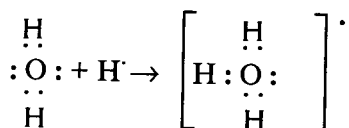
Yuxarıdakı sxemlərdən görünür ki, hər bir ümumi elektron cütü birləşən atomların ikisinin də iştirakı ilə yaranır. Bundan sonra da azotun bir cüt, suyun isə iki cüt "sərbəst" elektronu qalır. Azot həmin elektron cütünün hesabına yenidən hidrogen ionu ilə birləşir və o zaman azotun "sərbəst" qalan elektron cütü həm azot, həm də hidrogen atomları üçün ümumi olur.

Ammonyakla su və ya turşu məhlulunun qarşılıqlı təsirindən əmələ gələn ammonium ionunun formuluna diqqət yetirin:

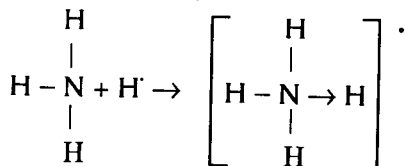


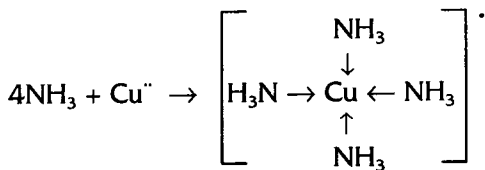
Beləliklə, əmələ gələn ammonium ionuna kompleks ion kimi baxmaq lazımdır.

Eləcə də su molekulu ilə hidrogen ionundan əmələ gələn hidroksonium ionu kompleks iondur:



Sərbəst elektron cütünü rəbitənin əmələ gəlməsinə təqdim edən atom və ya iona donor, həmin cütün yerləşməsi üçün boş orbital təqdim edən atom və ya iona isə akseptor deyilir. Koordinasiya rəbitəsi ( $\rightarrow$ ) ox ilə işarə edilir ki, o da donordan akseptora doğru yönəldilir. Məsələn,





Bir qayda olaraq, koordinasiya rəbitəsinin meydana çıxması və bununla da kompleks duzların əmələ gəlməsi radiusu böyük olan ionlara xasdır.

Tərkibindən asılı olaraq kompleks ionlar müsbət və mənfi yüklü ola bilərlər. Əgər kompleks ionun liqandı yalnız neytral molekulardan ibarətdirsə, o zaman onun yükü kompleks əmələgətirici ionun yükünə bərabər olar və bununla da ion müsbət yüklü olar. Məsələn,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  və ya  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  kompleks ionlarının yükü həmin birləşmələrdə gümüş və kobalt ionlarının yükü qədərdir və s.

Ümumiyyətlə, kompleks ionun yükü mərkəzi ionla liqandların yüklərinin cəbri cəminə bərabər olmalıdır. Məsələn,  $[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]^{3-}$  ionunun yükü  $(+3) + (-1 \times 6) = -3$  bərabərdir.

Bunları yadda saxlamaqla və kompleksəmələgətiricinin valentini bilməklə hər hansı kompleks birləşmənin kimyəvi formulunu asanlıqla yazmaq olar. Məsələn, sarı qan duzu molekulundakı dəmirin oksidləşmə dərəcəsinin +2 olduğunu bilməklə onun formulunu yazmaq olar. Həmin duzda dəmirin koordinasiya ədədi altıya bərabərdir; bu o deməkdir ki, dəmir atomu kompleks əmələ gətirən (akseptor) olub, 6 sianid qrupu (donor) ilə koordinasiya etmək qabiliyyətinə malikdir. Beləliklə, dəmir-sianid kompleks ionunun formulu  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  kimi olmalıdır. Göstərilən kompleks ionda dəmirin +2, hər sianid qrupunun isə -1 oksidləşmə dərəcəsi olmasına əsasən onun yükünü aşağıdakı kimi hesablamaq olar:  $(+2) + (-1 \times 6) = -4$ ; daha doğrusu, dəmir-sianid kompleks ionunun  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  oksidləşmə dərəcəsi mənfi dördür.

Ümumi kimya kursundan məlumdur ki, hər hansı molekulyar elektroneytraldır. Ona görə də dəmir-sianid kompleks ionu dörd müsbət yükə malik olan və ya müsbət yükünün sayı dördə bərabərdir.

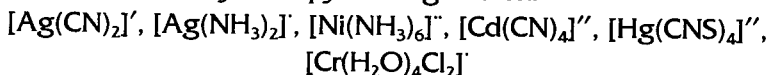
bər olan atomla birləşməlidir. Buradan da sarı qan duzunun formulunun  $[K_4(Fe(CN)_6)]$  olması aydın olur.

Hər hansı kompleks molekulunda mərkəzi ionun oksidləşmə dərəcəsinə də asanlıqla təyin etmək olar. Belə ki, kompleks birləşmənin tərkibində olan ayrı-ayrı elementlərin (komponentlərin) oksidləşmə dərəcələrinin cəbri cəmi sifra bərabərdir. Buna əsasən  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  kompleksində kobalt ionunun oksidləşmə dərəcəsinə ( $x$ -i) hesablayaq:

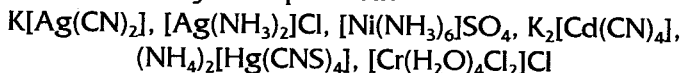
$$(+3)+x+(-6)=0$$

$$x=6-3=+3$$

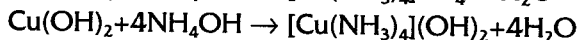
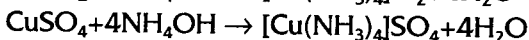
Göstərilən hesablamalardan istifadə edərək bəzi kompleks ionların formulunu yazaraq yükünü göstərək:



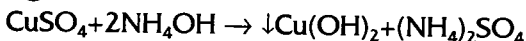
Bu kompleks ionlara uyğun gələn kompleks birləşmələrin kimyəvi formullarını yazmaq asandır:

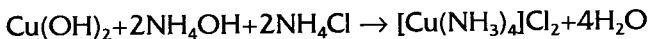


Koordinasiya ədədini və kompleks əmələgətirici ionun yükünü bilməklə hər hansı kompleks birləşmənin alınma reaksiyasının tənliyini yazmaq olar. Misal üçün götürülmüş üç sınaq şüşəsinin birinə mis 2-xlorid, ikincisinə mis 2-sulfat və üçüncüsünə əvvəlcədən hazırlanmış mis 2-hidroksid tökün. Sınaq şüşələrinin hər üçünə artıq miqdarda ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edin. Sınaq şüşələrinin hər üçündəki qarışıq intensiv göy rəngə boyanacaqdır. Hər üç halda misin ammoniyakat kompleksi alınacaqdır:

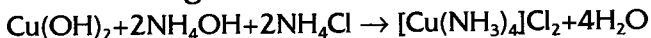


Qeyd etmək lazımdır ki, mis-ammonyakat kompleksinin əmələ gəlməsi iki mərhələdə gedir: birinci mərhələdə mis 2-hidroksid çöküntüsü alınır; ikinci mərhələdə isə alınan çöküntü ammonium-hidroksidin artığında həll olaraq ammoniyakat kompleksi əmələ gəlir:





Ammonium-hidroksidin qatı məhlulunu gətürdükdə reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Başqa bir misal kimi kobalt 2-nitratla ammonium-hidroksid və ammonium-rodanid məhlulları arasında gedən reaksiya tənliyini götürək. İkivalentli kobaltın koordinasiya ədədi 4-ə bərabərdir. Ona görə də onun əmələ gətirdiyi kompleks ion  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  və  $[\text{Co}(\text{CNS})_4]^{2-}$  olmalıdır.

Məsələn,



Beləliklə, müəyyən ionun yalnız koordinasiya ədədini bilməklə çətinlik çəkmədən kompleks duzun kimyəvi formulunu yazmaq olar. Lakin məlum şəraitdə müəyyən kompleks əmələ gətirən atom və ya ion üçün səciyyəvi olan maksimum koordinasiya ədədi əldə edilməyə bilər. Belə hallarda, necə deyirlər, koordinasiya doymamış birləşmə əmələ gəlir.

Liqandların çoxu, xüsusilə bütün mənfəi yüklü birvalentli ionlar, habelə ammoniyak, su, etil spirti, piridin və s. kompleks birləşmələrdə yalnız bir koordinasiya yeri tutmaq qabiliyyətinə malikdirlər. Bununla belə iki koordinasiya yeri tutan liqandlar da məlumdur. Məsələn, piridin  $\text{NH}_2\text{-NH}_2$ , etilendiamin  $\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$  molekulları, oksalat, karbonat, sulfat və s. ionları iki əlavə valentliklə birləşirlər. Hidrazin molekulu tərkibində olan azot atomlarının hər ikisi mərkəzi ionla donor-akseptor rabitə ilə birləşir.

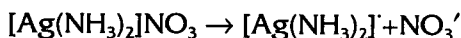
### 7.1.3. Komplekslərin davamlılığı

Təcrübə göstərir ki, ikiqat duzlar və kompleks birləşmələr arasında kəskin sərhəd qoymaq olmaz. Eksperimental yolla sübut edilmişdir ki, ikiqat duzların qatı məhlullarında sadə ionlarla bərabər kompleks ionlar da mövcuddur, məsələn Mor duzu məhlulunda  $[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2]^{2-}$  ionları və s. Digər tərəfdən, kompleks ionlar da uyğun sadə ionlara (və yaxud ionlara və molekullara) dissosiasiya edə bilər.

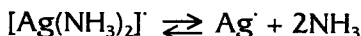
$\text{AgNO}_3$  məhluluna iy hiss olunana qədər  $\text{NH}_4\text{OH}$  məhlulu əlavə edək. Bu zaman gümüşün ammoniyakat kompleksi  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  əmələ gəlir. Alınan məhlula  $\text{KBrO}_3$  və  $\text{KCl}$  ilə təsir etdikdə  $\text{AgBrO}_3$  və  $\text{AgCl}$  çöküntüləri əmələ gəlməyəcək. Lakin gümüş-ammoniyakat məhlulunun bir hissəsi üzərinə  $\text{KBr}$ ,  $\text{KJ}$  və  $\text{H}_2\text{S}$  əlavə etdikdə  $\text{AgBr}$  (sarımtıl rəngli),  $\text{AgJ}$  (sarı rəngli) və  $\text{Ag}_2\text{S}$  (qara rəngli) çöküntülərin əmələ gəldiyi müşahidə olunur.

Beləliklə,  $\text{KBrO}_3$  və  $\text{KCl}$  əlavə edildikdə gümüş-ammoniyakat özünü tipik kompleks birləşmə kimi, sonuncu üç reaksiyada isə ikiqat duz kimi aparır. Bu onu göstərir ki,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  məhlulunda  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  kompleks ionu ilə birlikdə  $\text{Ag}^+$  kationları da mövcuddur; lakin ionların miqdarı o qədər azdır ki, yalnız nisbətən çətin həll olan  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgJ}$  və  $\text{Ag}_2\text{S}$  duzlarının əmələ gəlməsi mümkündür. Beləliklə, kompleks duzun dissosiasiyası aşağıdakı pillələr üzrə baş verir:

Birinci pillə



İkinci pillə



Birinci pillə üzrə duzun dissosiasiyası qüvvətli elektrolitlərin dissosiasiyası kimi gedir; yəni praktiki olaraq axıra qədər, lakin ikinci pillə üzrə dissosiasiya az dərəcədə getdiyindən müəyyən sabitlə xarakterizə oluna bilər:

$$\frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = K_{\text{davamsızlıq}} = 6,8 \cdot 10^{-8}$$

Bu sabitin qiyməti nə qədər böyükdürsə, verilmiş kompleks bir o qədər çox dərəcədə dissosiasiya edir və bir o qədər də davamsız olur. Bu sabit davamsızlıq sabiti və ya kompleksin parçalanma sabiti adlanır.

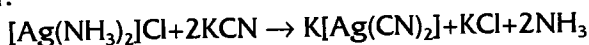
$[\text{AgS}_2\text{O}_3]^-$  kompleks ionunun davamsızlıq sabiti  $1 \cdot 10^{-13}$ ,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  kompleks ionunun isə  $1 \cdot 10^{-21}$  bərabərdir. Deməli, gümüşün üç kompleks ionundan ən davamlısı  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  ionudur. Bu o deməkdir ki, gümüşün bu kompleks duzlarının məhlulları içərisində  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  məhlulunda  $\text{Ag}^+$  ionunun qatılığı ən kiçikdir.  $\text{Ag}^+$  ionlarının qatılığı nə qədər kiçik olarsa, bir o qədər bu ionla çökdürmə reaksiyalarının sayı az olar.



Deyilənlərdən görünür ki, çökdürmə reaksiyalarında kompleks duzların özlərini aparması əsasən kompleksin davamsızlıq sabitinin qiyməti ilə çökdürülən birləşmənin həllolma hasili arasında nisbətə müəyyən olunur. Nə qədər ki, davamsızlıq sabiti böyük və həllolma hasili kiçik olarsa, çöküntünün əmələ gəlməsi bir o qədər çox olar və əksinə.

Verilmiş kompleksin tərkibinə liqand şəklində daxil olan ionların (və ya dissosiasiya etməyən molekulların) məhlulda artıq miqdarda olması çökdürmə reaksiyasına güclü təsir göstərə bilər. Belə ki, əgər  $\text{Na}[\text{AgS}_2\text{O}_3]$  məhluluna  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  əlavə edilərsə, onda daxil edilən eyniadlı ionlar  $-\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  kompleksin dissosiasiya dərəcəsini azaldar və nəticədə  $\text{Ag}^+$  ionlarının qatılığı da azalar.

Yuxarıda göstərilən çökdürmə reaksiyalarında çətin həllolan birləşmənin əmələ gəlməsi nəticəsində komplekslərin dağılması baş verir. Komplekslərin dağılması həmçinin daha davamlı kompleksin əmələ gəlməsi nəticəsində baş verə bilər. Məsələn,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  məhluluna  $\text{KCN}$  ilə təsir etdikdə aşağıdakı reaksiya baş verir:



Uyğun liqandların birləşməsi nəticəsində də komplekslər dağıla bilər. Belə ki, əgər tünd göy rəngli  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  məhluluna hər hansı bir turşu, məsələn,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilə təsir etsək, məhlulun rəngi açıq mavi rəngə boyanacaq. Çünki tünd göy rəngli  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ionları hidrogen ionlarının təsirindən daha davamlı  $\text{NH}_4^+$  kompleks ionları əmələ gətirərək dağılır. Məhlulun açıq mavi rəngi isə  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarına xasdır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir.



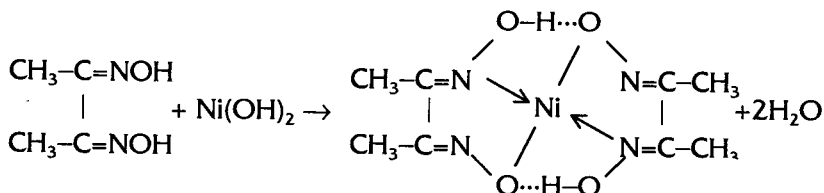
Məhlulu turşulaşdırmaqla liqandı çox zəif turşuların anionları olan kompleksləri parçalamaq olar. Çünki nəticədə uyğun az dissosiasiya edən turşunun molekulları əmələ gəlir. Bunu ağır metalların kationları ilə bəzi turşu xassəli üzvi birləşmələrlə (məsələn, fenollarla, dimetilqlioksimlə, alizarin tipli boyalarla və i.a.) əmələ gələn komplekslərdə müşahidə etmək olar.

Deyilənlərdən görünür ki, ikiqat və kompleks duzlar arasında prinsipial fərq yoxdur. Hər iki sinif birləşmələr ali birləşmələrin müxtəlif tipləridir.

### 7.1.4. Daxili kompleks birləşmələr

Bəzi üzvi birləşmələrlə kompleks əmələgətirici kationların (nikel, kobalt, dəmir, mis, civə, kadmium, qurğuşun, qızıl və s.) qarşılıqlı təsiri nəticəsində alınan kompleks birləşmələrə daxili kompleks birləşmələr deyilir.

Daxili kompleks birləşmələrin tipik nümayəndəsi nikelin dimetilqliksimlə (Çuqayev reaktivi ilə) əmələ gətirdiyi nikel-dimetilqliksimatdır. Çəhrayı-qırmızı rəngli bu birləşmənin əmələgəlmə reaksiyası aşağıdakı tənliklə ifadə olunur.



Beləliklə, Ni<sup>2+</sup> ionu dimetilqliksimin iki molekulunda =NOH qruplarında iki atom hidrogeni əvəz etməsi ilə bərabər həmin qruplarda azot atomlarının bölünməmiş elektron cütlərinin hesabına koordinasiya rabitə ilə birləşmişdir.

Göründüyü kimi, daxili kompleks birləşmələrin molekullar tsiklik quruluşa malikdir. Belə birləşmələrdə kompleksəmələgətirici atom molekulun daxilində olur. Ona görə də "daxilikompleks birləşmələr" adlandırılır.

Daxili kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi üçün tərkibində eyni vaxtda hidrogeni kompleksəmələgətirici ionlarla əvəz oluna bilən funksional qruplar, həmçinin mərkəzi ionla koordinasiya rabitə ilə birləşə bilən funksional qruplar olmalıdır.

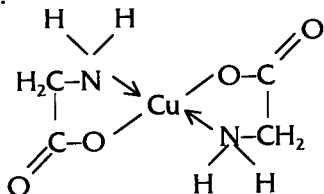
Tərkibindəki hidrogen ionları kompleksəmələgətirici ionla əvəz

oluna bilən funksional qruplara karboksil  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ , spirtlərin

hidroksil  $\text{-CH}_2\text{-OH}$ , oksim  $\text{=N-OH}$ , birli amin  $\text{-NH}_2$ , ikili amin  $\text{=NH}$ , hidrosulfid  $\text{-SH}$ , hidrosulfit qrupu  $\text{-SO}_3\text{H}$  və s. qruplar aid edilir.

Kompleks əmələgətirici atomlarla koordinasiya rəbitəsi ilə əlaqələndirilən funksional qruplara  $\geq N$ ,  $=NH$ ,  $-NH_2$ ,  $-OH$ ,  $=C=O$ ,  $-S-$ ,  $=NOH$  aiddir.

Daxili kompleks duzlara digər misal olaraq mis 2-qlikoqolyatı, yəni aminasetat turşusunun ikivalentli mis duzunu göstərmək olar. Aminasetat turşusunda ( $CH_2NH_2COOH$ )  $-COOH$  turşu qrupundan başqa  $Cu^{2+}$  ionları ilə koordinasiya edə bilən  $-NH_2$  qrupu da var.

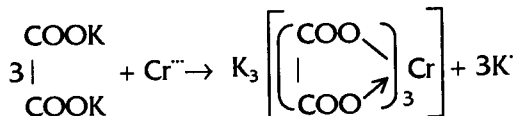


Daxili kompleks birləşmələri tərkibinə və birləşmənin tərkibinə daxil olma xarakterinə görə üç qrupa bölmək olar.

1. Qeyri-elektrolit daxili kompleks birləşmələrdir ki, bunlara xüsusi daxili kompleks birləşmələr də deyilir. Misal olaraq mis ionları ilə qlikoqolun qarşılıqlı təsiri nəticəsində əmələ gələn mis-qlikoqolyatı göstərmək olar.

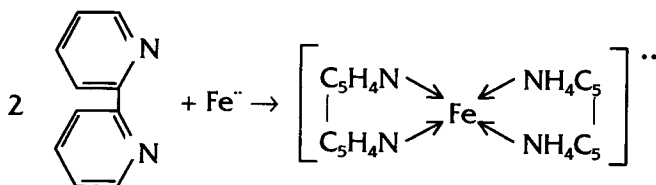
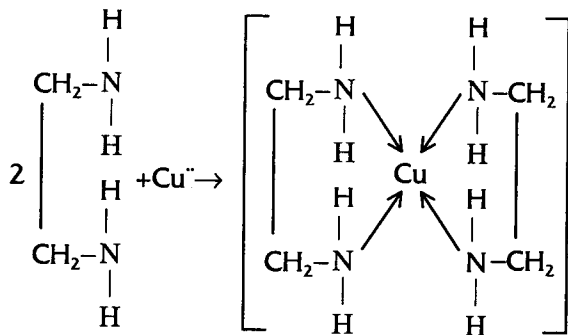
Qeyri-elektrolit daxili kompleks birləşmələrinin əsas xüsusiyyəti onların xarici sferalarının olmamasındadır. Ona görə də onların daxili sferaları yüksüz olur. Bu tip birləşmələrin suda həllolmaları bir qayda olaraq çox az olur. Bununla əlaqədar olaraq onlar kimyəvi analizdə böyük rol oynayırlar.

2. Kompleks ionu anion olan elektrolit daxili kompleks birləşmələr. Elektrolit daxili kompleks birləşmələrinin əmələ gəlmə mexanizmi qeyri-elektrolit daxili kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi kimidir; başlıca fərq ondan ibarətdir ki, elektrolit daxili kompleks birləşmələrdə koordinasiya edən radikal atomlarından biri, bir qayda olaraq hidrogen və ya qələvi metal atomu kompleksin xarici sferasını əmələ gətirir. Buna misal olaraq üçvalentli xrom ionu ilə kalium-oksalat arasında gedən reaksiyanı göstərmək olar:



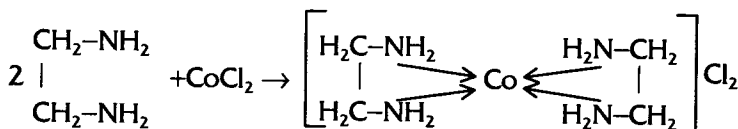
Bu tip birləşmələrin səciyyəvi xüsusiyyətləri onlarda kompleks ionun həmişə mənfəi yüklü olmasıdır. Elektrolit daxili kompleks birləşmələrin xarici sferasını bir qayda olaraq hidrogen atomu və ya qələvi metal atomları təşkil edir.

3. Kompleks ionu kation olan elektrolit daxili kompleks birləşmələri. Bu birləşmələr kompleks əmələ gətirən ionla üzvi birləşmə molekulunun yalnız koordinasiya qarşılıqlı təsirindən əmələ gəlir. Bunlara misal olaraq ikivalentli mis ionu ilə etilendiamin və ikivalentli dəmir ilə  $\alpha$ - $\alpha'$ -dipiridinin qarşılıqlı təsirini göstərmək olar:



Bu tip birləşmələrdə koordinasiya edən bütün liqandlar kompleksin daxili sferasında qalır; xarici sferada isə kompleks əmələ gətirənin anionu qalır.

Məsələn:



Daxili kompleks birləşmələrin çoxu praktiki olaraq suda həll olmur və kompleks əmələ gətirən ionun və liqandların təbiətindən asılı olaraq müxtəlif rəngli olurlar. Buna görə də bir çox üzvi reagentlər kimyəvi analizdə geniş tətbiq olunur.

Hal-hazırda müəyyən edilmişdir ki, daxili kompleks birləşmələr əmələ gətirən reagentlərin xassələri onların molekulalarının quruluşundan asılıdır.

Bununla əlaqədar olaraq qeyd etmək lazımdır ki, üzvi reagentlər müəyyən atom quruluşuna malikdirlər ki, onlar yalnız müəyyən kationlarla səciyyəvi rəngli birləşmələr və ya çöküntü əmələ gətirirlər.

#### 7.1.5. Kompleksəmələgəlmənin kimyəvi analizdə əhəmiyyəti

✓ Kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi nəticəsində onun tərkibinə daxil olan ionlar üçün bir çox reaksiyaları aparmaq mümkün olmur.

Belə ki, tərkibində  $>CHOH$  qrupu olan üzvi birləşmələr, məsələn şəkər, çaxır və limon turşuları, qliserin və i.a. bir çox kationlarla komplekslər əmələ gətirirlər. Nəticədə həmin kationlar analizdə tətbiq edilən  $OH'$  ionları və bəzi digər reaktivlərlə çökmürlər. Ona görə də analizə başlamazdan əvvəl analiz edilən obyektədən üzvi maddələri kənar etmək lazımdır.

$Al^{III}$  ionları  $OH'$  ionları ilə ağ rəngli  $Al(OH)_3$  çöküntüsünü əmələ gətirirlər. Tartratların (çaxır turşusunun duzları) iştirakı ilə alüminium ionları hidrosil ionları ilə çöküntü əmələ gətirmir. Bu, alüminium ionlarının tartratlarla qələvilərin təsirindən parçalanmayan davamlı kompleks ionlar əmələ gətirməsi ilə izah edilir.

✓ Lakin komplekslərin əmələ gəlməsi analizə nəinki mənfəətli təsir göstərə bilər, həm də onu yüngülləşdirə bilər.

$Fe^{III}$  ionlarının məhlulda mövcud olması çox vaxt bir sıra digər ionların ( $Co^{II}$ ,  $Ti^{IV}$  və i.a.) təyininə maneçilik edir. Bu hallarda  $Fe^{III}$  ionlarını hər hansı bir çətin həllolan birləşmə şəklində, məsələn  $Fe(OH)_3$  kənar etmək əvəzinə, onu çaxır və ya limon turşuları ilə davamlı kompleksə çevirmək daha əlverişlidir. Nəticədə  $Fe^{III}$  ionlarının məhlulda qatılığı o qədər azalır ki, təyin edilən ionların təyininə maneçilik etmir. Çaxır və limon turşuları əvəzinə fosfat turşusu və ya ammonium-flüoriddən istifadə et-

mək olar. Bu reaktivlərlə dəmir davamlı  $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$  və  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  kompleks ionları əmələ gətirir. Göstərdiyimiz misalda maneəçilik edən  $\text{Fe}^{3+}$  ionları davamlı kompleks birləşmələr şəklinə keçirilir, yəni "pərdələnir". Pərdələnmə əməliyyatının analizdə böyük praktiki əhəmiyyəti vardır, çünki bu zaman bir çox ionları məhlulun ayrı-ayrı hissələrində birbaşa təyin etmək mümkün olur.

{ Kompleks birləşmələrin analiz üçün əhəmiyyəti həm də onunla əlaqədardır ki, ayrı-ayrı ionlar üçün kompleks birləşmələrin əmələ gəlməsi reaksiyaları çox vaxt yüksək həssaslığa və spesifikliyə malik olur.

Məsələn,  $\text{Fe}^{3+}$  ionlarını adətən  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  əlavə etməklə təyin edirlər; nəticədə  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  tərkibli berlin abısı əmələ gəlir;  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarını –  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  və ya  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  kompleks birləşməsi şəklində;  $\text{Co}^{2+}$  ionlarını –  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$  və ya  $\text{Co}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$  kompleks duzları şəklində və s. təyin edirlər.

Həllolmayan maddələri həll etmək üçün kompleks əmələgəlmə reaksiyasından istifadə edilir. Məsələn, kompleks əmələgəlmə reaksiyasından istifadə edərək həllolmayan gümüş-halogenidləri ayırmaq olar. Tərkibində –  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  və  $\text{AgI}$  olan çöküntünün üzərinə  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  və  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  məhlullarının qarışığı ilə təsir etsək,  $\text{AgCl}$  kompleks birləşmə  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  şəklində məhlula keçir. Qalan  $\text{AgBr}$  və  $\text{AgI}$  qarışığına hidrosidlə təsir etsək  $\text{AgBr}$  kompleks birləşmə  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$  əmələ gətirərək həll olur. Bu zaman çöküntüdə  $\text{AgI}$  qalır. Əgər  $\text{AgI}$  çöküntüsü üzərinə  $\text{KCN}$  məhlulu əlavə etsək, onda  $\text{AgI}$  çöküntüsü  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  kompleks ionu şəklində məhlula keçir. Beləliklə, kompleksəmələgəlmə reaksiyasından istifadə edərək suda və turşularda həll olmayan mürəkkəb birləşmələr qarışığını ayırmaq mümkün olur.

## 7.2. BEŞİNCİ QRUP KATİONLARININ REAKSİYALARI VƏ ANALİZİN GEDİŞİ

### 7.2.1. Beşinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

Beşinci analitik qrup kationları  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  kationları daxildir.

Bu elementlərin dövri sistem cədvəlində müxtəlif qruplarda yerləşməsinə baxmayaraq (mis – birinci, kadmium və civə – ikinci, kobalt və nikel – səkkizinci qrupda) hamısı kompleks əmələ gətirmək qabiliyyəti ilə xarakterizə olunur. Onların hidrok-sidləri ammonium-hidroksidin artığında həll olaraq müxtəlif tərkibli kompleks duzlar – ammiakatlar əmələ gətirirlər. Bu xassə digər analitik qrup kationlarından yalnız gümüş və sink kationlarında vardır. Prinsipcə bu kationlar da beşinci analitik qrupa daxil edilə bilər. Lakin kimyəvi analizin aparılması ardıcılığından, yəni praktiki məqsədlərdən irəli gələrək Ag<sup>+</sup> həllolmayan xloridlər, Zn<sup>2+</sup> isə amfoter hidrok-sidlər əmələ gətirən kationlar qrupuna daxil edilmişdir.

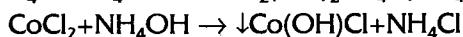
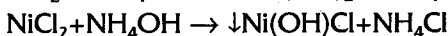
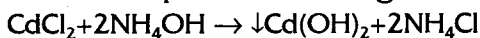
Misin, ikivalentli civənin, kadmiumun, kobalt və nikelin xlorid, nitrat və sulfatları suda həll olur. Ona görə də bu metal kationlarının əmələ gətirdikləri çöküntülərinin çoxu onlara xlorid, nitrat və ya sulfat turşuları ilə təsir edərəkən məhlula keçir. Bu turşuların təsirindən göstərilən metalların oksidləri, hidratları və karbonatları daha asan həll olurlar. Durulaşdırılmış turşularda yalnız civə, mis və kadmium sulfidləri, kobalt, nikel və misin heksasianoferriatları və bəzi digər duzlar həll olurlar.

Beşinci analitik qrupa bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi 16-cı cədvəldə göstərilmişdir.

### 7.2.2. Qrup reaktivinin təsiri

Beşinci qrupun qrup reaktivini ammonium-hidroksid məhlulunun artığıdır.

Ammonium-hidroksidin ekvivalent miqdarı ilə kadmium kationu Cd(OH)<sub>2</sub>, mis, kobalt və nikel kationu uyğun əsasi duz, iki-valentli civə duzu isə kompleks duz əmələ gətirir.

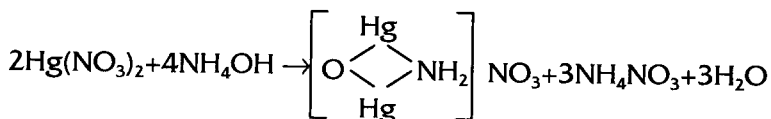


Cədvəl 16. Beşinci analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinə xülasəsi

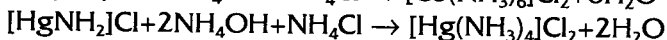
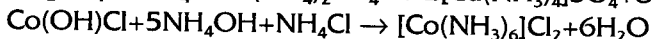
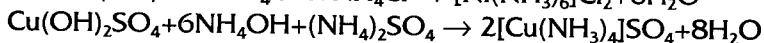
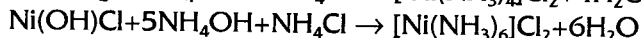
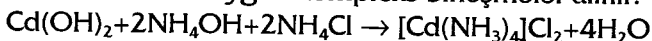
Reaktivlər	Kationlar				
	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
1	2	3	4	5	6
NaOH	↓Cu(OH) <sub>2</sub> göy	↓Cd(OH) <sub>2</sub> ağ	↓Ni(OH) <sub>2</sub> yaşıl	↓Co(OH)Cl göy	↓HgO sarı
NH <sub>4</sub> OH ekvivalent miqdar	↓Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> göy-yaşıl	↓Cd(OH) <sub>2</sub>	↓Ni <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yaşıl	↓Co(OH)Cl	[NH <sub>2</sub> Hg]Cl ağ
NH <sub>4</sub> OH artıq miqdar	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> göy	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> rəngsiz	[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> göyümtül-qırmızı	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> sarımtıl	[Hg(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub> rəngsiz
H <sub>2</sub> S və ya Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> zəif turş mühitdə	↓CuS qara	↓CdS sarı	↓NiS qara	-	-
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	↓Cu <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] qırmızı-qonur	↓Cd <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] ağ	↓Ni <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] açıq yaşıl	↓Co <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] bozumtul-yaşıl	Hg <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] qəhvəyi
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	↓Cu <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> mavi	↓Cd <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ağ	↓Ni <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> yaşıl	↓Co <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> bənövşəyi	↓Hg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ağ
KJ	↓Cu <sub>2</sub> J <sub>2</sub> +J <sub>2</sub> qonur	-	-	-	↓Hg <sub>2</sub> J <sub>2</sub> qırmızı (reaktivin artığında həll olur)
Ammonium-hidroksidin artığında KJ	-	↓[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]J <sub>2</sub> ağ	-	-	-



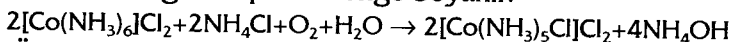
1	2	3	4	5	6
NH <sub>4</sub> CNS	↓Cu(CNS) <sub>2</sub> qara, qaldıqda ağarır	-	Açıq yaşıl çöküntü; reakti- vin artığında həll olur	Məhlulu göy rəngdədir (reaktivin ar- tığında)	↓Hg(CNS) <sub>2</sub> ağ (reaktivin ar- tığında həll olur)
SnCl <sub>2</sub> -in qələvidə məhlulu	-	-	-	-	↓Hg
Metallik mis	-	-	-	-	↓Hg
Metallik Al, Zn və Fe	↓Cu	-	-	-	↓Hg
Asetat turşusu mühitində KNO <sub>3</sub>	-	-	-	↓K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] sarı	-
ZnSO <sub>4</sub> işirəki ilə (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Hg(CNS) <sub>4</sub> ]	↓Cu[Hg(CNS) <sub>4</sub> ] yaşıl	Ağ çöküntü	Açıq yaşıl çöküntü	↓Co[Hg(CNS) <sub>4</sub> ] göy	-
Dimetilqliksim	-	-	Al qırmızı çöküntü	-	-



Alınan çöküntülərin hamısı mineral turşularda, ammonium-hidroksiddə və ammonium duzlarında həll olur. Bu zaman ammoniyakatlardan ibarət uyğun kompleks birləşmələr alınır:



Kadmium və civə ammoniyakat kompleksləri rəngsiz, nikel ammoniyakat qırmızımtıl, kobalt ammoniyakat çirkəbi sarı və mis ammoniyakat abı-göy rəngli olur. Kobalt-ammoniyakatdan başqa bütün ammoniyakatlar havanın oksigeninin təsirinə qarşı davamlıdır. İkivalentli kobaltın ammoniyakatına havanın oksigeni tədricən, oksidləşdiricilər (məsələn,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) isə dərhal təsir edir və üçvalentli kobaltın ammoniyakat birləşməsinə çevirir. Sonuncu halda məhlul zoğalı – qırmızı rəngə boyanır.



Üçvalentli kobaltın ammoniyakat kompleksi çox davamlıdır, o yalnız qatı nitrat turşusu ilə qaynadıldıqda, yaxud formaldehid, hidrogen-sulfid kimi qüvvətli reduksiyaedicilərin təsirindən parçalanır.

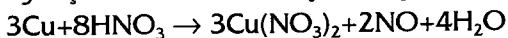
### 7.2.3. Mis

Mis sarımtıl-qırmızı rəngli metaldır, rütubət olmadıqda havanın təsirinə qarşı davamlıdır. Rütubətli havada karbon qazının təsiri nəticəsində misin səthi əsasi karbonat duzu ilə örtülür. Havada közərtildikdə səthi qara rəngli mis 2-oksidi təbəqəsilə örtülür.

Mis  $\text{Cu}_2\text{O}$  və  $\text{CuO}$ -dan ibarət iki oksid əmələ gətirir. Mis 1-oksidi  $\text{Cu}_2\text{O}$  tutqun-qırmızı, mis 2-oksidi  $\text{CuO}$  isə qara rənglidir.

$\text{Cu}_2\text{O}$  zəif əsasi,  $\text{CuO}$  isə zəif amfoter xassəlidir. Onlar turşularda həll olaraq uyğun duzlar əmələ gətirirlər.  $\text{CuO}$  qələvilərlə

közərtədikdə həll olur və kupratlar ( $\text{Na}_2\text{CuO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CuO}_2$ ) əmələ gətirir. Misin ən yaxşı həlledicisi durulaşdırılmış nitrat turşusudur:



Mis qatı sulfat turşusu ilə qaynadıldıqda həll olur və kükürd 4-oksidi ayrılır:

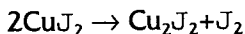


Bivalentli misin halogen ( $\text{CuCl}$ ,  $\text{CuBr}$ ,  $\text{CuI}$ ), sianid ( $\text{CuCN}$ ) və rodanid ( $\text{CuCNS}$ ) birləşmələrindən başqa qalan bütün birləşmələri sabit deyil. Bivalentli misin sabit olmayan birləşmələri asanlıqla ikivalentli mis birləşmələrinə çevrilir. Ona görə də ikivalentli mis kationunun xassələri ilə tanış olacağıq.

Tərkibində kristallaşma suyu olan ikivalentli mis duzları göy və ya yaşıl, susuz duzları isə ağ və ya sarımtıl rəngli olur.

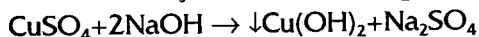
İkivalentli misin sulfat, xlorid, nitrat, bromid və asetat duzları suda yaxşı həll olur.

İkivalentli misin yodid və sianid birləşmələri qeyri-sabit olub, asanlıqla bivalentli misin uyğun duzlarına qədər reduksiya olunur:

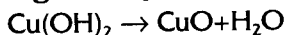


*Cu<sup>+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli mis ionları məhlulda mavi rənglidir.

1. Natrium və kalium hidroksidlər ikivalentli mis ionları ilə göy rəngli mis 2-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntünü qızdırdıqda parçalanır və mis 2-oksidi əmələ gəlir. Ona görə də çöküntü qaralır:

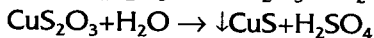
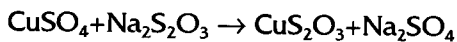


Mis 2-hidroksid zəif amfoter xassəyə malik olduğu üçün qələvilərin artığında az da olsa həll olur və kupritlər əmələ gətirir.

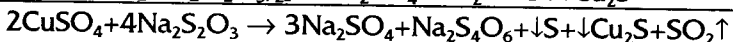
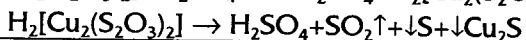
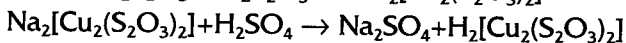
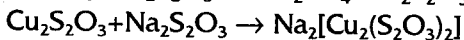
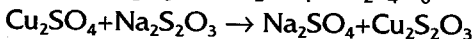
Tərkibində hidrogen ionu olan qliserin, çaxır və limon turşuları və bir sıra başqa üzvi birləşmələr ikivalentli mis ionu ilə yaşıl rəngli kompleks birləşmələr əmələ gətirir.

2. Natrium-tiosulfat məhlulunu turşulaşdırılmış ikivalentli mis duzu məhlulu üzərinə əlavə etdikdə kompleks duz alınması

nəticəsində məhlul rəngsizləşir. Alınan məhlul qızdırıldıqda  $\text{Cu}_2\text{S}$  alındığı üçün tutqun-qonur rəngli çöküntü əmələ gəlir. Natrium-tiosulfat ekvivalent miqdarda olduqda reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



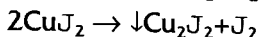
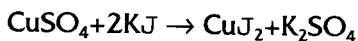
Natrium-tiosulfat artıq miqdarda olduqda reaksiya aşağıdakı tənliklər üzrə gedir:



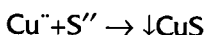
Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparmaq olar: sınaq şüşəsinə 2-3 damcı mis 2-sulfat məhlulu, 4-5 damcı su, 2-3 damcı sulfat turşusu tökülür və üzərinə natrium-tiosulfatın 2-3 kristalı daxil edilib şüşə çubuqla qarışdırılır və qızdırılır. Analiz edilən məhlulda ikivalentli mis olduqda tutqun-qonur rəngli çöküntü alınır.

Göstərilən reaksiya ilə ikivalentli mis kationunu kadmium və ikivalentli civədən ayırmaq üçün də istifadə etmək olar. Çünki kadmium ionu natrium-tiosulfatla çöküntü vermir. Digər tərəfdən  $\text{CuS}$  durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olduğu halda,  $\text{HgS}$  həll olmur.

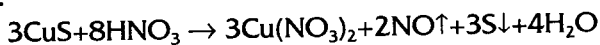
3. Kalium-yodidın mis ionu ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində ağ rəngli mis 1-yodid çöküntüsü əmələ gəlir. Lakin ayrılan sərbəst yod mis 1-yodid çöküntüsünü pərdələdiyi üçün o, qəhvəyi rəngə boyanır:



4. Hidrogen-sulfidin ikivalentli mis ionu ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində mis 2-sulfiddən ibarət qara rəngli çöküntü əmələ gəlir:

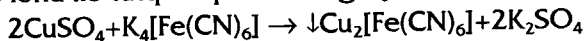


Əmələ gəlmiş mis 2-sulfid durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur; lakin durulaşdırılmış nitrat turşusunda qaynadıldıqda həll olur:



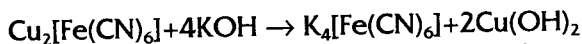
Mis 2-sulfid çöküntüsü natrium-sulfid və kalium-sulfiddə həll olmur, lakin ammonium-polisulfiddə nəzərə çarpacaq dərəcədə həll olur.

5. Sarı qan duzu məhlulu neytral və ya turş mühitdə ikivalentli mis ionu ilə tutqun-qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



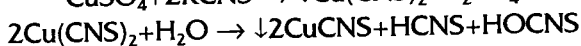
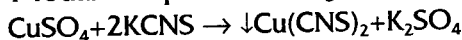
Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur; lakin ammonium-hidroksiddə həll olur.

Mis-heksasiano-ferroat çöküntüsü qələvilərin təsiri ilə parçalanır:



Mis kationlarının  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ilə reaksiyası mis-ammonyakatin əmələgəlmə reaksiyasına nisbətən daha həssasdır.

6. Kalium-rodanidin təsiri. Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı ikivalentli mis duzu məhlulu və 2-3 damcı da kalium-rodanid məhlulu tökdükdə qara rəngli mis 2-rodanid çöküntüsü alınır. Əmələ gəlmiş çöküntü bir az qaldıqdan sonra ağarır. Buna səbəb mis 2-rodanidin mis 1-rodanidə qədər reduksiya olunmasıdır.

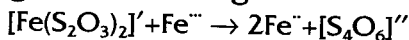


Mis 2-rodanidin mis 1-rodanidə reduksiya olunmasını sürətləndirmək məqsədilə reduksiyaediciyərdən istifadə olunur. Həmin məqsədlə sulfat turşusu əlavə etmək yaxşı nəticə verir.

7. Dəmir 3-xlorid və natrium-tiosulfatın təsiri. İki əşya şüşəsinin birinə bir damcı analiz edilən məhlul, digərinə isə müqayisə məqsədilə distillə edilmiş su damızdırılır. Onların hər ikisinin üzərinə bir damcı dəmir 3-xlorid və bir damcı da 0,3N natrium-tiosulfat məhlulu əlavə edilib qarışdırılır. Hər iki məhlulun rəngsizləşməsinin sürəti müqayisə edilir.

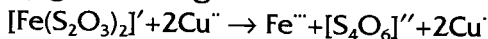
Müqayisə məqsədini daşıyan məhlulun intensiv bənövşəyi rəngi (bu rəng  $[\text{Fe}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]'$  kompleks ionunun rəngidir) tədricən itir.

Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

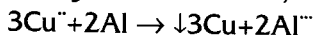


İkivalentli mis ionu olan məhlulun intensiv bənövşəyi rəngi dərhal itir.

Reaksiya aşağıdakı kimi gedir:

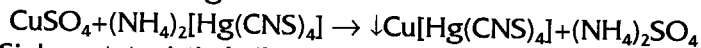


8. Alüminium, dəmir və sink metalları ikivalentli mis ionunu metal misə qədər reduksiya edir. Məsələn,



Göstərilən reaksiyadan istifadə edərək analizin gedişində iki-valentli mis ionunu kadmium ionundan ayırırlar.

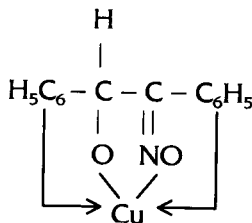
9. Ammonium-tetRARodano-hidroarqoatın təsiri. Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı turşulaşdırılmış analiz edilən məhlul, bir damcı da 1%-li ammonium-tetRARodano-hidroarqoat məhlulu damızdırılır. Sarımtıl-yaşıl rəngli kristal çöküntünün əmələ gəlməsi ikivalentli misin olmasını göstərir:



Sink-asetatın iştirakı ilə çöküntü bənövşəyi rəngə boyanır.

Reaksiyanın yaxşı getməsi üçün mis məhlulunu çox duru halda götürmək lazımdır. Təsvir edilən reaksiya icra edilərkən üçvalentli dəmir, kobalt, nikel ionları iştirak etməməlidir. Bu reaksiya vasitəsilə 0,1 mkq ikivalentli mis ionlarını təyin etmək mümkündür.

10. Benzoinoksim  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{NOH})\text{CH}(\text{OH})\text{C}_6\text{H}_5$  məhlulunun 2-3 damcısı üzərinə ikivalentli mis duzunun zəif turş məhlulu və 3-4 damcı qatı ammonium-hidroksid məhlulu tökülür. Yaşıl rəngli çöküntünün alınması ikivalentli misin olmasını göstərir:



Alınan çöküntü ammonium-hidroksiddə həll olur.

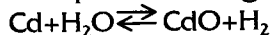
#### 7.2.4. Kadmiyum

Kadmiyum gümüşü-ağ parıldıyan sarımtıl rəngli metaldir. Rütubətli havada səthi qoruyucu oksid təbəqəsi ilə örtülür.

Kadmiyumun yalnız bir oksidi CdO və ona uyğun gələn bir hidrokssidi Cd(OH)<sub>2</sub> məlumdur. Kadmiyumun həm oksidi, həm də hidrokssidi turşularda həll olaraq uyğun duzlar əmələ gətirir. Kadmiyumun oksidi və hidrokssidi qələvilərdə həll olmur; bununla da o, sink və qurğuşun metallarından fərqlənir.

Kadmiyum metalı durulaşdırılmış xlorid və sulfat turşularında həll olur, nəticədə uyğun duzlar əmələ gətirir. Sərbəst hidrogen ayrılır. Kadmiyum metalı durulaşdırılmış isti nitrat turşusunda yaxşı həll olur və uyğun duz, azot oksidləri və su ayrılır.

Kadmiyum ammonium-nitratın suda məhlulunda həll olur, nəticədə ammoniyakat kompleksi əmələ gətirir:



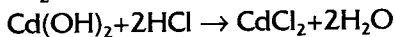
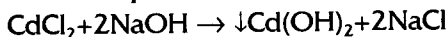
Kadmiyum-sulfiddən başqa bütün sadə duzları ağ rənglidir.

Kadmiyumun bəzi duzları civə duzları kimi az dissosiasiya edir.

Kadmiyumun qüvvətli qeyri-üzvi və zəif üzvi turşu duzları suda yaxşı həll olur, lakin zəif qeyri-üzvi turşu (H<sub>2</sub>S, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) duzları praktiki olaraq suda həll olmur.

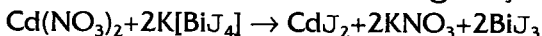
*Cd<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* Məhlulda kadmiyum rəngsiz ionlar əmələ gətirir.

1. Natrium- və kalium- hidrokssid məhlulları kadmiyum duzu məhlulu ilə ağ amorf çöküntü əmələ gətirir. Əmələ gələn çöküntü reaktiv artığında həll olmur; lakin turşularda, ammonium-hidrokssiddə asanlıqla həll olur.

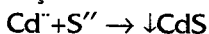


2. Kalium-tetrayodo-bismut məhlulunun K[BiJ<sub>4</sub>] bir damcısını süzgəc kağızı üzərində yerləşdirib üzərinə bir damcı analiz edilən məhlul damızdırılır.

Bismut-yodiddən ibarət qara ləkənin alınması kadmium ionunun olmasını göstərir. Əmələ gəlmiş ləkə kalium-yodid və natrium-tiosulfat məhlulu əlavə edildikdə rəngsizləşir:



3. Hidrogen-sulfid kadmium ionları ilə suda həll olmayan sarı rəngli kadmium-sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:

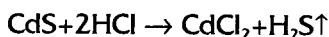


Onun rəngi mühitin turşuluğundan asılı olaraq dəyişir. Belə ki, neytral və zəif turş mühitdə kadmium-sulfid açıq sarı rənglidir. Qüvvətli turş mühitdə və qızdırdıqda isə narıncı-sarıdan qəhvəyi rəngə qədər dəyişir.

Kadmium-sulfid soyuq mühitdə durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur. Lakin qızdırıldıqda durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olur.



Kadmium-sulfid mis 2-sulfiddən fərqli olaraq qaynadıldıqda xlorid turşusunda həll olur.

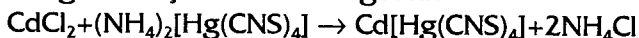


Kadmium-sulfid NaCl və KCl-in doymuş məhlullarında həll olur. Ola bilsin ki, o zaman kadmiumun həllolan kompleks birləşməsi alınır:

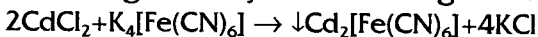


Kadmiumla mis ionları bir yerdə olduqda onları ayırmaq üçün məhlul doyuncaya qədər natrium-xlorid əlavə edilir, sonra da hidrogen-sulfid buraxılır. O zaman mis CuS şəklində çökür, kadmium isə  $[\text{CdCl}_4]^{2-}$  kompleks ionu şəklində məhlulda qalır.

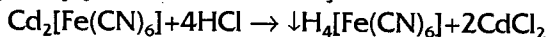
4. Ammonium-tetRARodano-hidroarqoat məhlulu kadmium duzları ilə ağ kristal çöküntü əmələ gətirir:



5. Sarı qan duzu kadmium duzları ilə ağ rəngli amorf, qırmızı qan duzu isə sarı rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir. Məsələn:



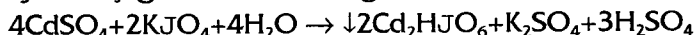
Əmələ gəlmiş çöküntü mineral turşularda həll olur:



6. Ditizonun karbon 4-xloriddə məhlulunu damcı-damcı neytral və ya zəif qələvi kadmium duzu məhlulu üzərinə tökdükdə, tutqun qırmızı rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gəlir.



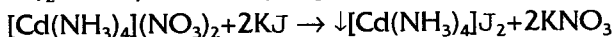
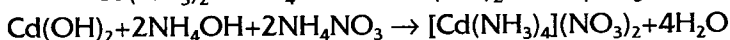
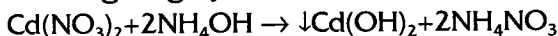
7. Kalium-peryodat neytral və ya zəif asetat turşusu mühtində kadmium ionu ilə suda çətin həll olan ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir (A.Ə. Verdizadə tərəfindən müəyyən edilmişdir). Reaksiyanın aşağıdakı tənlik üzrə getməsi ehtimal olunur.



Əmələ gəlmiş kadmium-monohidroparaperyodat durulaşdırılmış mineral turşularda yaxşı, asetat turşusunda isə pis həll olur.

8. Kadionun bir damcısı süzgəc kağızı üzərinə tökülür. Damcı havada qurudulur. Sonra üzərinə 1-2 damcı kadmium duzu məhlulu və 2-3 damcı pH=10,8 olan bufer məhlulu daxil edilir. Qırmızı rəngli ləkənin alınması kadmiumun olmasını göstərir. Reaksiyaya mis, civə və bir neçə başqa ağır metal ionları mane olur.

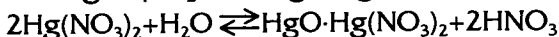
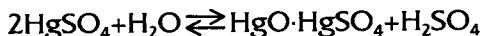
9. Kalium-yodid və ammonium-hidroksidin artığı ilə kadmium ionları  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]_2^{2+}$  tərkibli ağ rəngli kompleks çöküntü əmələ gətirir. Göstərilən qayda ilə kadmiumu təyin etmək üçün kadmium duzu məhlulu üzərinə əvvəlcə əmələ gələn çöküntü həll oluncaya qədər ammonium-hidroksid məhlulu tökülür. Sonra da qarışığın üzərinə bir az 10 - 30%-li təzə hazırlanmış kalium-yodid məhlulu tökülür. Az vaxt keçdikdən sonra ağ rəngli çöküntü alınır:



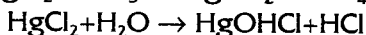
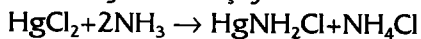
Kadmiumun göstərilən reaksiya ilə təyin edilməsinə beşinci qrup kationlarının heç biri mane olmur.

### 7.2.5. İkivalentli civə

İkivalentli civə duzları suda həll edilərkən məhlulda  $\text{Hg}^{2+}$  ionları əmələ gəlir. İkivalentli civənin sulfat və nitrat duzları suda şiddətli hidroliz edir və nəticədə əsasi duzlar əmələ gətirir:



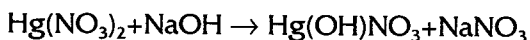
İkivalentli cıvə duzu ilə ammonyakın qarşılıqlı təsiri reaksiyası hidroliz reaksiyasına oxşayır:



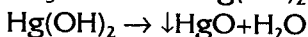
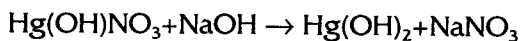
$\text{HgNH}_2\text{Cl}$  – ağ rəngli çöküntüdür. İkivalentli cıvə duzları yaxşı oksidləşdiricidir. Məsələn, cıvə 2-xloridlə ikivalentli qalay duzlarının qarşılıqlı təsiri nəticəsində qalay dörd valentə qədər oksidləşir; ikivalentli cıvə isə ya birvalentli civəyə və ya metal civəyə qədər reduksiya olunur.

*Hg<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli cıvə ionları rəngsizdir. Cıvə duzları zəhərlidir.

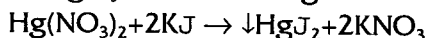
1. Natrium- və kalium hidroksidin ekvivalent miqdarda məhlulunu ikivalentli cıvə duzları üzərinə əlavə etdikdə, qırmızımtıl-qəhvəyi rəngli əsasi duzdan ibarət çöküntü əmələ gəlir:



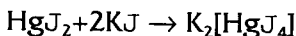
Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığı ilə cıvə 2-hidroksidə çevrilir ki, o da sabit olmadığı üçün dərhal sarı rəngli cıvə 2-oksida parçalanır:



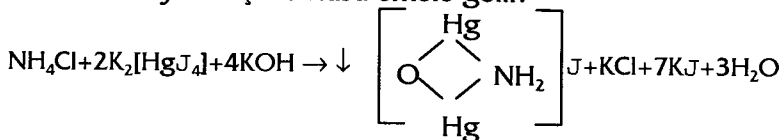
2. Kalium-yodidin ekvivalent miqdarda məhlulunu ikivalentli cıvə duzları üzərinə əlavə etdikdə, cıvə 2-yodiddən ibarət səciyyəvi qırmızı rəngli çöküntü əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında həll olaraq, rəngsiz və davamlı kalium-tetrayodo-hidroarqoat kompleksi əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş kompleks birləşmə məhluluna bir damcı ammonium-hidroksid məhlulu və ya hər hansı ammonium duzu məhlulu və bir neçə damcı da qatı qələvi məhlulu əlavə edildikdə, səciyyəvi tutqun qırmızı rəngli oksidi-dihidroarqo-ammonium-yodid çöküntüsü əmələ gəlir:

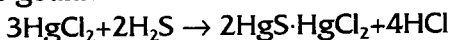


Nessler reaktivi adı ilə məlum olan kalium-tetrayodohid-roarqoat ammonium və eləcə də ikivalentli civə ionunun təyini üçün səciyyəvi reaksiya verir.

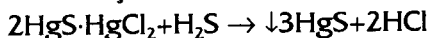
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 0,5 ml civə 2-nitrat məhlulu və 1-2 damcı da kalium-yodid əlavə edin. Əmələ gələn səciyyəvi qırmızı civə 2-yodid çöküntüsünün üzərinə artıq miqdarda kalium-yodid əlavə edin. Qarışığın üzərinə 1-2 damcı ammonium duzu və tutqun qırmızı rəngli çöküntü alınincaya qədər kalium-hidroksid əlavə edin.

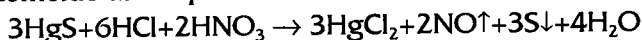
3. Hidrogen-sulfid ikivalentli civə duzları ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



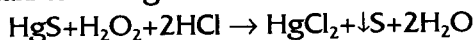
Əmələ gəlmiş çöküntü hidrogen-sulfidin artığının təsirindən sarı, qırmızı, qonur və nəhayət, qara rəngə çevrilir. Buna səbəb qara rəngli civə 2-sulfid çöküntüsünün alınmasıdır:



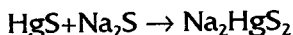
Civə 2-sulfid durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmur. Lakin zərhdə asanlıqla həll olur:



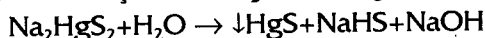
Civə 2-sulfidin Komarovski reaktivində (2N xlorid turşusu ilə 3%-li hidrogen peroksid məhlulun bərabər həcmdə qarışığı) həll olmasını aşağıdakı tənliklə göstərmək olar:



Civə 2-sulfid natrium- və kalium-sulfiddə həll olaraq tioduzlar əmələ gətirir:

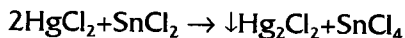


Əmələ gəlmiş natrium-tiohidrarqoat su ilə hidroliz edir və nəticədə civə 2-sulfid çöküntüsü yenidən ayrılır.

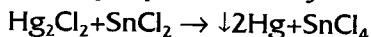


Civə 2-sulfid ammonium-sulfiddə əsasən həll olmur.

4. Qalay 2-xlorid məhlulu ilə ikivalentli civə duzlarına azacıq miqdarda təsir etdikdə ikivalentli civə birvalentli civəyə qədər, daha doğrusu, kalomelə qədər reduksiya olunaraq ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir. İkivalentli qalay isə dördvalentliyə qədər oksidləşir:



Qalay 2-xloridi artıq miqdarda əlavə etdikdə, əmələ gəlmiş civə 1-xlorid sərbəst civəyə qədər reduksiya olunur:

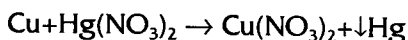


Alınan qarışıqın duru hissəsini ayırdıqdan sonra yerdə qalanını durulaşdırılmış xlorid turşusu ilə qaynatdıqda, kiçik civə damcısını görmək olar.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 6-8 damcı civə 2-xlorid məhlulu və 1-2 damcı da yeni hazırlanmış qalay 2-xlorid məhlulu tökün. Sonra da əmələ gəlmiş ağ rəngli çöküntü qaralincaya qədər üzərinə qalay 2-xlorid məhlulundan yenə də əlavə edin və nəticəni qeyd edin. Təsvir edilən reaksiya ikivalentli civə ionu üçün səciyyəvi olub, analizin gedişində ondan istifadə edilir.

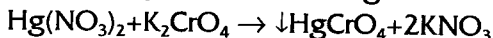
5. Mislə reduksiya. Analiz edilən zəif turşulaşdırılmış məhluldan bir neçə damcı mis lövhəsinin ortasına damızdırın. Qaz lampasının üzərində mis lövhəsini azacıq qızdırın. Bir neçə dəqiqədən sonra qızdırmanı dayandırın, lövhənin üstündə qalmış ləkəni pambıqla silin. Analiz edilən məhlulda ikivalentli civə ionu olduqda, silinmiş ləkənin yerində gümüş kimi parlaq iz qalacaqdır:



Reaksiyanı mis pul üzərində də aparmaq olar. Lakin hər iki halda təcrübə aparılan mis metalının səthi diqqətlə təmizlənməlidir. Bunun üçün metalı əvvəlcə nitrat turşusu ilə silin, sonra da su ilə yuyun və təmiz parça ilə sürtərək qurulayın.

Reduksiyanı alüminium, sink, dəmir və bəzi başqa metallarla da aparmaq olar.

6. Kalium-xromat məhlulu, ikivalentli civə duzları ilə çətin həll olan civə 2-xromat çöküntüsü əmələ gətirir:

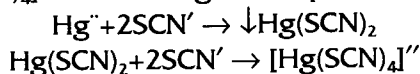


7. Ammonium-tetRARodano-kobaltiatiN təsiri. Əşya şüşəsi üzərinə bir damcı ikivalentli civə duzu məhlulu, bir damcı 1:1 nisbətində durulaşdırılmış nitrat turşusu əlavə edilir və su hamamı üzərində qurudulur. Qalıqın üzərinə bir damcı qatı  $(\text{NH}_4)[\text{Co}(\text{CNS})_4]$  məhlulu tökülür. İntensiv göy rəngli prizma və ya üçbucaq şəkilli kristalların alınması ikivalentli civənin olmasını

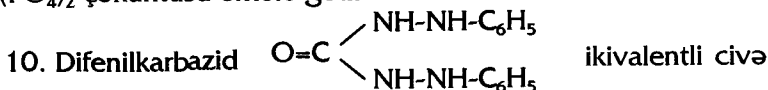
göstərir.

Artıq miqdarda qurğuşun yaxud bismut duzları iştirakı ilə səciyyəvi olmayan çöküntü alına bilər. Xlorid turşusu mühitində kristalların alınması gecikir və nəticədə iri iynəvari çöküntü alınır.

8. Kalium-rodanid ikivalentli civə duzları ilə  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  tərkibli çöküntüsü əmələ gətirir. Reaktivin artığında çöküntü həll olur və  $[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$  tərkibli rəngsiz kompleks ion əmələ gəlir:



9. Natrium-hidrofosfat  $\text{Hg}^{2+}$  ionları ilə isti suda az həllolan, lakin HCl və  $\text{HNO}_3$ -də yaxşı həll olan ağ rəngli civə 2-fosfat  $\text{Hg}_3(\text{PO}_4)_2$  çöküntüsü əmələ gətirir.



duzu məhlulu ilə bənövşəyi və ya göy rəngli, tərkibi məlum olmayan çöküntü əmələ gətirir. Məhlulun turşuluğu artdıqca reaksiyanın həssaslığı azalır.

Nitrat və ya asetat turşusu məhlulunda ikivalentli mis, üçvalentli dəmir, kobalt və s. kationlar difenilkarbazidlə rəngli birləşmə əmələ gətirirlər. Lakin 0,2 mol/l nitrat turşusu olan məhlulda reaksiya  $\text{Hg}^{2+}$  ionu üçün səciyyəvidir. Xlorid ionları olduqda, az dissosiasiya edən  $\text{HgCl}_2$  birləşməsinin əmələ gəlməsi üzündən civə ionunun təyin edilməsi çətinləşir.

Təcrübəni damcı üsulu ilə aşağıdakı kimi aparın:

Süzgəc kağızını 2 damcı difenilkarbazidin spirtdə məhlulu ilə isladın və sonra da qurudun. Tədqiq edilən zəif turş reaksiyalı məhlulun bir damcısını ləkənin üzərinə damızdırın. O zaman ləkənin bənövşəyi rəngə boyanması civənin olmasını göstərir. Əmələ gəlmiş ləkəni ammoniyak buxarına tutduqda, rəngi intensivləşir.

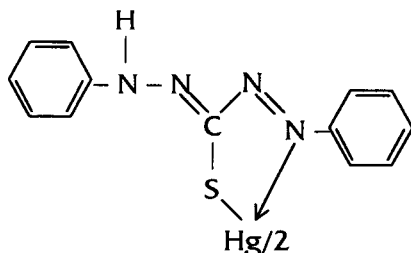
Təcrübəni damcı lövhəsi üzərində aşağıdakı qayda ilə aparın:

Damcı lövhəsinin üzərinə bir damcı neytral analiz edilən məhlul, bir damcı da difenilkarbazid məhlulu damızdırın. Göy və ya bənövşəyi rəngin alınması civə ionunun olmasını göstərir.

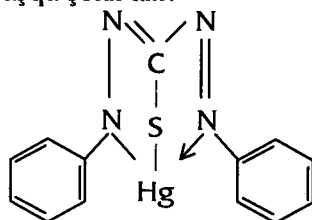
11. Ditizon ikivalentli civə duzu ilə daxili kompleks birləşmə

əmələ gətirir.

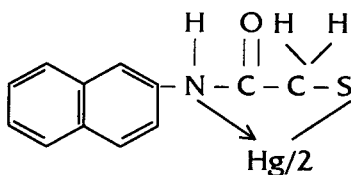
2-3 damcı ditizonun xloroformda məhlulu üzərinə 1-2 damcı ikivalentli civənin turş məhlulu əlavə edilir. Çalxaladıqdan sonra reaktivin göy rəngi sarımtıl-narıncı rəngə boyanır.



Zəif əsasi mühitdə məhlul qırmızı rəngə boyanır və civə-ditizonatın tərkibi başqa şəkil alır:



12. Tionalid ( $C_{10}H_7-NH-CO-CH_2-SH$ ) civə duzlarının qüvvətli turş məhlulları ilə çətin həllolan daxili kompleks birləşmə əmələ gətirir:

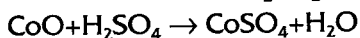
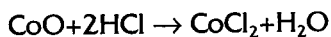


### 7.2.6. Kobalt

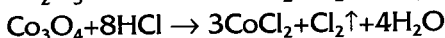
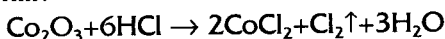
Kobalt boz rəngli parlaq metaldir. O, kobalt 2-oksidi  $CoO$ , kobalt 3-oksidi  $Co_2O_3$  və kobalt 2,3-oksiddən  $Co_3O_4$  ibarət üç cür oksid əmələ gətirir.

Kobalt 2-oksidi əsasi oksid olub, durulaşdırılmış turşularda

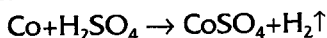
yaxşı həll olur və ikivalentli kobaltın müvafiq duzlarını əmələ gətirir:



Kobaltın qalan oksidləri də xlorid turşusunda həll olur, sərbəst xlor ayrılır.



Kobalt metalı durulaşdırılmış xlorid, sulfat və nitrat turşusunda həll olur:



İkivalentli kobalt duzları sabit birləşmələr olub, havada oksidləşmir.

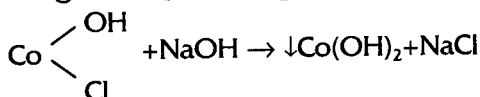
Kobalt 2-hidroksid açıq çəhrayı rəngli çöküntü olub, əsasi xassəyə malikdir. Kobalt 2-hidroksid turşularda, ammonium duzlarında və ammonium-hidroksiddə həll olur, lakin qələvilərdə həll olmur.

Kobaltın xlorid, nitrat və sulfat duzları suda yaxşı həll olur. Kobaltın sulfid, fosfat, ferrosianid, xromat və s. duzları suda həll olmur.

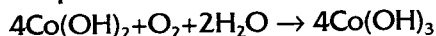
Kobalt duzları qismən hidroliz edir. Ona görə də kobalt duzlarını suda həll etdikdə, alınan məhlul turşu xassəli olur.

*Co<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli kobalt ionu açıq çəhrayı rənglidir.

1. Qələvi məhlulları kobalt duzları ilə göy rəngli əsasi duz çöküntüsü əmələ gətirir. Qələvi artığında

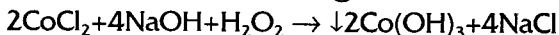


Alınmış kobalt 2-hidroksid havada qaldıqda tədricən qonurlaşır və kobalt 3-hidroksidə çevrilir. Bu xassəsinə görə kobalt nikeldən fərqlənir.



Kobalt duzları məhluluna qələvi ilə birlikdə oksidləşirici olaraq hidrogen-peroksid əlavə edilərsə, tutqun qonur rəngli

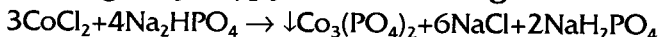
kobalt 3-hidroksid çöküntüsü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş kobalt 3-hidroksid çöküntüsü sulfat turşusunda həll olmur; lakin sulfat turşusu ilə hidrogen-peroksid və ya natrium-nitrit qarışığında həll olur. Çünki turş mühitdə hidrogen-peroksid və ya natrium-nitrit üçvalentli kobaltı iki valentə qədər reduksiya edir.

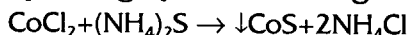
2. Qələvi metal karbonatlarının məhlulu ilə ikivalentli kobalt duzlarına təsir etdikdə, qırmızımtıl rəngli dəyişkən tərkibli əsasi duz əmələ gəlir. Alınan çöküntü durulaşdırılmış turşularda, ammonium-hidroksiddə və ammonium-karbonatda həll olur.

3. Natrium-monohidrofosfatla kobalt duzlarına təsir etdikdə, bənövşəyi rəngli  $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$  çöküntüsü əmələ gəlir:

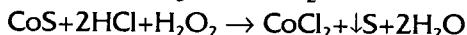
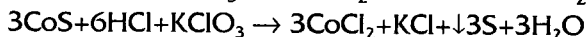


Əmələ gəlmiş çöküntü mineral turşularda həll olur.

4. Ammonium-sulfidin təsiri. Ammonium-sulfid məhlulu kobalt duzları ilə qara rəngli çöküntü əmələ gətirir:

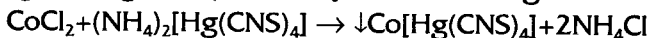


Təzə alınmış  $\alpha$ -kobalt-sulfid durulaşdırılmış mineral turşularda asanlıqla həll olur. Lakin  $\alpha$ -kobalt-sulfid çöküntüsü bir az havada qaldıqda  $\beta$ -kobalt-sulfid adlanan yeni modifikasiya əmələ gətirir ki, o da 2 N xlorid turşusunda həll olmur.  $\beta$ -kobalt-sulfid çöküntüsü zərhdə, qatı nitrat turşusunda və oksidləşdiricilərin (hidrogen-peroksid, kalium-xlorat) iştirakı ilə durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur:



Turş mühitdə, hidrogen-sulfidlə təsir etdikdə, kobalt ionu çökmür. Lakin ammonium-hidroksid mühitində kobalt ionu hidrogen-sulfidlə miqdarən çökür.

5. Ammonium-tetradanohidroarqoatı  $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$  ikivalentli kobalt duzlarına əlavə edib azacıq gözlədikdə, tutqun göy rəngli  $\text{Co}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$  tərkibli çöküntü əmələ gəlir:



Qarışığa azacıq miqdarda sink duzu əlavə etdikdə,



çöküntünün alınması sürətlənir. Məhlulda üçvalentli dəmir ionu olduqda reaksiyanın gedişinə maneçilik törədir.

0,5-1,0 ml ammonium-tetRARodanohidroarqoat məhlulu 5-10 damcı 2N sulfat turşusu məhlulu ilə turşulaşdırılır və üzərinə 1-2 ml 10 faizli sink-sulfat və bir az da kobalt duzu məhlulu tökülür. Dərhal mavi-göy rəngli kristal çöküntünün  $\text{Co}[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$  alınması kobaltın olmasını göstərir.

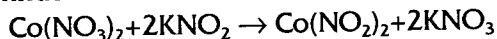
Qələvi metal duzlarının artığı olduqda reaksiyanın gedişinə mane olur.

6. Kalium-nitritin artıq miqdarda məhlulu asetat turşusu iştirak etdikdə kobalt duzları ilə sarı rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir.

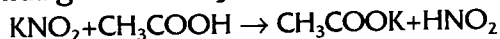


Göstərilən reaksiya tənliyini aşağıdakı ardıcıl reaksiya sxemləri ilə izah etmək olar.

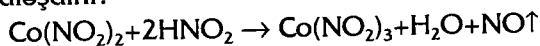
Birinci növbədə ikivalentli kobalt duzu ilə kalium-nitritin qarşılıqlı təsirindən kobalt 2-nitrit alınır:



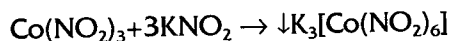
Eyni zamanda kalium-nitritin başqa molekulu ilə asetat turşusu arasında gedən reaksiya nəticəsində nitrit turşusu alınır:



Əmələ gəlmiş nitrit turşusu kobalt 2-nitriti kobalt 3-nitritə qədər oksidləşdirir:



Nəhayət, əmələ gəlmiş kobalt 3-nitrit kalium-nitritin artığı ilə birləşərək, kalium-heksanitro-kobaltiat çöküntüsünü əmələ gətirir:



Yuxarıda təsvir edilən reaksiya, kobaltın səciyyəvi reaksiyalarından biri olub, çox həssasdır. Bu reaksiya vasitəsilə ikivalentli kobalt ionunu nikel ionundan ayırmaq mümkündür. Kobalt duzlarının çox durulaşdırılmış məhlulu götürüldükdə qızdırmaqla və bir qədər də gözlədikdə tam çökməyə nail olmaq olar.

7. Ammonium- və ya kalium-rodanid ikivalentli kobalt duzu ilə intensiv göy rəngli kompleks birləşmə əmələ gətirir:



Məhlulun üzərinə amil spirti və ya amil spirti ilə efir qarışığı töküb çalxaladıqda alınan kompleks həlledici layına keçir və onu intensiv göy rəngə boyayır.

Qeyd etmək lazımdır ki,  $[\text{Co}(\text{CNS})_4]^{2-}$  kompleks ionu davamlı deyil, durulaşdırılmış məhlullarda parçalanır və ikivalentli kobalt ionu əmələ gəlir. Bunun nəticəsində məhlulu açıq gülü rəngə boyanır. Lakin tetraodano-kobaltiat ionu kifayət qədər davamlı olur.

Üçvalentli dəmir ionu reaksiyanın getməsinə maneçilik törədir. Çünki üçvalentli dəmir ionu rodanid ionu ilə qan rəngli birləşmə əmələ gətirir ki, bu da efirlə amil spirti qarışığında həll olub onu qırmızı rəngə boyayır. Ona görə də ikivalentli kobalt ionu ilə üçvalentli dəmir ionu bir yerdə olduqda qarışığın üzərinə oksalat, flüorid və ya fosfat ionu əlavə edirlər. Belə olduqda həmin ionlar üçvalentli dəmir ionu ilə  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  və ya  $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{2-}$  tərkibli davamlı kompleks ion əmələ gətirir ki, bu da ikivalentli kobaltın rodanid ionu ilə intensiv göy rəng əmələ gətirməsinə maneçilik törətir.

Göstərilənlərdən əlavə üçvalentli dəmir ionunun iştirakı ilə kobalt ionunu rodanidlə təyin etmək üçün qalay 2-xloriddən də istifadə etmək olar. Belə olduqda qalay 2-xlorid üçvalentli dəmir ionunu ikivalentli dəmir ionuna reduksiya edir ki, o da rodanid ionu ilə heç bir rəng əmələ gətirmir.

Analiz edilən məhlulda üçvalentli dəmir olmadıqda reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı ikivalentli kobalt duzu məhlulu, 8-10 damcı ammonium- və ya kalium-rodanidin doymuş məhlulunu (və ya rodanid duzu kristalından bir az) və 5-6 damcı da amil spirti və ya efir ilə amil spirti qarışığını əlavə edib çalxalayın. Həlledici layının intensiv göy rəngə boyanması ikivalentli kobaltın olmasını göstərir.

8. Kalium-ferrosianid  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  kobalt duzu məhlulları ilə yaşıl rəngli kobalt-ferrosianid  $\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  çöküntüsü əmələ gətirir.

9. Tiokarbamid reaktivi kobalt duzları ilə üzvi həlledicilərdə həllolan göyümtül rəngli  $[\text{Co}(\text{CSN}_2\text{H}_4)_7]\text{Cl}_4$ , göyümtül-yaşıl rəngli  $[\text{Co}(\text{CSN}_2\text{H}_4)_4]\cdot(\text{NO}_3)_4$  və intensiv göy rəngli  $[\text{Co}(\text{CSN}_2\text{H}_4)_3](\text{SO}_4)_2$  tərkibli kompleks birləşmələr əmələ gətirir.

Göstərilən birləşmələrin hamısı spirtdə, asetonda və başqa üzvi həlledicilərdə həll olaraq göy rəngə boyanır.

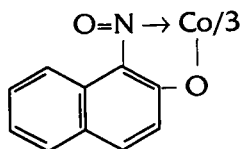
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir az quru tiokarbamid töküüb, 1-2 damcı kobalt ionu məhlulu ilə isladın. Ehmalca qızdırın zaman qarışıq göy və ya yaşıl rəngə boyanır ki, bu da kobalt kationunun olmasını göstərir.

Göstərilən üsulla minimum 1,25 mq kobaltı təyin etmək mümkündür. Durulaşdırma həddi 1:40000-dir.

10.  $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftol  $\text{C}_{10}\text{H}_6$   $\begin{matrix} \text{NO} \\ \text{OH} \end{matrix}$  (İlinski reaktivi)

kobalt (II) duzlarını kobalt (III) duzlarına qədər oksidləşdirir və qırmızı rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gəlir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

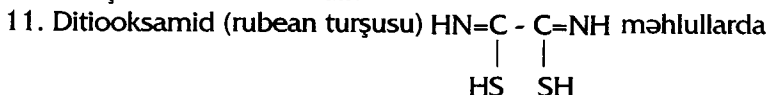
Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı kobalt duzunun neytral və ya zəif turş məhlulu, 1-2 damcı asetat turşusu, 5-6 damcı  $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftol məhlulu töküüb su hamamında qızdırın. Qırmızı rəngli çöküntünün alınması kobalt ionlarının olmasını göstərir.

Damcı üsulu ilə reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparmaq olar:

Süzgəc kağızına bir damcı tədqiq edilən məhluldan damızdırın. Damcı çox turş olduqda ləkəni ammoniyak buxarında bir az saxlayın. Sonra həmin ləkəni bir damcı  $\alpha$ -nitrozo  $\beta$ -naftol reaktivi ilə isladın. Ləkənin üzərinə bir damcı 2n sulfat turşusu məhlulu damızdırdıqda, onun tutqun qırmızı rəngə boyanması kobalt (II) ionunun olmasını göstərir.

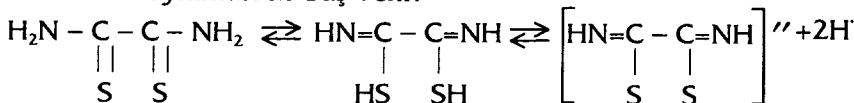
Məhlulda  $\text{Cu}^{2+}$  və  $\text{Fe}^{3+}$  ionları olduqda, göstərilən tutqun-qırmızı rəngin alınmasına həmin ionlar maneçilik göstərir. Çünki  $\alpha$ -nitrozo  $\beta$ -naftol reaktivi ilə mis və dəmir ionları müxtəlif rəngli

birləşmələr əmələ gətirirlər. Ona görə də reaksiyanı apararkən, natrium-monohidrofosfat əlavə etməklə mis və dəmir ionlarını əvvəlcədən çökdürmək lazımdır.

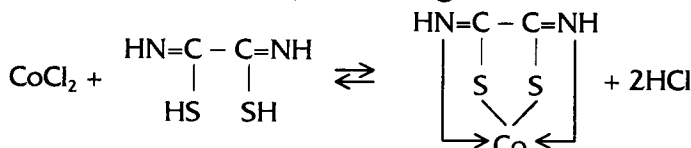


özünün tautomer asidoforması ilə (turşu forması) tarazlıqda olur.

Rubean turşusunun turşu formasının dissosiasiyası  $\text{H}^+$  ionlarının ayrılması ilə baş verir:



Rubean turşusunun spirtə məhlulu  $\text{Co}''$  ionu ilə qırmızı rəngli daxili kompleks birləşmə əmələ gətirir.



Göstərilən reaksiya tənliyinin soldan sağa doğru getməsi üçün məhlula ammonium-hidroksid və ya natrium-asetat məhlulu əlavə etmək lazımdır. Gümüş, nikel və  $\text{Cu}''$  ionları kobalt ionunun rubean turşusu ilə təyin edilməsinə mane olurlar.

12. Natrium-tiosulfat kristalı və bir neçə damcı etil spirti 2-3 damcı kobalt duzu məhlulu üzərinə əlavə edildikdə, etil spirtində həll olmayan göy rəngli kobalt-tiosulfat  $\text{CoS}_2\text{O}_3$  əmələ gəlir.

13. Quru üsul. Kobalt birləşmələri natrium-tetraboratla göy rəngli muncuq əmələ gətirir. Artıq miqdarda nikel ionu olduqda muncuq qonur rəngə boyanır.

### 7.2.7. Nikel

Nikel parlaq, gümüşü-ağ metaldır. Nikelə təbiətdə kobaltla birlikdə rast gəlinir. Ona görə də nikel metalında və nikel birləşmələrində həmişə kobalt qarışığı olur.

Nikel boz-yaşıl rəngli nikel 2-oksidi  $\text{NiO}$  əmələ gətirir.

Bundan başqa, nikel 3-oksidi  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ , nikel 2,3-oksidi  $\text{Ni}_3\text{O}_4$  və nikel 4-oksidi  $\text{NiO}_2$  məlumdur. Bütün bu oksidlər durulaşdırılmış sulfat və flüorid turşuları ilə qarışdırıldıqda, nikelin ikivalentli

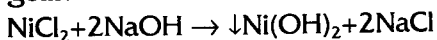
duzları alınır.

Nikel oksidləri ilə xlorid və sulfat turşuları arasında gedən reaksiya nəticəsində oksigen və ya xlor ayrılır. Nikel 2-hidroksid yaşıl rənglidir. İkivalentli nikel duzları üzərinə qələvi əlavə etdikdə, nikel 2-hidroksid alınır.

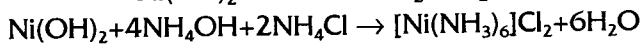
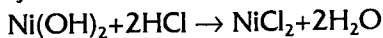
Nikelin (II) həll olmayan birləşmələri sırasına NiS, Ni(OH)<sub>2</sub>, NiCO<sub>3</sub> və s. daxildir.

*Ni<sup>2+</sup> ionunun reaksiyaları.* İkivalentli nikel ionları yaşıl rəngli olur.

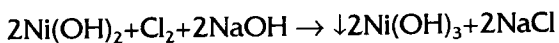
1. Qələvilərlə nikel duzlarına təsir etdikdə açıq yaşıl rəngli çöküntü əmələ gəlir.



Alınmış çöküntü reaktiv artığında həll olmur, lakin durulaşdırılmış turşularda və ammonium-hidroksiddə həll olur:



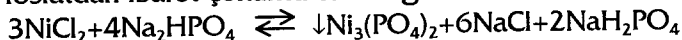
Nikel 2-hidroksid kobalt 2-hidroksiddən fərqli olaraq havada qaldıqda və ya hidrogen-peroksidlə təsir etdikdə oksidləşmir. Lakin qələvi mühitdə brom, xlor kimi qüvvətli oksidləşdiricilərlə təsir etdikdə, nikel 2-hidroksid nikel 3-hidroksidə qədər oksidləşir:



2. Qələvi metalların karbonatları nikel (II) duzları məhlulu ilə açıq yaşıl rəngli dəyişən tərkibli nikel-karbonatla nikel-hidroksid qarışığından ibarət çöküntü əmələ gətirir.

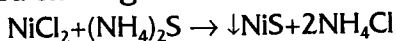
Əmələ gələn çöküntü ammonium-hidroksiddə və ammonium-karbonat məhlulunda həll olur.

3. Natrium-monohidrofosfat nikel duzları ilə açıq yaşıl rəngli nikel-fosfatdan ibarət çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü asetat turşusunda və durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur.

4. Ammonium-sulfid nikel ionu ilə qonur qara rəngli nikel - $\alpha$ -sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:



Nikel ionunu sulfidlərlə çökdürdükdə çox zaman kolloid

məhlul alınır. Qeyd etmək lazımdır ki, nikel-sulfidin  $\alpha$ -NiS,  $\beta$ -NiS və  $\gamma$ -NiS olmaqla üç növ şəkildəyişməsi məlumdur. Təzə hazırlanmış nikel-sulfid çöküntüsü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur ki, o da  $\alpha$ -nikel-sulfid şəkildəyişməsinə uyğun gəlir;  $\alpha$ -nikel-sulfid bir az havada qaldıqda,  $\beta$  və  $\gamma$  nikel-sulfidə çevrilir ki, onlar da durulaşdırılmış mineral turşularda həll olurlar.

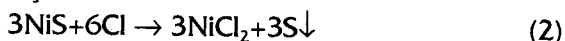
Nikel-sulfidin  $\alpha$  və  $\beta$  şəkildəyişmələri zərhəldə, qatı nitrat turşusunda və habelə kalium-xlorat və ya hidrogen-peroksid kimi oksidləşdiricilərin iştirakı ilə 2N xlorid turşusunda həll olur:



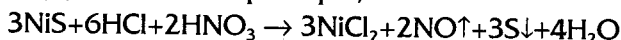
Nikel-sulfidin zərhəldə həll olması reaksiyası iki fazada gedir. Birinci fazada nitrat turşusu xlorid turşusunu oksidləşdirir və nəticədə atomar halında xlor ayrılır:



İkinci fazada ayrılan xlor atomu sulfid ionunu sərbəst kükürdə qədər oksidləşdirir:

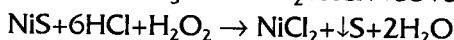
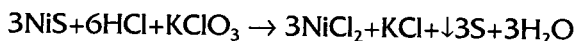


(1) və (2) tənliklərini topladıqda,

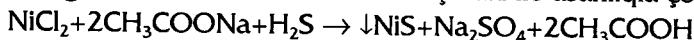


alınır.

Nikel-sulfid oksidləşdiricilərin iştirakı ilə durulaşdırılmış turşularda da həll olur:



Turş mühitdə hidrogen-sulfid məhlulu ilə nikel-sulfid çöküntüsü əmələ gəlmir; lakin natrium-asetatın iştirakı ilə asanlıqla çökür:



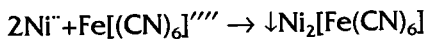
Nikel-sulfidin miqdarən çökməsi üçün tədqiq edilən məhlula qüvvətli qələvi reaksiya alınincaya qədər ammonium-hidroksid məhlulu əlavə edilir, qarışıq qaynayincaya qədər qızdırılır və sonra da hidrogen-sulfid buraxılır.

Göstərilənlərdən əlavə nikel ionunu sulfid şəklində miqdarən çökdürmək üçün tədqiq edilən məhlula bir az natrium-asetat məhlulu töküüb qaynatmaq lazımdır.

Nikel-sulfidin kolloid hala keçməməsi üçün ammonium-

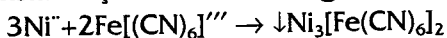
sulfid məhlulunu təzə hazırlamaq lazımdır. Bundan əlavə, bir də nikel-sulfid çöküntüsünü havada saxlamaq olmaz.

5. Kalium-ferrosianid  $K_4[Fe(CN)_6]$  ilə nikel duzları məhlullarına təsir etdikdə sarımtıl-yaşıl rəngli nikel-ferrosianid çöküntüsü ayrılır. Alınan çöküntü turşularda həll olmur, lakin qatı ammonyakda həll olur:



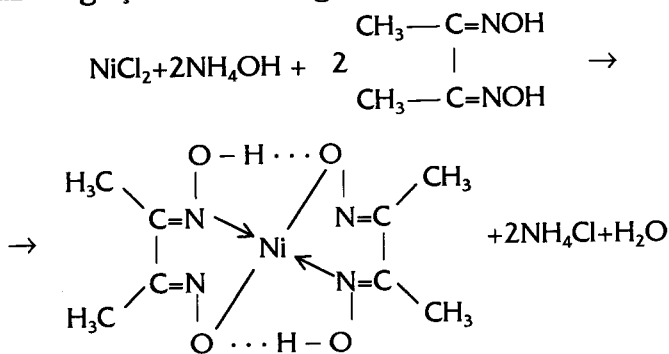
Ammonyak məhlulu mühitində çalxaladıqda bənövşəyi rəngli  $[Ni(NH_3)_6]_2[Fe(CN)_6]$  tərkibli kristallar əmələ gəlir.

6. Kalium-ferrisianid  $K_3[Fe(CN)_6]$  nikel ionları ilə yaşılımtıl-sarı rəngli nikel-ferrisianid çöküntüsü əmələ gətirir:



7. Natrium-arsenit və natrium-arsenat  $Na_3AsO_3$  və  $Na_3AsO_4$  nikel duzları məhlulları ilə yaşıl rəngli  $Ni_3(AsO_3)_2$  və  $Ni_3(AsO_4)_2$  çöküntüsü əmələ gətirir.

8. Dimetilqliksim (Çuqayev reaktiv) nikel ionu ilə ammonium-hidroksid ya asetat turşusu mühitində səciyyəvi al-qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

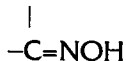
Sınaq şüşəsinə 1-2 damcı nikel duzu məhlulu, bir damcı ammonium-hidroksid məhlulu və bir damcı da dimetilqliksim məhlulu əlavə edin. Al-qırmızı rəngli çöküntünün alınması nikel ionunun olmasını göstərir. Nikelin dimetilqliksimlə təyin edilməsinə  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  və s. ionlar mane olurlar. Həmin ionların iştirakı ilə nikel ionunu aşağıdakı qayda ilə təyin etmək olar.

Süzgəc kağızına bir damcı natrium-monohidrofosfat məhlulu

sonra da bir damcı tədqiq edilən məhluldan və yenidən bir damcı natrium-monohidrofosfat məhlulu damızdırın. Əmələ gəlmiş ləkənin hər tərəfini bir damcı dimetilqlioksim məhlulu ilə isladın və qatı ammonium-hidroksid buxarında bir az saxlayın. Nikel ionu olduqda, ləkənin ətrafında al-qırmızı rəngli halqa əmələ gəlir.

Natrium-monohidrofosfat ona görə əlavə edilir ki, reaksiyanın gedişinə mane olan kationlar çətin həll olan fosfatlar əmələ gətirməklə çöksün. Beləliklə, çətin həll olan fosfatlar damcının ortasında çökür; nisbətən yaxşı həll olan nikel-fosfat isə damcının ətrafında yayılır ki, bu da reaktivlə al-qırmızı ləkə əmələ gətirir.

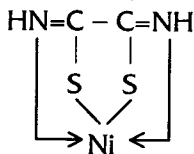
Qeyd etmək lazımdır ki, hal-hazırda nikelin təyini üçün dimetilqlioksimin əvəzinə bəzən dimetilqlioksim tsikloheksim dion-dioksim və s. molekulunda  $-C=NOH$  qrupu olan üzvi



reaktivlər (dioksimlər) də tətbiq edilir. Bu qrup  $Ni^{2+}$  ionu üçün spesifikdir.

9. Ditiooksamid (rubean turşusu) nikel duzları ilə göy-bənövşəyi rəngli çöküntü əmələ gətirir. Əmələ gələn nikel-rubeanat çöküntüsü mineral turşularda və ammonium-hidroksiddə çətin həll olur.

Nikel rubeanat aşağıdakı quruluşa malikdir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Süzgəc kağızına bir damcı analiz edilən maddənin zəif turşu məhlulunu, bir damcı da rubean turşusu damızdırın. Nikel ionu olduqda tutqun-göy rəngli ləkə əmələ gəlir. Göstərilən effekt alınmadıqda, deməli, məhlul artıq dərəcədə turşudur. O zaman bir damcı natrium-asetat məhlulu tökməklə gözlənilən rəngli ləkəni almaq olar.

Rubean turşusu ilə ikivalentli mis sarımtıl-yaşıl, gümüş və



birvalentli civə qara rəngli çöküntü verdikləri üçün onlar nikel-ruebanatın rəngini pərdələyirlər. Ona görə də göstərilən ionlar əvvəlcədən kənar edilməlidir. Bundan başqa, üçvalentli dəmir ionunu flüorid ionu ilə kompleks birləşməyə keçirmək lazımdır.

### 7.2.8. Beşinci qrup kationları qarışığının analizi

#### İlkin yoxlamalar

$\text{Cu}^{2+}$  – 1) Qatı ammoniyak məhlulu ilə yoxlamaq (məhlulun rəngini aydın görmək üçün qarışığı süzmək yaxşı olar);

2) Asetat turşusu mühitində  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ilə reaksiya.

$\text{Ni}^{2+}$  - ammonium-hidroksid mühitində dimetilqliksimlə reaksiya.

$\text{Co}^{2+}$  – 1) Spirt iştirak etdikdə natrium-tiosulfatla reaksiya;

2) Asetat turşusu mühitində  $\text{KNO}_2$  ilə reaksiya;

3) Etil efiri, etil spirti yaxud asetonun iştirakı ilə ammonium-rodanidlə reaksiya.

$\text{Hg}^{2+}$ -in mis lövhəsi üzərində reaksiyası.

Analizin gedişi. Beşinci qrup kationlarından ibarət analiz edilən məhlulun üzərinə artıq miqdarda ammonium-hidroksid əlavə edilir. 50-60 dərəcə qızdırılır və hidrosidlərdən ibarət çöküntü tam həll oluncaya qədər qarışdırılır. O zaman beşinci qrup kationlarının hamısı ammoniyak kompleksi şəklində məhlula keçir. Qarışığın üzərinə turş reaksiya alınuncaya qədər 2 N sulfat turşusu əlavə edilir, sonra az-az natrium-tiosulfat kristalları daxil edilir. O zaman ikivalentli mis və civə sulfidlər şəklində çökür. Qarışıq süzülür. Süzüntüdə nikel, kobalt və kadmium kationları qalır. Mis və civə sulfidlərdən ibarət çöküntü su ilə yuyulur və qızdırılaraq 2 N nitrat turşusunda həll edilir.

Mis 2-sulfid həll olur, ammoniyakat kompleksi və tutqun qırmızı rəngli  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  kompleksinin alınması yolu ilə ikivalentli misin olması bir daha sübut edilir. Nitrat turşusunda həll olunmayan çöküntü Komarovski reaktivində qızdırıldıqda həll edilir. Civə kationu təyin edilir.

1) Məhlulun bir hissəsini soda ilə neytrallaşdırmaqla kalium-

yodid reaksiyası ilə;

2)  $\text{SnCl}_2$  – ilə.

İkivalentli mis və civə sulfidlər şəklində ayrıldıqdan sonra qalan süzüntü analiz edilir.

$\text{Ni}^{2+}$  – dimetilqliksim reaktivi ilə;

$\text{Co}^{2+}$  – 1) Asetat turşusu mühitində kalium-nitrit ilə;

2) Spirt iştirak etməklə natrium-tiosulfat ilə;

3) Ammonium-rodanidlə;

$\text{Cd}^{2+}$  – 1) Kadion reaktivi ilə;

2) Hidrogen-sulfid ilə;

3) Kalium-yodid və ammonium-hidroksidlə ilə.

Cədvəl 17. V qrup kationları qarışıq analizinin ardıcıl gedişi sxemi

1. Analiz edilən məhlul turş mühitdə natrium-tiosulfatla işlənir və süzülür		
2. $\text{Cu}_2\text{S}$ , $\text{HgS}+\text{Hg}$ -dan ibarət çöküntü (I) qızdırılır və nitrat turşusu məhlulu ilə işlənilib süzülür.		5. Sentrifüqada (I) $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ və $\text{Ni}^{2+}$ olur. Aşağıdakı reaksiyalarla onları təyin edin: $\text{Cd}^{2+}$ -1) Kadion reaktivi ilə 2) $\text{H}_2\text{S}$ ilə 3) $\text{KJ}$ və $\text{NH}_4\text{OH}$ artığı ilə $\text{Co}^{2+}$ – 1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ +etil spirtlə 2) $\text{NH}_4\text{CNS}$ ilə 3) $\text{KNO}_2+\text{CH}_3\text{COOH}$ ilə $\text{Ni}^{2+}$ -dimetilqliksim ilə
3. Süzüntüdə (II) $\text{Cu}^{2+}$ ammonium-hidroksid, yaxud $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]+\text{CH}_3\text{COOH}$ ilə təyin edilir.	4. $\text{HgS}$ çöküntüsünü Komarovski reaktivində həll edib, $\text{Hg}^{2+}$ 1) $\text{KJ}$ , yaxud 2) $\text{SnCl}_2$ əlavə etməklə təyin edilir.	

## VIII FƏSİL

### ALTINCI QRUP KATIÖNLƏRİ

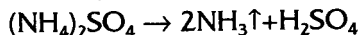
#### 8.1. ALTINCI QRUP KATIÖNLƏRİNİN REAKSIYALARI VƏ ANALİZİN GEDİŞİ

##### 8.1.1. Altıncı analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası

Altıncı analitik qrupa  $K^+$ ,  $Na^+$  və  $NH_4^+$  kationları daxildir. Kalium və natrium kimyəvi elementlərin dövri sistemində birinci qrupda yerləşir. Onlar metallıq xassələrinə malikdir. Adi temperaturda suyu şiddətlə parçalayır; nəticədə hidrogen ayrılır və uyğun qələvilər əmələ gəlir. Bu elementlərin ionlarının tamamlanmış səkkiz elektronlu elektron təbəqələri var. Kalium, natrium və ammoniumun əksər duzları və onların hidrokisidləri suda yaxşı həll olurlar. Heç bir reaktivlə altıncı qrup kationlarının hamısını çökdürmək mümkün deyildir. Məhz ona görə də başqa qrup kationlarından fərqli olaraq altıncı qrup kationlarının qrup reaktivləri yoxdur.

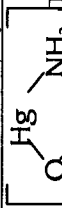
Ammonium ionu iki elementdən ibarət iondur. O, xassə etibarilə kalium və natrium ionlarına oxşayır. Ammonium-hidroksid qələvi xassəyə malikdir. Lakin ammonium-hidroksid natrium- və kalium-hidroksidlərə nisbətən olduqca zəifdir; daha doğrusu, 1N məhlulda onun dissosiasiya dərəcəsi 0,4%-dir.

Ammonium ionundan başqa altıncı qrup kationlarının heç biri, oksidləşdirici və reduksiyaedicilərlə təsir etdikdə valentliyini dəyişmir. Oksidləşdirici turşulardan əmələ gəlmiş ammonium duzlarından başqa bütün ammonium duzları digər metalların, həmçinin kalium və natriumun duzlarından fərqli olaraq bərk qızdırıldıqda qaz şəklində ammoniyak ayrılmaqla parçalanır.



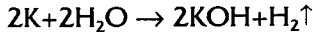
Altıncı analitik qrupa bəzi reaktivlərin təsirinin xülasəsi 18-ci cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 18. Altıncı analitik qrup kationlarına bəzi reaktivlərin təsirinə xülasəsi

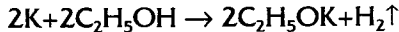
Reaktivlər	Kationlar	
	K	Na
NaOH və ya KOH qaynadıldıqda	-	Na <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NH <sub>3</sub> ↑
Na <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]↓ sarı	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]↓ sarı
NaHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ↓ ağ	NH <sub>4</sub> HC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ↓ ağ
K <sub>2</sub> [HgJ <sub>4</sub> ] + KOH (Nessler reaktiv)	-	 ↓ qırmızı-qəhvəyi
K <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	-	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ↓ ağ
KZn(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> ·(CH <sub>3</sub> COO) <sub>9</sub>	-	NaZn(UO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> ·(CH <sub>3</sub> COO) <sub>9</sub> ·9H <sub>2</sub> O
Na <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	K <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]↓ qara	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]↓ qara
Qızartma	-	NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>

### 8.1.2. Kalium

Kalium gümüş kimi parlaq metal olub, çox yumşaqdır. O, asanlıqla havanın rütubətinin təsirindən oksidləşir. Su ilə şiddətlə reakesiyaya girir və hidrogen ayrılır:



Kalium metalı etil spirti ilə reaksiyaya daxil olaraq kalium-etilat əmələ gətirir:

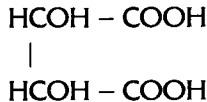


Kaliumun oksigenli birləşmələrindən  $K_2O$  və  $K_2O_2$  məlumdur.

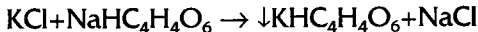
Kalium metalı suda həll edildikdə rəngsiz  $K^+$  kationu əmələ gətirir.

*K<sup>+</sup> ionunun reaksiyaları.* Kalium ionu reaksiyalarını öyrənmək məqsədilə, onun suda həll olan hər hansı bir duzunu, məsələn, kalium-xlorid, kalium-sulfat və s. götürmək olar.

1. Çaxır turşusu  $H_2C_4H_4O_6$  və onun turş natrium duzunun təsiri. Çaxır turşusuna tartrat turşusu da deyilir. Tartrat turşusu iki əsaslı turşudur, çünki onun molekulunda iki karboksil qrupu ( $-COOH$ ) vardır. Tartrat turşusunun quruluş formulu aşağıdakı kimidir:



Tartrat turşusu, turş və normal olmaqla, iki cür duz əmələ gətirir. Tartrat turşusunun  $K_2C_4H_4O_6$ ,  $KNaC_4H_4O_6$ ,  $Na_2C_4H_4O_6$  duzları suda həll olur. Ona görə də natrium-hidrotartrat məhlulu ammonium ionu olmadıqda, kalium kationu üçün səciyyəvi reaktivdir. Beləliklə, kalium ionu natrium-hidrotartrat məhlulu ilə suda həll olmayan çöküntü əmələ gətirir:



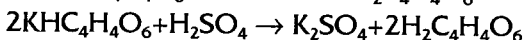
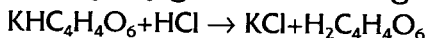
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 5-6 damcı hər hansı kalium duzu məhlulu, 5-6 damcı da  $NaHC_4H_4O_6$  məhlulunu tökün. Qarışığı müşahidə edin. Dərhal çöküntü alınmaya bilər. Çünki reaksiya zamanı bəzən ifrat doymuş məhlul alınır ki, bu da çöküntünün gec ayrılmasına səbəb olur. Belə olduqda, qarışıq yerləşən sınaq

şüşəsinin divarını şüşə çubuqla sürtmək lazımdır.

Çöküntünün alınmasını sürətləndirmək üçün reaksiya soyuq mühitdə aparılmalıdır. Bunun üçün, reaksiya aparılan sınaq şüşəsini ya su kranının yavaş axını altında tutmaq ya da soyuq su ilə dolu stəkana salıb şüşə çubuqla sürtmək lazımdır.

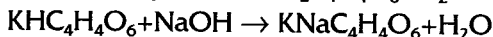
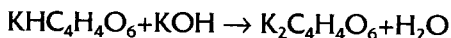
Kalium-hidrotartrat çöküntüsünün xassələrini öyrənmək üçün yuxarıda göstərilən qayda ilə alınmış çöküntünü qarışdırılır və ondan iki damcı götürüb, damcı lövhəsi çalmasına və ya sınaq şüşəsinə tökülür. Üzərinə bir damcı mineral turşu məhlulu (xlorid, sulfat və ya nitrat turşusu) töküüb qarışdırılır. Çöküntü dərhal həll olur. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Kalium-hidrotartrat çöküntüsünün mineral turşularda həll olmasına səbəb, reaksiyanın zəif dissosiasiya edən tartrat turşusu alınması istiqamətində getməsidir.

Kalium-hidrotartrat çöküntüsü qarışığında bir damcı götürüb, üzərinə 2-3 damcı asetat turşusu tökün və qarışdırın. Bu zaman siz  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  çöküntüsünün asetat turşusunda həll olmadığını görəcəksiniz. Buna səbəb asetat turşusunun tartrat turşusuna nisbətən daha zəif dissosiasiya etməsidir.

İki sınaq şüşəsinin hər birinə kalium-hidrotartrat çöküntüsündən bir damcı töküüb, üzərinə 2-3 damcı da kalium- və ya natrium-hidroksid məhlulu əlavə edilir. Hər iki halda çöküntü həll olur:



Kalium-hidrotartrat çöküntüsünün qələvilərdə həll olmasına səbəb, reaksiya nəticəsində praktiki olaraq dissosiasiya etməyən su molekulunun və suda yaxşı həll olan normal kalium-tartrat və ikiqat kalium-natrium-tartratın (seqnet duzu) alınmasıdır.

15°C-də 100 ml suda 0,57 q kalium-hidrotartrat həll olduğu halda, 100°-də 6,57 q həll olur.

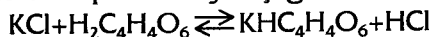
Göstərilənlərdən başqa kalium kationunun hidrotartrat şəklində çökməsi üçün onun məhluldakı qatılığı kifayət qədər çox olmalıdır.

Yuxarıda göstərilənlərə əsasən kalium kationunun hidrotartrat şəklində çökməsini təmin etmək üçün aşağıdakı şərtlərə riayət edilməlidir:

1. Məhlulda kalium kationunun qatılığı çox olmalıdır.
2. Reaksiyanı soyuq şəraitdə aparmaq lazımdır.
3. Tədqiq ediləcək məhlulun reaksiyası neytral olmalıdır.

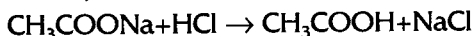
Göstərilən şərtləri əldə etmək üçün çox zaman tələbələrin özlərinin təşəbbüs göstərmələri lazım gəlir. Məsələn, fərz edək ki, tədqiq edilən məhlulun qatılığı azdır. O zaman məhlulu qatılaşdırmaq lazımdır. Bunun üçün məhlulu buxarlandırmaq yolu ilə arzu edilən qatılığı əldə etmək olar; yaxud tədqiq edilən məhlulu qələvi xassəlidirsə, onu neytrallaşdırmaq üçün yaxşı olar ki, asetat turşusundan istifadə edilsin. Çünki asetat turşusunun bir qədər artığı olduqda kalium-hidrotartrat çöküntüsünün alınmasına maneçilik törətmir. Tədqiq edilən məhlul turş xassəli olduqda, onu natrium-hidroksid və ya natrium-asetat məhlulu ilə neytrallaşdırmaq lazımdır. Belə halda kalium-hidroksid məhlulundan istifadə etmək olmaz. Çünki başlıca məqsəd, kalium kationunun təyin edilməsidir.

Yuxarıda qeyd etdik ki, kalium kationunu təyin etmək üçün natrium-hidrotartratdan başqa, tartrat turşusundan da istifadə etmək olar. Belə olduqda reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

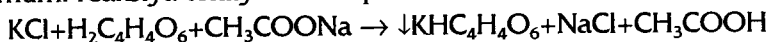


Göstərilən reaksiya nəticəsində xlorid turşusu alınır. Kalium-hidrotartrat çöküntüsü HCl turşusunda həll olduğu üçün reaksiya dönər olur.

Reaksiyanın dönərliyini aradan qaldırmaq məqsədilə məhlula bir qədər natrium-asetat və ya onun məhlulunu əlavə edirlər. Bunun nəticəsində, əmələ gəlmiş xlorid turşusu asetat turşusu ilə əvəz olunur ki, bu da kalium-hidrotartrat çöküntüsünü həll edə bilmir. Məsələn,



İki sonuncu reaksiya tənliklərini topladıqda, aşağıdakı ümumi reaksiya tənliyini almaq olar:

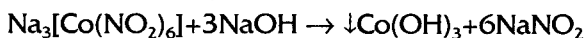


Beləliklə, kalium ionu ilə hidrotartrat ionları arasındakı reaksiya tənliyi soldan sağa doğru, daha doğrusu, kalium-

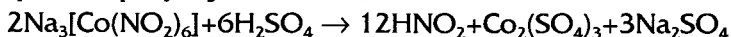
hidrotartrat çöküntüsünün alınması istiqamətində gedir.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, natrium hidrotartrat reaktivini ammonium ionu ilə kalium kationunda olduğu kimi suda həll olmayan  $\text{NH}_4\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  çöküntüsü əmələ gətirir. Buna görə də ammonium ionu olduqda göstərilən reaktivlə kalium kationunu təyin etmək mümkün deyildir.

2. Natrium-heksanitro-kobaltiat reaktivini ilə kalium kationunu təyin edərkən məhlulda hidrosil ionu olmamalıdır. Əks halda kompleks birləşmə parçalanır və nəticədə qara rəngli  $\text{So}(\text{ON})_3$  çöküntüsü alınır. Məsələn,

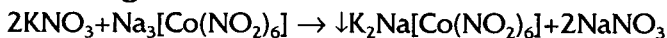


Qüvvətli mineral turşular da natrium-heksanitro-kobaltiat kompleksini parçalayır. Məsələn,



Asetat turşusu natrium-heksanitro-kobaltiat kompleksini parçalamır. Ona görə də kaliumu bu reaktivlə təyin edərkən, reaksiyanı neytral və ya asetat turşusu mühitində aparmaq lazımdır.

Natrium-heksanitro-kobaltiat, kalium ionu ilə sarı rəngli, kristal kalium-natrium-heksanitro-kobaltiat  $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  çöküntüsü əmələ gətirir:



Kalium duzu artıq miqdarda olduqda,  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  tərkibli çöküntü alınır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Damcı lövhəsi yuvasına və ya sınaq şüşəsinə 2-3 damcı kalium duzu məhlulu və 3-4 damcı da təzə hazırlanmış natrium-heksanitro-kobaltiat məhlulu tökün. Aydın görünən sarı rəngli kristal çöküntünün alınması, kalium ionunun olmasını göstərir. Çöküntü dərhal alınmadıqda bir qədər gözləmək lazımdır.

Kaliumun təyin edilməsi üçün tətbiq edilən natrium-heksanitro-kobaltiat reaktivini, natrium-hidrotartrat reaktivindən bir qədər həssasdır. Lakin natrium-heksanitro-kobaltiat reaktivini çox qaldıqda tez parçalanır və xarab olur. Ona görə də həmin reaktivin təzə hazırlanmış məhlulundan istifadə etmək lazımdır.

Ammonium ionu natrium-heksanitro-kobaltiat məhlulu ilə kaliumda olduğu kimi, sarı rəngli kristal çöküntü əmələ gətirdiyi



üçün kaliumun təyininə mane olur. Buna görə də reaksiyanı neytral və ya asetat turşusu mühitində və ammonium ionu olmadıqda aparmaq lazımdır.

3. Dipikrilamin (heksanitrodifenilamin) reaktivi kalium ionu ilə kiçik kristallardan ibarət narıncı-qırmızı rəngli çöküntü əmələ gətirir.

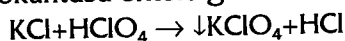
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

Süzgəc kağızına bir damcı kalium duzu məhlulu və bir damcı da dipikrilamin reaktivi tökdükdə, süzgəc kağızı üzərində narıncı qırmızı ləkə əmələ gəlir. Alınmış ləkəyə 1-2 damcı 2N xlorid turşusu əlavə etdikdə, ləkənin rəngi dəyişir. Reaksiyanı sınaq şüşəsində və ya damcı lövhəsi yuvasında da aparmaq olar.

4. Mikrokristaloskopik reaksiya. Əşya şüşəsi üzərinə qoyulmuş bir damcı kalium duzu məhlulunu quruyuncaya qədər buxarlandırdıqdan sonra üzərinə bir damcı  $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$  reaktivi tökün. Təxminən bir dəqiqə sonra alınan kristalları mikroskop altında müşahidə edin. Qara və ya qonur rəngli kub şəkilli  $\text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$  birləşmənin alınması kalium ionunun olmasını göstərir. Ammonium ionu da göstərilən reaktivlə kaliumda olduğu kimi çöküntü  $(\text{NH}_4)_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$  əmələ gətirir.

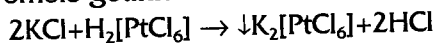
5. Kaliumun quru üsulla təyini. Kalium duzları lampanın rəngsiz alovunu bənövşəyi rəngə boyayır. Natrium duzları iştirak etdikdə alovun rəngi saralır. Ona görə də natrium duzları iştirak etdikdə kaliumu bu üsulla bilavasitə təyin etmək olmaz. Lakin kobalt şüşəsi və ya indiçə prizması vasitəsilə kalium və natrium duzları qarışığına baxdıqda rəngsiz alov bənövşəyi rəngə boyanır ki, bununla da kalium ionunu təyin etmək olur.

6. Perxlorat turşusu kalium duzu məhlulu ilə ağ rəngli kristal kalium-perxlorat çöküntüsü əmələ gətirir:



Çöküntü etil spirtində həll olmur.

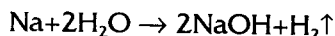
7. Heksaxloro-platinat turşusu kalium duzları ilə sarı rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Ammonium duzları da kaliumda olduğu kimi heksaxloro-platinat turşusu ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir.

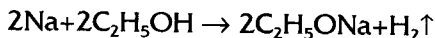
### 8.1.3. Natrium

Natrium gümüşü-ağ rəngli yumşaq metaldir. Havanın rütubəti ilə asanlıqla oksidləşir. Su ilə şiddətlə qarşılıqlı təsirdə olur və hidrogen ayrılır:



Natrium duzlarının əksəriyyəti suda yaxşı həll olur. Natriumun suda çətin həll olan duzları çox azdır.

Natrium spirtdə həll olduqda natrium-etilat əmələ gəlir və hidrogen ayrılır:

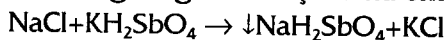


Natriumun oksigenli birləşmələrindən  $\text{Na}_2\text{O}$  və  $\text{Na}_2\text{O}_2$  məlumdur.

Natriumu suda həll etdikdə rəngsiz kation əmələ gətirir.

*Na<sup>+</sup> ionunun reaksiyaları.* Natrium ionunun reaksiyalarını öyrənmək üçün onun suda həll olan hər hansı bir duzunu, məsələn, natrium-xlorid, natrium-nitrat, natrium-sulfat və s. götürmək olar.

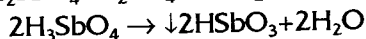
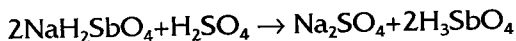
1. Kalium-dihidrostibiati ortostibiati turşusunun kalium duzu olub, natrium ionu ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir.



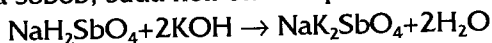
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı natrium duzu məhlulu və o qədər də reaktiv əlavə edin. Sınaq şüşəsinə suyun yavaş axını altında tutun və ya soyuq su ilə dolu stəkana salın və şüşə çubuqla sürtün. Ağ rəngli kristal çöküntünün alınması natrium kationunun olmasını göstərir. Alınan çöküntünün həll olması temperatur artıqca artır.

Üç sınaq şüşəsi götürüb hər birinə 2 damcı yuxarıda alınan natrium-dihidrostibiati çöküntüsü qarışığından tökülür. Birinci sınaq şüşəsinə 2-3 damcı qatı xlorid və ya sulfat turşusu əlavə edilir. O zaman kristal çöküntü amorf çöküntüyə çevrilir. Kristal çöküntünün amorf çöküntüyə çevrilməsinin səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar. Çöküntünün üzərinə mineral turşu əlavə etdikdə, natrium-dihidrostibiati, habelə kalium-dihidrostibiati parçalanır və metastibiati turşusuna çevrilir ki, o da suda yaxşı həll olmayan amorf çöküntüdür. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



İkinci sınaq şüşəsinə bir qədər artıq miqdarda kalium-hidroksid töküüb çöküntünün həll olması öyrənilir. Çöküntünün həll olmasına səbəb, suda həll olan ikiqat duzun alınmasıdır:

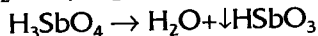
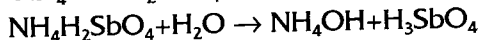
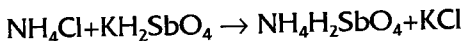


Beləliklə, reaksiyanı şiddətli qələvi mühitdə aparmaq olmaz. Lakin zəif qələvi mühit reaksiyanın getməsinə maneəçilik göstərmir.

Üçüncü sınaq şüşəsi su hamamında qızdırılır. Çöküntü həll oldüğü üçün onun miqdarı azalır.

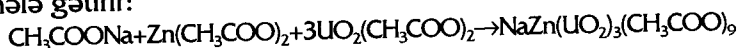
Yuxarıda qeyd etdiklərimizə əsasən göstərmək olar ki, natriumu dihidrostibiat ionu ilə çökdürmək üçün mühit ya neytral, ya da zəif qələvi xassəyə malik olmalıdır. Məhlul turş olduqda onu kalium-hidroksidin zəif məhlulu ilə neytrallaşdırmaq lazımdır. Bu məqsədlə heç vaxt natrium-hidroksid və ammonium-hidroksid tətbiq etmək olmaz.

Ammonium ionu iştirak etdikdə ammonium-dihidrostibiat əmələ gələ bilər ki, bu da hidroliz etdiyi üçün metastibiat turşusu alınar.



Natriumu dihidrostibiat ionu ilə çökdürmək üçün onun məhlulunu qatı götürmək lazımdır. Məhlul duru olduqda, onu buxarlandırmaqla qatılaşdırmaq olar. Çöküntü dərhal alınmadıqda, bir qədər gözləmək, sonra isə natriumun olub-olmaması haqqında nəticə çıxarmaq lazımdır.

2. Sink-uranil-asetat reaktivi natrium-asetat məhlulu ilə natrium-sink-uranil asetatdan ibarət sarı rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir damcı natrium duzu məhlulu və 8 damcı da sink-uranil-asetat reaktivi töküüb, şüşə çubuqla qarışdırın. Çöküntünün alınmasına diqqət edin. Göstərilən reaksiya həm həssas, həm də natrium üçün nisbətən səciyyəvidir. Bu üsulla

natriumu təyin edərkən kalium ionları mane olmur.

3. Mikrokrystaloskopik reaksiya. Natrium kationunu mikrokrystaloskopik üsulla təyin etmək üçün əşya şüşəsi üzərinə bir damcı analiz edilən natrium duzu məhlulu töküb quruyuncaya qədər buxarlandırırıq. Qalıq soyuduqdan sonra bir damcı uranilasetat məhlulu əlavə edib qarışdırırıq və bir neçə dəqiqədə sonra, əmələ gələn natrium-uranilasetat kristallarına mikroskop altında baxırıq. Həmin kristallar düzgün tetraedr və ya oktaedr şəklində olur.

4. Alovun rənglənməsi reaksiyası. Şüşə çubuğa bərkidilmiş platin telini rəngsiz alov üzərində qızdırırıq. Platin tel təmiz olduqda, alovun rəngi dəyişməyəcəkdir. Alovun rəngi dəyişsə, platin telini yenidən xlorid turşusuna batırıb alovda qızartmaq vasitəsilə təmizləmək lazımdır. Beləliklə, təmizlənmiş və qızardılmış platin telini natrium-xlorid duzuna və ya onun məhluluna salırıq. Sonra platin telini qarışıqla birlikdə lampanın oksidləşdirici alovuna tutduqda, alov sarı rəngə boyanacaqdır. Həmin alova spektroskopla baxdıqda, natriumun sarı rəngli spektr xətləri görünər.

Bu reaksiya çox həssasdır. Spektroskopun köməyi ilə  $3 \cdot 10^{-7}$  mq natriumu göstərilən reaksiya ilə təyin etmək olar.

#### 8.1.4. Ammonium duzları və $\text{NH}_4^+$ ionu

Ammonium duzları bərk maddələr olub, suda həll olduqda dissosiasiya edir və nəticədə birvalentli  $\text{NH}_4^+$  ionu əmələ gətirirlər. Ammonium duzları həll olmasına görə kalium duzlarına çox oxşayır. Məsələn,  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  və  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ -dan ibarət kaliumun suda həll olmayan duzları olduğu kimi, ammoniumun da  $(\text{NH}_4)_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{NH}_4\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  və  $(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$  kimi suda həll olmayan duzları vardır.

Qızdıran zaman praktiki olaraq parçalanmayan natrium kalium duzlarından fərqli olaraq ammonium duzları parçalanır.

Ammonium duzlarının termik parçalanmasında bir neçə hal ola bilər.

1. Uçucu turşuların ammonium duzları qızdırıldıqda, tamamilə parçalanır və nəticədə uçucu məhsullar alınır:

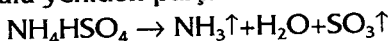




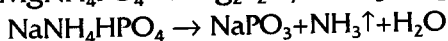
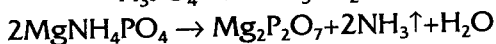
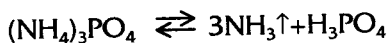
2. Uçucu olmayan turşuların ammonium duzları temperaturdan asılı olaraq parçalanır. Məsələn, ammonium-sulfatı 369°-yə qədər qızdırdıqda, reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Temperaturu bir qədər də artırıdıqda, əmələ gəlmiş  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  molekulu yenidən parçalanır:

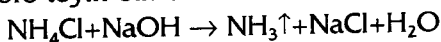


3. Bəzi hallarda uçucu olmayan turşuların ammonium duzları axıra qədər parçalanır və ammoniyakla turşu və ya başqa duz əmələ gətirir:



$\text{NH}_4^+$  ionunun reaksiyaları. Ammonium ionları məhlulda rəngsizdir.

1. Natrium-hidroksid və ya kalium-hidroksidlə birlikdə ammonium duzları qızdırıldıqda asanlıqla parçalanır və nəticədə ammoniyak ayrılır. Ayrılan ammoniyakı səciyyəvi iyninə və başqa əlamətlərinə görə təyin etmək olur.

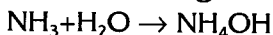


Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

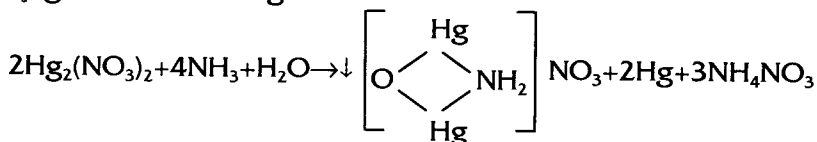
Saat şüşəsinə 1-2 damcı qələvi məhlulu töküüb qızdırın. Ayrılan qazın səciyyəvi iyninə diqqət yetirin. Ammoniyakın iyninə görə onu təyin etmək həmişə müsbət nəticə vermir. Ona görə də təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinin içəri tərəfinə distillə edilmiş suda isladılmış bir parça lakmus kağızı və ya fenoltalein məhlulu ilə isladılmış süzgəc kağız parçasını yapışdırın. Sonra da onu, içərisində ammonium duzu və qələvi olan saat şüşəsinin üzərinə çevirin. Göstəriləyimi kimi hazırlanan qaz kamerasını su hamamı üzərində 1-2 dəqiqə saxlayın. Qırmızı lakmus kağızının göyərməsi, fenoltaleinli süzgəc kağızının isə qızarması müşahidə olunur. Çünki ammonium duzu ilə qələvi arasında gedən reaksiya

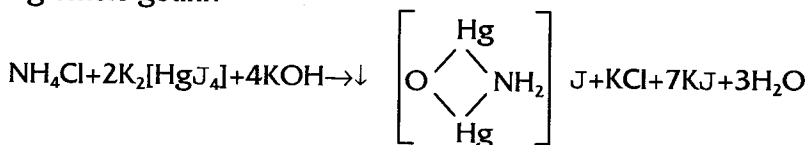
nəticəsində ayrılan ammoniyak qazı isladılmış kağızın suyu ilə birləşib ammonium-hidroksid əmələ gətirir:



Yuxarıdakı təcrübədə ayrılan ammoniyakı qırmızı lakmus və ya fenolftaleinli kağızdan başqa, bir də civə 1-nitrat məhlulu ilə isladılmış süzgəc kağızı ilə də təyin etmək olar. Belə ki, civə 1-nitrat məhlulu ilə isladılmış süzgəc kağızı ayrılan ammoniyakla dərhal qaralır və nəticədə qara rəngli çöküntü alınır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



2. Nessler reaksiyası. Ammonium duzları Nessler reaktivi  $\text{K}_2[\text{HgJ}_4] + \text{KOH}$  ilə qəhvəyi-narıncı rəngli çöküntü və ya tutqun sarı rəng əmələ gətirir.

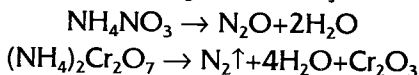


Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir damcı ammonium duzu məhlulu tökün. Onu 5-6 damcı distillə edilmiş su ilə qarışdırın. Qarışığın üzərinə 1-2 damcı Nessler reaktivi tökün. Qarışığın sarımtıl rəngə boyanması və ya qəhvəyi-narıncı rəngli çöküntü əmələ gətirməsi ammonium ionunun olduğunu göstərir.

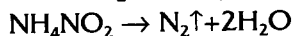
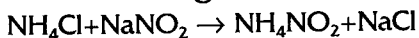
Nessler reaktivi çox həssas olduğundan onunla ammoniumun cüzi miqdarını təyin etmək olar.

3. Ammonium duzlarının oksidləşdirilməsi. Ammonium duzlarını qızdırdıqda onların parçalanmasını və uçucu maddələrin alınmasını göstərmişdik. Xlorid, fosfat kimi oksidləşdirici olmayan turşuların ammonium duzları parçalandıqda alınan məhlullardan biri ammoniyak qazı olur. Nitrit, nitrat, bixromat, sulfat və s. kimi oksidləşdirici turşuların ammonium duzları parçalandıqda, ayrılan ammoniyak oksidləşir. Məsələn:

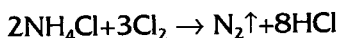


Ammonium duzlarının bu xassəsindən istifadə edərək, lazım gəldikdə onları qarışıqdan kənar edirlər.

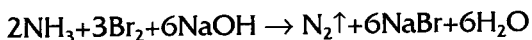
Ammonium duzlarını kənar edərkən bəzən tədqiq edilən məhlulun üzərinə natrium-nitrit və ya asetat turşusu töküüb qızdırırlar. O zaman ammonium duzlarının parçalanması reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



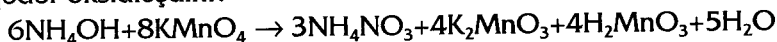
Ammonium duzlarına zəif turş mühitdə xlorla təsir etdikdə sərbəst azot ayrılır:



Ammoniyaka qələvi mühitdə bromla təsir etdikdə, sərbəst azot ayrılır.



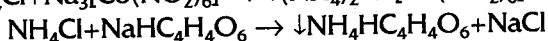
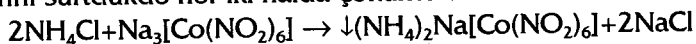
Ammonium duzlarının bu cür parçalanmasından analitik kimya praktikasında çox istifadə edilir. Daha qüvvətli oksidləşdirici olan kalium-permanqanat ammoniyaku nitrata qədər oksidləşdirir:



4. Natrium-heksanitro-kobaltiat və natrium-hidrotartrat reaktivləri ilə də ammonium ionu uyğun tərkibdə çöküntü əmələ gətirir.

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı ammonium duzu məhlulu, 1-2 damcı da reaktiv əlavə edin. Şüşə çubuqla sınaq şüşəsinin divarını sürtdükdə hər iki halda çöküntü alınır:



Alınan çöküntüləri kaliumun uyğun çöküntüləri ilə müqayisə edin. Həqiqətən hər iki çöküntü bir-birinə çox oxşayır. Ona görə də kaliumu təyin edərkən ammonium ionlarını mütləq kənar etmək lazımdır.

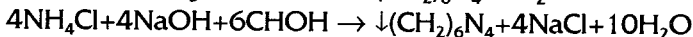
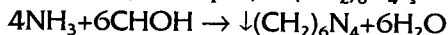
5. Kalium-dihidrostibiati yuxarıda göstərdiyimiz kimi, ammonium duzlarının suda hidrolizi hesabına, ammonium ionu ilə amorf çöküntü olan metastibiati turşusu əmələ gətirir.

Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

1-2 damcı ammonium duzu məhlulu üzərinə o qədər də ka-

lium-dihidrostibiat məhlulu əlavə edin. Alınan ağ, amorf çöküntünü natriumun uyğun çöküntüsü ilə müqayisə edin. Beləliklə, natriumu təyin edərkən ammonium duzlarını əvvəlcədən qovmaq zəruridir. Lakin natriumu sink-uranil-asetat reaktivi ilə təyin edərkən ammonium duzları maneəçilik etmirlər.

6. Formaldehidin (formalin) suda məhluluna ammoniyak, habelə ammonium duzlarının qələvi məhlulu ilə təsir etdikdə heksametilen-tetraamin (urotropin) –  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  çöküntüsü alınır:



Altıncı qrup kationları bir yerdə olduqda, formalin məhlulu ilə ammonium ionunu urotropin şəklində çökdürməklə ayırmaq olar.

Göstərilən qayda ilə ammonium ionunu ayırmaq əlverişlidir.

### 8.1.5. Altıncı qrup kationları qarışığının analizi

#### İlkin yoxlamalar

1.  $\text{NH}_4^+$  ionlarının təyini:

A. Nessler reaktivi ilə;

B. Qələvi mühitdə qızdırmaqla ammoniyakın ayrılması reaksiyası ilə.

2.  $\text{Na}^+$  ionlarının sink-uranil-asetat reaktivi ilə təyini.

Analizin gedişi.  $\text{NH}_4^+$  ionu olmadıqda analizi  $\text{K}^+$  ionun təyindən başlamaq lazımdır. Ammonium ionu olduqda isə kənar edilməlidir. Bunun üçün qalan məhluldan ehtiyat üçün təxminən 1 ml saxlayıb qalanını kasaya tökün və quruyuncaya qədər buxarlandırın. Qalıq ilə birlikdə çini kasanı sorucu şkaft altında qaz lampasının əvvəlcə zəif, sonra isə qüvvətli oksidləşdirici alovu üstündə qızardın. Qızartmanı ağ dumana oxşar tüstü çıxıb qurtarıncaya qədər davam etdirin. Çox zaman ammonium duzları kasanın divarlarına bulaşır. Ona görə də qaz lampasını əlinizə alıb, kasanın divarlarına və dibinə tutaraq ammonium duzlarının ayrılması əməliyyatını diqqətlə aparın.

Ağ tüstü çıxıb qurtarıqdan sonra kasanı soyudun. Qalığı şüşə çubuqla kasanın ortasına toplayın və bir neçə damcı qatı xlorid turşusu ilə isladın. Yenidən buxarlandırın və sonra da



qızardın. Qalıqda ammonium duzlarının tamamilə kənar edilməsini yoxlayın. Bunun üçün kasanı soyudun. Sınaq şüşəsinə 4-5 damcı Nessler reaktivi və bir parça da qalıq əlavə edin. Tutqun qırmızı çöküntünün və ya tutqun sarı rəngin alınması, ammonium duzlarının tamamilə kənar edilməməsini göstərir. Ammonium duzları tamamilə ayrılmamışdırsa, qızartmanı davam etdirmək lazımdır.

Ammonium duzlarının kənar edilməsinə inandıqdan sonra kasanı soyudun, üzərinə az miqdar soyuq su tökün və qarışdırın. Qarışığı kiçik diametrlili süzgec kağızından süzün. Çöküntünü tullayın. Süzüntüdə kalium və natrium ionları qalacaqdır.

Ammonium ionlarından azad olmuş məhlulda natrium-nitrokobaltiat reaktivi ilə kalium, kalium-dihidropirostibat reaktivi ilə natrium ionları təyin edilir.

#### 8.1.6. Üçüncü, dördüncü və beşinci qrup kationlar qarışığı analizinin ardıcıl gedişi

##### İlkin yoxlamalar

Analiz edilən qarışıqdan bir az götürüb  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  və  $\text{Sb}^{3+}$  kationları təyin edilir.

Analizin gedişi. Analiz edilən məhlul çöküntülüdürsə qarışdırılır, 2-2,5 ml sınaq şüşəsinə tökülür. Üzərinə 8 damcı 2 N nitrat turşusu tökülür. Şüşə çubuqla qarışdırılır və 4 dəqiqə su hamamında qızdırılır. Çöküntü qara rəngli deyildirsə, süzülür, durulaşdırılmış nitrat turşusu ilə yuyulur, sonra da bir neçə damcı hidrogen-sulfidli su əlavə edilir. Çöküntünün narıncı-qırmızı rəngə boyanması  $\text{Sb}^{3+}$  ionlarının olmasını göstərir.

Qarışıq qızdırıldıqdan sonra çöküntü qara və ya tutqun boz rəngə boyanarsa güman etmək olar ki, orada  $\text{Sb}^{3+}$  ionlarından başqa reduksiya olunmuş bismut və civə vardır. Belə olduqda çöküntü çini kasaya köçürülür. 5-6 damcı qatı nitrat turşusunda həll edilir, 5-6 damcı distillə edilmiş su ilə durulaşdırılır və  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  və  $\text{Bi}^{3+}$  kationları təyin edilir.

Üçüncü qrup kationlarının dörd və beşinci qrup kationlarından ayrılması. Süzüntünün (və yaxud çöküntülü olmadıqda ilkin tədqiq edilən məhlulun) üzərinə qələvi reaksiya alınincaya qədər damcı-damcı natrium-hidroksid əlavə edilir və

qarışdırılır. Qarışıqın üzərinə 5-6 damcı hidrogen peroksid tökülür. Yenidən natrium-hidroksid əlavə edilir. 2-3 dəqiqə su hamamında qızdırılır və süzülür. Bu zaman çöküntüdə dörd və beşinci qrup kationları, süzüntüdə isə üçüncü qrup kationları qalır.  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{ZnO}_2$ ,  $\text{SnO}_3^{2-}$ ,  $\text{AlO}_2^-$  ionları olan süzüntü üçüncü qrup kationları qarışıqı kimi analiz edilir.

Dörd və beşinci qrup kationlarının ayrılması. Üçüncü qrup kationları ayrıldıqdan sonra qalan çöküntü 10-15 damcı nitrat turşusunda qızdırılaraq həll edilir və su ilə durulaşdırılır. Əgər stibium 5-oksiddən ibarət çöküntü alınarsa, o süzülür və süzgəç kağızının üzərində  $\text{Sb}^{5+}$  ionları hidrogen-sulfidlə təyin edilir.

Süzüntünün üzərinə qarışıqın həcmindən dörd dəfə artıq olmaqla ammonium-hidroksid töküüb azacıq qızdırılır və süzülür. Çöküntüdə dördüncü qrup kationlarının hidroksoidləri (stibium-suz), süzüntüdə isə ammoniyakatlardan ibarət beşinci qrup kationları qalır. Bundan sonra süzüntü və çöküntüdə olan kationlar qarışıqı məlum qayda ilə analiz edilir.

### 8.1.7. I-VI qrup kationlarının analizinin ardıcıl gedişi

#### İlkin yoxlamalar

I-VI qrup kationları qarışıqını analiz etmək üçün birinci növbədə qarışıqın rənginə, məhlulun reaksiyasına, sulfat və xlorid turşuları ilə məhlula təsir etdikdə gedən reaksiyalara diqqət yetirmək lazımdır. Qarışıq rəngsiz olduqda güman etmək olar ki, orada  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  ionları yoxdur. Əgər məhlulun reaksiyası neytraldırsa, güman etmək olar ki, orada  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  və stibium ionları yoxdur.

Məhlulun bir hissəsi üzərinə sulfat turşusu tökərkən çöküntü alınmadıqda qarışıqda  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  və ola bilsin ki,  $\text{Ca}^{2+}$  kationları yoxdur. Qarışıqın ayrıca bir hissəsi üzərinə xlorid turşusu əlavə edərkən çöküntü alınmadıqda nəticə çıxarmaq olar ki,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  və ola bilsin ki,  $\text{Pb}^{2+}$  ionları yoxdur. Qarışıqın bir hissəsi üzərinə natrium-hidroksid və  $\text{SnCl}_2$  əlavə edilərkən qara çöküntünün alınması  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  ionlarının olmasını göstərir.

Analiz etmək üçün verilmiş qarışıq ya çöküntülü, ya da çöküntüsüz ola bilər.

Çöküntünü ayırmadan qarışıqın analizi. Çöküntü ilə birlikdə

məhlul yaxşı qarışdırılır, onun bir hissəsi götürülür və ilkin yoxlamalar aparılır:

$\text{NH}_4^+$  – Nessler reaktivi ilə;

$\text{Fe}^{3+}$  – xlorid turşusu mühitində  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ilə;

$\text{Fe}^{2+}$  – xlorid turşusu mühitində  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ilə;

$\text{Mn}^{2+}$  –  $\text{HNO}_3$  və  $\text{AgNO}_3$ -ün iştirakı ilə ammonium-persulfat məhlulu ilə;

$\text{Ni}^{2+}$  – ammonium-hidroksid və benzol iştirak etməklə Çuqayev reaktivi ilə;

$\text{Cu}^{2+}$  – qatı ammonium-hidroksidlə;

$\text{Co}^{2+}$  – etil spirtinin iştirakı ilə natrium-tiosulfat kristalı ilə;

$\text{As}^{3+}$  və  $\text{As}^{5+}$  – ( $\text{AsO}_3^{3-}$  və  $\text{AsO}_4^{3-}$  ionları) molibden mayesi və Qutsayt reaksiyası ilə;

$\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  – hidrolizlə;

$\text{Sb}^{5+}$  – Qutsayt reaksiyası ilə;

$\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  – mis lövhəsində olan reaksiyası ilə.

**Analizin gedişi.** Analiz edilən məhlulun üzərinə bir neçə damcı 2 N xlorid və sulfat turşuları əlavə edilir və qızdırılır. Çöküntüdə  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ , bismut, stibium və qalayın əsasi duzları; süzüntüdə isə kalsium və III-VI qrup kationları ola bilər. Qarışıq soyudulduqdan sonra süzülür və aşağıdakı kimi analiz edilir.

**Qurğuşunun təyini və onun kənar edilməsi.** Çöküntü üzərinə bir az isti distillə edilmiş su tökülür, qızdırılır, süzülür. Süzüntüdə qurğuşun kalium-yodid və kalium-xromat reaktivləri ilə təyin edilir. Qurğuşun ionları olduqda qaynar su ilə bir neçə dəfə işləyib süzməklə kənar edilir.

Qalan çöküntünün üzərinə bir neçə damcı 30%-li ammonium-asetat məhlulu əlavə edilir və qaynadılır. O zaman qurğuşun-sulfat həll olur, süzülür və bu əməliyyat qurğuşun ionları ayrılıb qurtarınca qədər davam etdirilir.

**Civənin təyini.** Çöküntünün üzərinə qatı ammonium-hidroksid məhlulu tökülür, qarışdırılır. Çöküntünün dərhal qaralması civənin olmasını göstərir.

**Gümüşün təyini.** Ammonium-hidroksid əlavə edildikdən sonra alınan süzüntünün üzərinə bir damcı fenoltalein əlavə edilir, məhlul rəngsizləşincəyə qədər üzərinə damcı-damcı qatı nitrat turşusu tökülür. Ağ rəngli çöküntünün və ya bulanığın

alınması gümüş ionunu olmasını göstərir.

Bismut, stibium və qalayın təyini. Ammonium-hidroksid töküldükdən sonra qalan çöküntü üzərinə 10-15 damcı qatı xlorid turşusu əlavə edilir. O zaman bismut, stibium və qalayın əsasi duzları həll olur, süzülür və çöküntü məhluldan ayrılır.

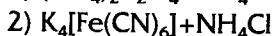
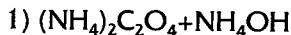
Süzüntü qatı soda məhlulu ilə neytrallaşdırılır və əsasi duzlar hidrolizlə çökdürülür. Əsasi duzlardan ibarət çöküntünün üzərinə 2N xlorid turşusu əlavə edilir. Qalay  $H_2S$  və qələvi mühitdə bismut duzları ilə təyin edilir.  $BiOCl$  və  $SbOCl$ -dan ibarət çöküntünün üzərinə 1:1 nisbətində durulaşdırılmış nitrat turşusu əlavə edilir. Alınan məhlul soda ilə neytrallaşdırılır. Bismut hidroliz, kalium-yodid və natrium-stannit reaksiyaları ilə təyin edilir.

Qalan çöküntü qatı xlorid turşusunda həll edilir, soda ilə neytrallaşdırılır. Alınan məhlulda stibium  $H_2S$  və tartrat turşusu mühitində  $Na_2S_2O_3$  ilə təyin edilir.

Barium və stronsiumun təyini. Bismut, stibium və qalay əsasi duz şəklində ayrıldıqdan sonra qalan çöküntüdə  $BaSO_4$  və  $SrSO_4$  ola bilər. Çöküntüdə  $Ba^{2+}$  və  $Sr^{2+}$  ionları məlum qayda ilə təyin edilir.

### Kalsium, III-VI qrup kationları qarışığının analizi

Kalsiumun təyini. Məlumdur ki,  $CaSO_4$  kifayət qədər suda həll olur. Ona görə də kalsiumu buradaca təyin etmək əlverişlidir. III-VI qrup kationlarından və kalsiumdan ibarət olan qarışığın üzərinə bir qədər etil spirti tökülür, qızdırılır və bir neçə dəqiqə gözlənilir. Analiz edilən qarışıqda kalsium ionları olduqda o sulfat şəklində çökür. Qarışığı süzülür, çöküntü 0,1 N sulfat turşusu ilə yuyulur, üzərinə soyuq su töküüb, 2-3 dəqiqə müddətində qarşdırılır və süzülür. Süzüntüdə kalsium:



ilə təyin edilir.

III-VI qrup kationlarının təyini. Spirt tamamilə buxarlanıb qurtarıncaya qədər III-VI qrup kationlarından ibarət qarışıq qaynadılır və az qalincaya qədər buxarlandırılır. Həmin məhlulun bir hissəsi analiz edilərək, qələvi metallar təyin edilir (bunu VI qrup

kationları qarışığının analizi gedişi kimi aparmaq lazımdır).

Bismut və stibiumu ayırmaq üçün III-VI qrup kationlarından ibarət buxarlandırılmış məhlulun üzərinə 3-5 damcı 2 N natrium- və ya kalium-xlorid məhlulu tökülür, distillə edilmiş su ilə durulaşdırılır və qaynadılır.

Çöküntüdə bismut və stibium məlum qayda ilə təyin edilir. Süzüntü buxarlandırılır.

III qrup kationlarını IV-V qrup kationlarından ayırmaq üçün üzərinə bir neçə damcı hidrogen-peroksid, 2N qələvi məhlulu, sonra yenə artıq miqdarda qələvi məhlulu əlavə edib, 3-5 dəqiqə müddətində qarışdırılaraq qızdırılır. O zaman üçüncü qrupun bütün kationları  $AlO_2'$ ,  $ZnO_2''$ ,  $SnO_2''$ ,  $CrO_4''$ ,  $AsO_4'''$  şəklində məhlula keçir. Üçüncü qrupdan ibarət olan süzüntü məlum qayda ilə təyin edilir.

IV-V qrup kationları uyğun hidrokسيدlər və oksidlər şəklində çöküntüdə qalır. Qarışıq süzülür, çöküntü distillə edilmiş su ilə yuyulur və aşağıdakı qayda ilə təyin edilir.

IV-V qrup kationlarının ayrılması. Hidroksid və oksid çöküntüsündən ibarət IV və V qrup kationları qızdırma şəraitində az miqdar nitrat turşusu ilə işlənilir.  $MnO_2$ -nin həll olması üçün bir neçə damcı hidrogen-peroksid əlavə edilir. Nitratlardan ibarət IV-V qrup kationları bulanıq alınincaya qədər 2 N soda məhlulu ilə neytrallaşdırılır. Üzərinə, məhlulun həcmindən 2-3 dəfə artıq qatı ammonium-hidroksid məhlulu tökülür və 40-50°C-ə qədər qızdırılır. O zaman beşinci qrup kationları ammoniyakat şəklində məhlula keçir.

Hidroksidlərdən ibarət IV qrup kationları 2-3 dəfə qatı ammonium-hidroksid məhlulu ilə yuyulur. Yuyuntu V qrup kationları ilə birləşdirilir.

Ammonyakatlardan ibarət V qrup kationları məhlulu üzərinə zəif turş reaksiya alınincaya qədər 2 N sulfat turşusu tökülür və məlum qayda ilə analiz edilir.

$Fe(OH)_3$ ,  $Mn(OH)_2$  və  $Mg(OH)_2$ -dən ibarət çöküntü bir neçə damcı 2 N nitrat turşusunda həll edilir və məlum qayda ilə analiz edilir.

### 8.1.8. Beşinci kollokviuma aid suallar və çalışmaları

1. Kompleks duzlar nəyə deyilir və ikiqat duzlardan nə ilə fərqlənirlər.

2. Kompleks birləşmələr nəzəriyyəsini izah edin. Kompleks-əmələgətirici, liqand (addend) və koordinasiya ədədi nəyə deyilir? Misallar üzrə göstərin.

3. Kompleks birləşmələr necə dissosiasiya edir?

4. Kompleks ionunun davamsızlıq sabiti nəyə deyilir?

5. Daxili kompleks (xelat) birləşmələr nəyə deyilir? Misallar göstərin.

6. Aşağıdakı birləşmələrdə kompleks ionların yükü, kompleksəmələgətiricilərin koordinasiya ədədləri və onların yükü nəyə bərabərdir?  $K_2[PtCl_6]$ ;  $H[AuCl_4]$ ;  $[Co(NH_3)_6]SO_4$ .

7. İkivalentli mis ionunun və onun mühüm birləşmələrinin rənglərini göstərin.

8. Mis 2-hidroksidin xassələrini təsvir edin.

9. İkivalentli mis ionunun kompleks əmələgətirmə meylini xarakterizə edin.

10. İkivalentli mis ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və onların tənliliklərini yazın.

11. Mis 2-sulfidin mühüm xassələrini göstərin.

12. Nikel ionunun və onun mühüm çətin həll olan birləşmələrinin rənglərini göstərin.

13. Kobalt ionunun və onun mühüm çətin həll olan birləşmələrinin rənglərini göstərin.

14. İkivalentli kobalt hidroksidinin havanın oksigeni ilə oksidləşməsi reaksiya tənliyini yazın.

15. Kobalt və nikel ionlarının ilə ammonium-əzası arasında gedən qarşılıqlı reaksiya tənliliklərini yazın.

16. Kobalt və nikelin mühüm kompleks birləşmələrini göstərin, onların alınma reaksiya tənliliklərini yazın.

17. Nikel ionunun səciyyəvi reaksiyalarını və onun aparılma şəraitini göstərin. Reaksiya tənliliklərini yazın.

18. Kobaltın səciyyəvi reaksiyalarını təsvir edin. Reaksiya tənliliklərini yazın.

19. Kobalt və nikel sulfidlərinin müxtəlif oksidləşdirici qarışığında həllolma reaksiya tənliliklərini yazın.

20. Kobalt və nikel ionlarından ibarət olan məhlulun analiz

gedişini təsvir edin.

21. Nikel ionunun dimetilqliksim reaktivi ilə təyin edilməsində hansı kation az və ya çox dərəcədə mane ola bilər və onu necə aradan qaldırmaq mümkündür?

22. İkivalentli civə ionunun əmələ gətirdiyi çətin və asan həllolan birləşmələri göstərin.

23. İkivalentli civənin hansı birləşmələrini suda həll etdikdə məhlulda  $Hg^{2+}$  ionlarının qatılığı çox az olar?

24. Civə 2-oksidi xassələrini təsvir edin.

25. İkivalentli civə ionlarının kompleks əmələ gətirməyə meylini xarakterizə edin.

26. Civə 2-sulfid müxtəlif turşularda həll olmasını xarakterizə edin.

27. Təmiz civə 2-sulfid nə üçün təmiz qələvi məhlullarında həll olmur, lakin sərbəst kükürdün iştirakı ilə bir qədər həll olur?

28. İkivalentli civə ionu ilə ammonium-əzası arasında gedən reaksiya tənliyini yazın.

29. İkivalentli civə ionunu hansı səciyyəvi reaksiyalarla təyin etmək olar? Reaksiya tənliklərini yazın.

30. Kadmiyum ionunun və onun mühüm birləşmələrinin rənglərini göstərin.

31. Kadmiyum ionunun mühüm çətin və asan həllolan birləşmələrini göstərin.

32. Kadmiyumun hansı duzunun suda məhlulunda kadmiyum ionu qatılığı çox az olur?

33. Kadmiyum-hidroksidinin mühüm xassələrini göstərin.

34. Kadmiyum-sulfidinin analitik kimya görüşündən mühüm xassələrini göstərin.

35. Kadmiyum ionunun kompleks birləşmə əmələ gətirmə meylini xarakterizə edin.

36. Kadmiyum və ikivalentli civə ionları bir yerdə olduqda, onları bir-birindən ayırmaq yollarını göstərin.

37. Kadmiyum və ikivalentli mis ionları bir yerdə olduqda onları bir-birindən ayırmağın mümkün üsullarının hamısını göstərin.

38. Ammonium-xlorid, ammonium-nitrat və ammonium-sulfatı qızdırdıqda onların parçalanmasının reaksiya tənliklərini yazın.

39. Ammonium ionunu hansı reaksiyalarla təyin etmək olar?

40. Kalium ionunu natrium-heksanitro-kobaltiat reaktivi ilə qələvi mühitdə çökdürmək olarmı? Natrium-heksanitro-kobaltiat məhlulu üzərinə kalium-əsaslı məhlulu tökdükdə, alına biləcək çöküntünün düsturunu yazın.

41. Kalium-hidrotartrat çöküntüsü nə üçün xlorid turşusunda həll olur, lakin asetat turşusunda həll olmur?

42. Kalium kationunu təyin edərkən ammonium duzlarını nə üçün ayırmaq lazımdır?

43. Natrium-dihidrostibiata və kalsium-dihidrostibiata turşularla təsir etdikdə gedə biləcək reaksiya tənliklərini yazın.

44. Kalium kationunu natrium-hidrotartrat ilə çökdürərkən zəruri şərtləri göstərin.

45. Kalium və natrium ionlarını təyin edərkən, reaksiya turş olduqda onu hansı reaktiv ilə neytrallaşdırmaq olar?

46. Altıncı qrup kationlarının suda həll olmayan bütün birləşmələrini yazın və onların rənglərini göstərin.

47. Ammonium ionu üçün səciyyəvi olan bütün reaksiya tənliklərini yazın.

48. Ammonium ionunu hər hansı məhluldan necə təyin etmək olar?

49. Ammonium ionunun iştirakı ilə altıncı qrup kationlardan hansılarını təyin etmək olmaz və nə üçün?

50. Kalium ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

51. Natrium ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

52. Natrium ionunu kalium-dihidrostibiata birləşməsi şəklində çökdürmək üçün hansı şərtlərə mütləq riayət etmək lazımdır?

53. Natrium ionunu dihidrostibiata birləşməsi şəklində təyin edərkən, hansı ionlar maneçilik göstərir?

54. Alovun rənglənməsi təcrübəsini necə aparmaq olar? Natrium və kalium ionları alovu hansı rəngə boyayır?

55. Ammonium duzlarını ayırarkən qalığı nə üçün çox qızartmaq olmaz?

56. Verilmiş məhlulda yalnız natrium və kalium ionları olduqda, analizi necə aparmaq lazımdır?

57. Verilmiş məhlulda yalnız natrium və ammonium ionları olduqda, analizi necə aparmaq lazımdır?

58. Verilmiş məhlulda yalnız kalium və ammonium ionları



olduqda, analizi necə aparmaq lazımdır?

59. Natriumu sink-uranil-asetat reaktivi ilə təyin edərkən hansı kationlar maneçilik göstərir?

60. Altıncı qrup kationlarına dair ən səciyyəvi reaktivləri göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.

61. Altıncı qrup kationlar qarışığının analiz gedişi sxemlərini tərtib edin.

62. Altıncı qrup kationları beşinci qrup kationlarından nə ilə fərqlənirlər (duzların həll olması; kompleks əmələ gətirmək)?

63. Nə üçün kalium kationunu tam çökdürmək məqsədilə sərbəst çaxır turşusundan yox, onun turş natrium duzundan istifadə etmək lazımdır? Kimyəvi reaksiyaların tənliklərini yazın.

64. Nə üçün kalium kationunu təyin etməmişdən əvvəl ammonium kationunu kənar etmək zəruridir?

65. Aşağıdakı kationlar qarışığının mümkün ola bilən analiz sxemini tərtib edin:

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ;

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ;

$\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ;

$\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ;

$\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ;

$\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ;

$\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ;

$\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ;

$\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ;

$\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ;

$\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ .

## IX FƏSİL

### ANİONLAR

Müxtəlif müəlliflər anionları müxtəlif qruplara bölürlər. Bu bölgülərin içərisində biz anionların, barium və gümüş duzlarının həll olmasına əsaslanan təsnifatı əsas götürürük. Beləliklə, anionların barium və gümüş duzlarının müxtəlif cür həll olmasına əsasən onları üç qrupa bölmək olar:

Birinci qrupa sulfat  $SO_4^{2-}$ , sulfit  $SO_3^{2-}$ , tiosulfat  $S_2O_3^{2-}$ , karbonat  $CO_3^{2-}$ , fosfat  $PO_4^{3-}$ , arsenat  $AsO_4^{3-}$ , arsenit  $AsO_3^{3-}$ , tetraborat  $B_4O_7^{2-}$  və ya borat  $BO_2^-$ , flüorid  $F^-$ , silikat  $SiO_3^{2-}$ , oksalat  $C_2O_4^{2-}$ , xromat  $CrO_4^{2-}$  və s. anionları daxildir.

Göstərilən anionların barium duzları suda çətin, turşularda isə yaxşı həll olur ( $BaSO_4$  istisna olmaqla). I qrup anionlarının gümüş duzları da turşularda yaxşı həll olur.

Neytral və ya zəif qələvi mühitdə birinci qrup anionlarının qrup reaktivini  $BaCl_2$  hesab olunur.

İkinci qrupa xlorid  $Cl^-$ , bromid  $Br^-$ , yodid  $I^-$ , sulfid  $S^{2-}$ , rodanid  $CNS^-$  və s. anionları daxildir. Göstərilən anionların gümüş duzları suda və nitrat turşusunda çətin həll olur, barium ionu ilə çöküntü əmələ gətirmir.

İkinci qrup anionlarının qrup reaktivini nitrat turşusu mühitində  $AgNO_3$  hesab olunur.

Üçüncü qrupa nitrat  $NO_3^-$ , nitrit  $NO_2^-$ , asetat  $CH_3COO^-$  və s. anionları daxildir. Göstərilən anionların barium və gümüş duzları suda həll olur. Ona görə də həmin qrup anionlarının qrup reaktivini yoxdur.

#### 9.1. BİRİNCİ QRUP ANİONLARI

Birinci qrup anionları barium ionu ilə suda çətin, lakin turşularda asan həll olunan (barium sulfatdan  $BaSO_4$  başqa) birləşmələr əmələ gətirir. Bununla əlaqədar olaraq I qrup anionlarının qrup reaktivini neytral mühitdə  $BaCl_2$ -dir.

II qrup anionlarından fərqli olaraq I qrup anionlarının gümüş io-

nu ilə əmələ gətirdikləri duzlar gümüş-sulfat və gümüş-flüoriddən başqa nitrat turşusunda həll olur, lakin suda həll olmur.

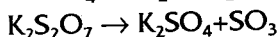
### Sulfat turşusu və $SO_4''$ ionu

Təmiz, qatı sulfat turşusu rəngsiz və iysiz maye olub,  $15^\circ C$ -də sıxlığı 1,84 q/ml-dir. Sulfat turşusu qüvvətli, iki əsaslı turşu olub, normal və turş duzdan ibarət iki cür duz əmələ gətirir. Sulfat turşusu duzlarının əksəriyyəti suda yaxşı həll olur. Barium, stronsium və qurğuşun sulfatları suda pis, kalsium-sulfat isə az miqdarda həll olur.

Hidrosulfatlar uyğun normal sulfatlara nisbətən daha yaxşı həll olmaq qabiliyyətinə malikdir.

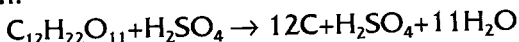
Hidrosulfatlar ərimə temperaturundan artıq qızdırıldıqda əvvəlcə bir molekul su itirərək piro-sulfat əmələ gətirir; qızdırmanı davam etdirdikdə isə parçalanır.

Məsələn:



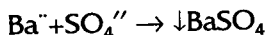
Qatı sulfat turşusu oksidləşdirici xassəyə malikdir. Qatı sulfat turşusu suya çox hərisdir. O bir çox üzvi maddələri kömürləşdirir.

Məsələn:



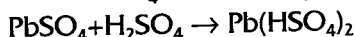
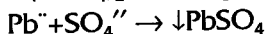
$SO_4''$  ionunun reaksiyaları. Sulfat ionunun xassələrini öyrənmək üçün natrium-sulfat və ya kalium-sulfat məhlulu götürülür.

1. Barium-xloridə sulfat ionunun qarşılıqlı təsiri nəticəsində suda və mineral turşularda həll olmayan ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gəlir:

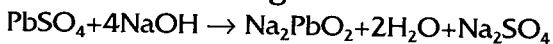


Sulfat ionunu təyin etmək üçün göstərilərn reaksiya səciyyəvidir.

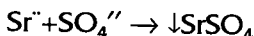
2. Qurğuşun-nitrat sulfat ionu ilə suda və mineral turşularda həll olmayan ağ rəngli qurğuşun-sulfatdan ibarət kristal çöküntü əmələ gətirir. Qurğuşun-sulfat qatı sulfat turşusunda həll olaraq qurğuşun-hidrosulfat  $Pb(HSO_4)_2$  əmələ gətirir:



Qurğuşun-sulfat qələvilərdə asanlıqla həll olaraq plümbitlər əmələ gətirir. Bundan başqa, qurğuşun-sulfat qələvilərdə, ammonium-asetatda və tartrat duzu məhlulunda həll olur və zəif dissosiasiya edən duzlar əmələ gətirir:

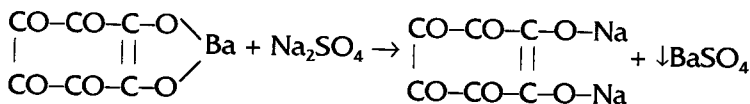
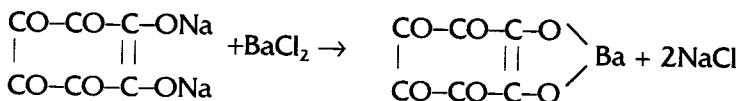


3. Stronsium-nitrat sulfat ionu ilə ağ rəngli stronsium-sulfat çöküntüsü əmələ gətirir:

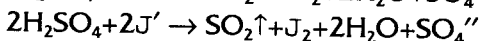
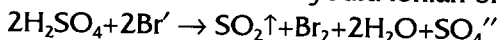


Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış mineral turşularda həll olur; lakin qatı mineral turşularda əhəmiyyətli dərəcədə həll olur.

4. Natrium-rodizonat  $\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_6$  ilə barium ionuna təsir etdikdə, qırmızı rəng alınır. Əmələ gəlmiş qırmızı rəngli məhlula artıq miqdarda sulfat ionu ilə təsir etdikdə rəngsizləşir. Bu reaksiyanı damcı üsulu ilə aparmaq üçün, süzgəc kağızı üzərinə bir damcı 0,1%-li natrium-rodizonat məhlulu və bir damcı da barium-xlorid məhlulu damızdırılır. Əmələ gəlmiş qırmızı ləkənin üzərinə bir damcı natrium-sulfat və ya kalium-sulfat məhlulu əlavə etdikdə qırmızı ləkə dərhal rəngsizləşir:



5. Bromid və yodid ionlarının oksidləşməsi reaksiyası. Qatı sulfat turşusunun təsiri ilə bromid və yodid ionları oksidləşir:



### Sulfit turşusu və $\text{SO}_3^{2-}$ ionu

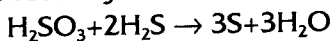
Sulfit turşusu yalnız suda məhlulda mövcuddur. Sulfit turşusu davamsız olub, asanlıqla  $\text{H}_2\text{O}$  və  $\text{SO}_2$ -yə parçalanır.

Sulfit turşusu sulfitlər adlanan orto duz və hidrosulfitlər və ya bisulfitlər adlanan turş duz əmələ gətirir.

Sulfit turşusunun bütün turş duzları suda yaxşı həll olduqları halda, orto duzlarından yalnız qələvi metal duzları suda həll olur.

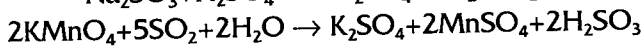
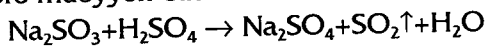
Sulfit turşusu və onun duzlarında kükürd dörd valentli olduğu üçün onlar həm oksidləşdirici, həm də reduksiyaedici xas-səyə malikdir. Lakin sulfit turşusu, sulfidlər və hidrosulfidlərin reduksiyaedicilik qabiliyyəti qüvvətli, oksidləşdiricilik qabiliyyəti isə zəifdir. Onlar nəinki qüvvətli oksidləşdiricidirlər, hətta üçvalentli dəmir duzlarının və ya havanın oksigeninin təsiri ilə də asanlıqla oksidləşərək sulfat turşusu və ya sulfatlar əmələ gətirir.

Sulfit ionu oksidləşdirici kimi reaksiyaya daxil olduqda sərbəst kükürdə qədər reduksiya olunur. Məsələn:



*SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionunun reaksiyaları.* Sulfit ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> və Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> məhlullarından istifadə edilir.

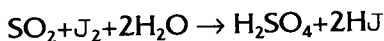
1. Mineral turşuların təsiri. Durulaşdırılmış xlorid və sulfat turşuları sulfit turşusu duzlarına təsir edərək onları parçalayır və nəticədə sulfit anhidridi ayrılır. Kükürd qazının ayrılmasını səciyyəvi iynə və ya kalium-permanqanat məhlulunu rəngsizləşdirməsinə görə müəyyən etmək olar:



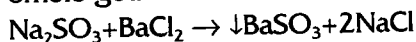
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

İki sınaq şüşəsinin birinə durulaşdırılmış kalium-permanqanat məhlulu, digərinə isə natrium-sulfit məhlulu və bir qədər də durulaşdırılmış sulfat turşusu töküb ağzını qazaparan boru ilə bağlayın. Qazaparan borunu kalium-permanqanat məhlulu olan sınaq şüşəsinə daxil edin. Lazım gəldikdə natrium sulfit ilə turşu tökülmüş sınaq şüşəsinə azacıq qızdırın. Bənövşəyi-qırmızı rəngli kalium-permanqanat məhlulu rəngsizləşəcəkdir.

Kükürd qazının ayrılmasını yodlu suyun rəngsizləşməsi ilə də bilmək olar:

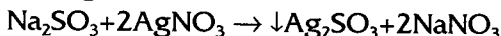


2. Barium-xloridin təsiri. Birinci qrup anionlarının qrup reaktivliyi ilə bərabər barium-xlorid sulfit ionu ilə ağ rəngli barium-sulfit çöküntüsü əmələ gətirir.

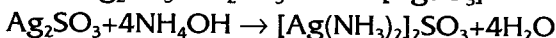
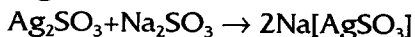


Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış turşularda həll olur.

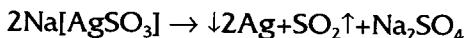
3. Gümüş-nitrat sulfid ionu ilə neytral mühitdə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş gümüş-sulfid çöküntüsü natrium-sulfidin artığında və ammonium hidrosiddə həll olaraq uyğun kompleks birləşmələr əmələ gətirir:

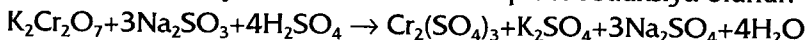


Natrium-argenta-sulfid birləşməsini qızdırdıqda parçalanır və sərbəst gümüş ayrılır:

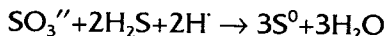


Gümüş-sulfid çöküntüsü sulfat və nitrat turşularında həll olur.

4. Kalium-bixromatın turş mühitdə natrium-sulfidlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində sulfid ionu sulfat ionuna qədər oksidləşir; bixromat ionu isə üçvalentli xrom ionuna qədər reduksiya olunur:

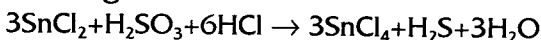


5. Hidrogen-sulfid sulfid ionunun təsiri ilə sərbəst kükürdə qədər oksidləşir:

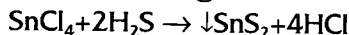


Durulaşdırılmış məhlullarda göstərilən reaksiya başqa cür gedir.

6. Qalay 2-xlorid sulfid turşusunun təsiri ilə oksidləşərək qalay 4-xlorid əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş qalay 4-xlorid ayrılan hidrogen-sulfidlə qalay 4-sulfiddən ibarət çöküntü əmələ gətirir:



7. Natrium-nitroprussidi  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  sink duzu iştirakı ilə sulfid məhlulu üzərinə əlavə etdikdə, qırmızımtıl rəng əmələ gəlir. Lakin qırmızı qan duzu məhlulu əlavə etdikdə çöküntü alınır.

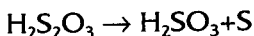
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sulfid ionu olan məhlula bir neçə damcı təzə hazırlanmış 1%-li natrium-nitroprussid məhlulu və o qədər də sink duzunun doymuş məhlulunu tökün. O zaman məhlulun rəngi qizaracaqdır. Onun üzərinə bir neçə damcı qırmızı qan duzu məhlulu

tökülərsə, qırmızı rəngli çöküntü alınır. Həmin reaksiya vasitəsilə tiosulfat ionu iştirak etdikdə, sulfid ionunu təyin etmək olar.

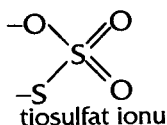
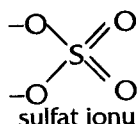
### Tiosulfat turşusu və $S_2O_3^{2-}$ ionu

Sərbəst halda tiosulfat turşusu məlum deyildir. O, qeyri-sabit olub, asanlıqla parçalanır və sulfid turşusu ilə sərbəst kükürd əmələ gətirir:

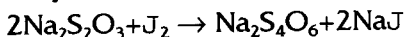


Tiosulfat turşusunun duzları tiosulfatlar adlanır ki, bunlardan da ən çox işlədiləni natrium-tiosulfatdır.

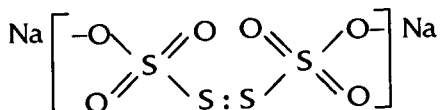
Tiosulfat ionuna sulfat ionu kimi baxmaq olar. Belə ki, sulfat ionunda oksigen atomlarından biri kükürd atomu ilə əvəz olunmuşdur:



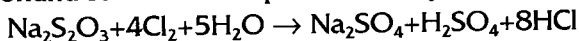
Tiosulfat ionu yaxşı reduksiyaediciyədir. Yod və dəmir 3-xlorid kimi zəif oksidləşdiricilər tiosulfat ionunu tetrasyonat ionuna  $S_4O_6^{2-}$  qədər oksidləşdirir. Məsələn:



Natrium-tetrasyonatın quruluş formulu aşağıdakı kimidir:

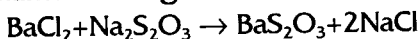


Xlor və kalium-permanqanat kimi qüvvətli oksidləşdiricilər, tiosulfat ionunu sulfat ionuna qədər oksidləşdirir.



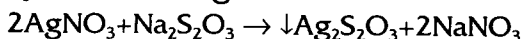
$S_2O_3^{2-}$  ionunun reaksiyaları. Tiosulfat ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-tiosulfat duzu götürülür.

1. Barium-xlorid natrium-tiosulfatla barium-tiosulfatdan ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:

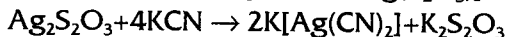
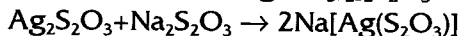
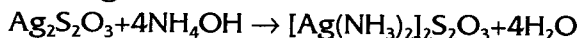


Reaksiyaya daxil olan maddələr qatı olduqda çöküntü dərhal, duru olduqda isə bir qədər gec əmələ gəlir.

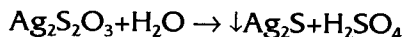
2. Gümüş-nitrat natrium-tiosulfatla gümüş-tiosulfatdan ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



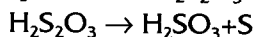
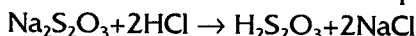
Əmələ gəlmiş çöküntü ammonium-hidroksiddə, kalium-sianiddə və natrium-tiosulfatın artığında həll olaraq uyğun kompleks duz əmələ gətirir:



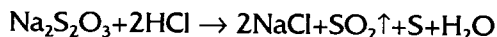
Gümüş-tiosulfat çöküntüsü yaş halda tez tutqunlaşır və gümüş-sulfid ayrılır:



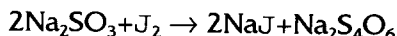
3. Durulaşdırılmış mineral turşularla tiosulfatlara təsir etdikdə, onlar parçalanır və sərbəst kükürd və sulfid qazı ayrılır:



Hər üç reaksiya tənliklərini toplayaraq aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

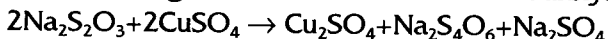


4. Yod məhlulu natrium-tiosulfatın təsirindən rəngsizləşir. O zaman yod reduksiya olunur, tiosulfat ionu isə tetrasyonat ionuna qədər oksidləşir:

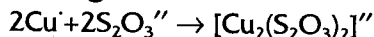


Göstərilən reaksiya tənliyi həcmi analizdə yodometriya adlanan böyük bir bölməsinin demək olar ki, əsasını təşkil edir.

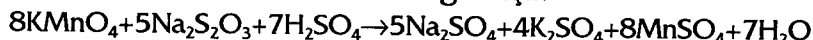
5. Mis 2-sulfat tiosulfat ionunu tetrasyonat ionuna qədər oksidləşdirir; özü isə rəngsiz, bivalentli mis ionuna reduksiya olunur:



Tiosulfat ionunun artığı olduqda bivalentli mis ionu ilə rəngsiz kompleks ion əmələ gəlir:



6. Kalium-permanqanat məhlulu turş mühitdə natrium-tiosulfat məhlulunun təsirindən rəngsizləşir:



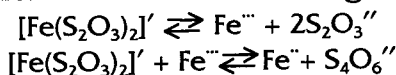
7. Dəmir 3-xlorid natrium-tiosulfat məhlulu ilə bənövşəyi



rəngli, həll olan kompleks birləşmə əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş kompleks birləşmədə üçvalentli dəmirin reduksiya olması üzündən məhlul tədricən rəngsizləşir:

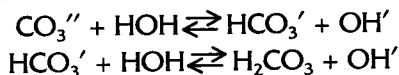


### Karbonat turşusu və $\text{CO}_3^{2-}$ ionu

Karbonat turşusunun yalnız suda məhlulu məlumdur.  $25^\circ\text{C}$  temperaturda, 100 q suda 0,145 q karbon qazı həll olur. Karbonat turşusunun doymuş məhlulunun qatılığı təxminən 0,05 mol/l-dir.

Karbonat turşusunun normal duzları karbonatlar, turş duzları isə hidrokarbonatlar və ya bikarbonatlar adlanır.

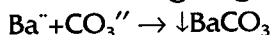
Qələvi metalların istər karbonat, istərsə də bikarbonat duzları asanlıqla hidroliz edir və onların suda məhlulu qələvi reaksiyaya malik olur. Karbonatların hidrolizi aşağıdakı reaksiya tənlikləri üzrə gedir:



Bütün karbonatlardan yalnız qələvi metalların karbonatları və qələvi-torpaq metallarının bikarbonatları suda həll olur.

*$\text{CO}_3^{2-}$  ionunun reaksiyaları.* Karbonat ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  və ya  $\text{K}_2\text{CO}_3$  duzları götürülür.

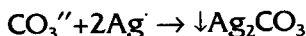
1. Barium-xlorid karbonatlarla ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş barium-karbonat çöküntüsü asetat və mineral turşularda həll olur.

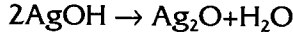
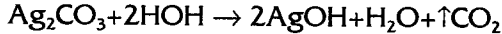
II qrup kationlarından məlum olduğu kimi, stronsium və kalsium kationları da karbonatlarla çöküntü əmələ gətirir.

2. Gümüş-nitrat karbonat ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:

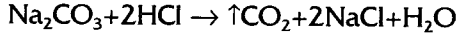


Əmələ gəlmiş gümüş-karbonat çöküntüsü qaynadıldıqda hidroliz edir və gümüş-oksit əmələ gəlidiyi üçün çöküntünün rə-

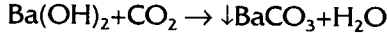
ngi tutqunlaşır:



3. Durulaşdırılmış mineral turşular və habelə asetat turşusu karbonatlara təsir edərək onu parçalayır və karbon qazı ayrılır:

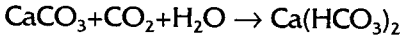


Ayrılan karbon qazı, əhəngli və ya baritli su ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

42-ci şəkildə göstərilən şüşə qaba 8-10 damcı tədqiq edilən məhlul və ya bir az bərk maddə, o qədər də 2N xlorid turşusu tökün. Pipet vasitəsilə 1-2 damcı təzə hazırlanmış, şəffaf əhəngli su və ya baritli su götürün. Pipeti şüşə cihazın ağzına möhkəm bərkidin və ondakı əhəngli və ya baritli suyun bir qədər yuxarı qalxmasını müşahidə edin. Az vaxtdan sonra əmələ gələn bulantı, kalsium-hidrokarbonatın əmələ gəlməsi ilə yox olur:



4.  $\text{SO}_3^{''}$  və  $\text{S}_2\text{O}_3^{''}$  ionlarının iştirakı ilə  $\text{CO}_3^{''}$  ionunun təyini. Sulfit və tiosulfat ionlarının iştirakı ilə karbonat ionunu yuxarıda təsvir olunan üsuldan istifadə edərək təyin etmək olmaz. Çünki sulfit və tiosulfat ionlarına turşularla təsir etdikdə,  $\text{SO}_2$  qazı ayrılır ki, o da əhəngli və ya baritli su ilə kalsium-sulfit və ya bariüm-sulfitdən ibarət çöküntü əmələ gətirir. Sulfit və tiosulfat ionları əvvəlcədən təyin edilmişdirsə, onları sulfat ionuna qədər oksidləşdirmək lazımdır. Bu məqsədlə məhlulun üzərinə 4-6 damcı hidrogen-peroksid məhlulu və ya kalium-permanqanat, kalium-bixromat və s. kimi oksidləşdiricilərdən birini töküb, 2-3 dəqiqə su hamamında qaynatmaq lazımdır. Bundan sonra karbon qazını 3-cü maddədə göstərilən qayda ilə təyin etmək olar.



Şəkil 42.  
 $\text{CO}_2$  və  $\text{SO}_2$ -i təyin etmək üçün cihaz

## Borat turşusu və $B_4O_7^{''}$ ionu

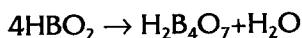
Bor ortoborat  $H_3BO_3$ , metaborat  $HBO_2$  və tetraboratdan (piroboratdan)  $H_2B_4O_7$  ibarət üç növ turşu əmələ gətirir. Bunların hamısı çox zəif turşulardır.

Ortoborat turşusu ağ kristal maddə olub,  $15^\circ\text{C}$ -də  $100\text{q}$  suda  $4\text{q}$ , isti suda isə nisbətən çox miqdarda həll olur.

$100^\circ\text{C}$ -də ortoborat turşusu bir molekul su itirərək metaborat turşusuna çevrilir:



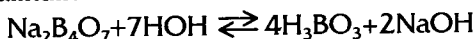
Metaborat turşusu isə  $180^\circ$ -yə qədər qızdırıldıqda, tetraborat turşusuna çevrilir:



Borat turşularına uyğun olan duzlar orto, meta və ya tetraboratlar adlanır.

Ortoborat turşusunun duzu məlum deyildir.

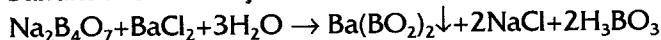
Natrium-tetraborata  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  bura da deyilir. Bura zəif turşu ilə qüvvətli əsaslardan əmələ gəlmiş duz olduğu üçün, asanlıqla hidroliz edir. Ona görə də buranın suda məhlulu qələvi reaksiyaya malikdir:



Suda yalnız borat turşularının qələvi metal duzları yaxşı həll olur.

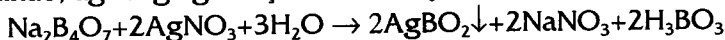
*$B_4O_7^{''}$  ionunun reaksiyaları.* Məhlulda tetraborat ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin edirlər:

1. Barium-xloridlə buranın qatı məhluluna təsir etdikdə, ağ rəngli barium-metaborat çöküntüsü alınır:



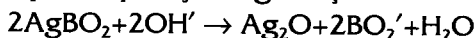
Əmələ gəlmiş barium-metaborat barium-xloridin, ammonium-xloridin artığında və habelə durulaşdırılmış mineral və asetat turşularında həll olur.

2. Gümüş-nitratla natrium-tetraboratın qatı məhluluna təsir etdikdə, ağ rəngli gümüş-metaborat çöküntüsü alınır:

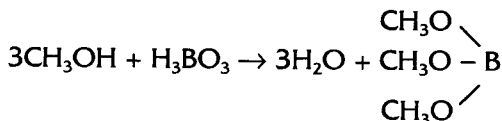


Əmələ gəlmiş metaborat çöküntüsü ammonium-hidroksiddə nitrat və asetat turşularında həll olur. Gümüş-metaborat çökü-

ntüsü qızdırıldıqda tutqunlaşır və gümüş 1-oksidi əmələ gətirir:



3. Metil və ya etil spirti (alovun rənglənməsi) ilə qatı sulfat turşusunun iştirakı ilə borat turşusuna və ya boratlara təsir etdikdə, asan uçuculuq xassəsinə malik olan borat turşusu efiri alınır. Yanan spirtin alovu əmələ gələn efinin təsiri ilə yaşıl rəngə boyanır:



Reaksiyanı aşağıdakı qaydalardan biri ilə aparın:

a) Saat şüşəsində 5-6 damcı natrium-tetraborat məhlulunu quruyuncaya qədər buxarlandırın. Qalıq soyuduqdan sonra şüşə çubuqla qazıyın və diqqətlə kalsium-flüoridin narinləşdirilmiş duzu ilə qarışdırın. Üzərinə 2-3 damcı qatı sulfat turşusu damızdırın. Bu zaman bor-flüoriddən ibarət uçuclu birləşmə əmələ gəlir. Göstərilən qayda ilə hazırlanmış maddədən şüşə çubuqla bir az alova yaxınlaşdırdıqda, (alova toxundurmadan) bir az vaxt keçdikdən sonra alovun kənarları yaşıl rəngə boyanır.

b) Butədə 4-5 damcı natrium-tetraborat məhlulunu buxarlandırın. Qalıq soyuduqdan sonra 3-4 damcı qatı sulfat turşusu, 5-6 damcı etil və ya metil spirti damızdırıb qarışdırın və ehtiyatla yandırın. O zaman spirtin yanan alovunun ətrafı yaşıl rəngə boyanaçaq.

### Silikat turşusu və $\text{SiO}_3''$ ionu

Silikat turşusu  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  iki əsaslı zəif turşudur. Silikat turşusu kolloid məhlul əmələ gətirir. Silikat turşusunun 5%-li zolunu hazırlamaq mümkündür, lakin həmin zol bir qədər qaldıqdan sonra gələcə çevrilir.

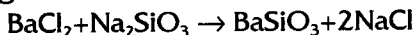
Silikat turşusu duzlarına silikatlar deyilir. Kalium və natrium-silikatlar suda həll olur; onlara həll olan şüşə deyilir. Kalium və natriumun silikatlarından başqa qalan silikatların heç biri suda həll olmur.

Silikat turşusu çox zəif turşu olduğu üçün onun natrium və kalium duzları asanlıqla hidroliz edir.

Suda həll olmayan silikatlar turşularla parçalanan və parçalanmayan olması etibarilə iki qrupa bölünür.

*Suda həll olan silikatlarda silikat ionunun reaksiyaları.* Silikat ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-silikat duzu məhlulundan istifadə edin.

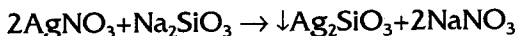
1. Barium-xlorid neytrallaşdırılmış silikat məhlulu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş barium-silikat nitrat və xlorid turşularında həll olur.

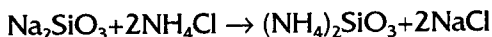
Qurğuşun-asetat da barium-xlorid kimi silikat ionu ilə həll olmayan çöküntü əmələ gətirir.

2. Gümüş-nitrat silikat ionu ilə sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

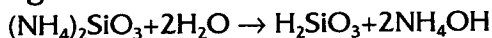


Əmələ gəlmiş gümüş silikat nitrat turşusunda və ammonium hidrosiddə həll olur.

3. Ammonium duzları silikatlar ilə silikat turşusundan ibarət gel əmələ gətirir.



Əmələ gəlmiş ammonium-silikat su ilə hidroliz edir və silikat turşusu əmələ gəlir:

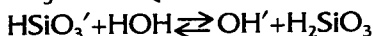
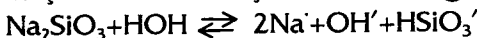


Göstərilən reaksiya soyuqda getmədikdə su hamamı üzərində 1-2 dəqiqə qızdırmaq lazımdır.

4. Durulaşdırılmış mineral turşular silikatlarla qatı turşularda həll olmayan həlməşikvari metasilikat turşusundan ibarət çöküntü əmələ gətirir:



Mineral turşular iştirak etmədikdə, natrium-silikat hidroliz edir və silikat turşusundan ibarət çöküntü əmələ gətirir:

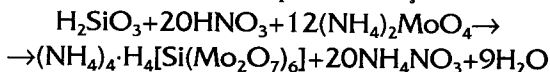


Natrium-silikatın üzərinə turşu əlavə edərkən, hidroliz nəticəsində alınan hidrosil ionları azalır və reaksiya silikat turşusunun alınması istiqamətində gedir. O zaman silikat turşusu pıxtalaşmağa başlayır. Lakin həmin pıxtalaşma tam getmədiyi üçün

silikat turşusunun bir hissəsi məhlulda qalır. Silikat turşusunu tamamilə ayırmaq üçün qarışığa mineral turşu əlavə edərək su hamamı üzərində bir neçə dəfə buxarlandırılır.

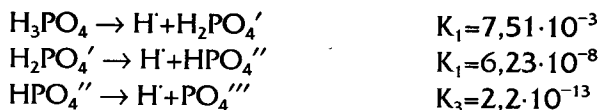
Bununla da silikat turşusu daha az həll olan şəkə çevrilir.

5. Ammonium-molibdat turş mühitdə silikat turşusu ilə arsenat və fosfat ionlarında olduğu kimi sarı rəngli ammonium-silisiyum-molibdatdan ibarət kompleks birləşmə əmələ gətirir:



### Fosfat turşusu və $\text{PO}_4'''$ ionu

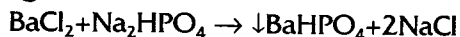
Üç cür fosfat turşusu məlumdur: ortofosfat və ya fosfat  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , metafosfat  $\text{HPO}_3$  və pirofosfat  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  turşuları. Bu turşuların içərisində çox rast gələri ortofosfat turşusudur. Fosfat turşusu orta dərəcədə qüvvətlidir. O üç əsaslı olub pilləli dissosiasiya edir:



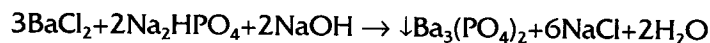
Fosfat turşusunun duzlarına fosfatlar deyilir. Fosfat turşusunun qələvi metal və ammonium duzları suda yaxşı həll olur. Göstərilənlərdən başqa kalsium-dihidrofosfat da suda yaxşı həll olur.

*$\text{PO}_4'''$  ionunun reaksiyaları.* Fosfat ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-monohidrofosfat məhlulundan istifadə edin.

1. Barium-xlorid natrium-hidrofosfatla ağ rəngli amorf çöküntü əmələ gətirir:

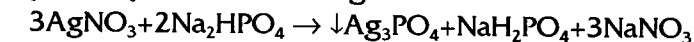


Qələvilər və ya ammonium-hidroksid iştirakı ilə normal duz alınır:



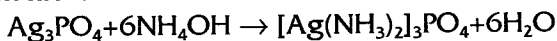
Əmələ gəlmiş çöküntü asetat və mineral turşularda həll olur.

2. Gümüş-nitrat neytral mühitdə natrium-fosfatla sarı rəngli gümüş-fosfat çöküntüsü əmələ gətirir:

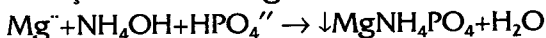


Əmələ gəlmiş gümüş-fosfat nitrat, asetat turşularında və

ammonium hidrokssiddə həll olur. Məsələn:

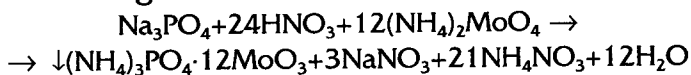


3. Maqneziumlu qarışıq durulaşdırılmış fosfat məhlulları ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü maqnezium-ammonium-fosfat durulaşdırılmış ammonium-hidroksid məhlulunda həll olmur; lakin asetat və mineral turşularda asanlıqla həll olur.

4. Ammonium-molibdatın nitrat turşusunda məhlulu (molibden mayesi) fosfat ionu ilə qızdırmaq şəraitində çətin həll olan çöküntü əmələ gətirir:

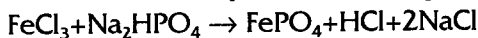


Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda həll olmur, lakin qələvilərdə və ammonium-hidroksiddə asanlıqla həll olur.

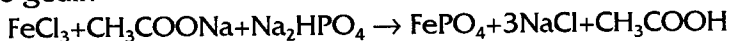
Məsələn:



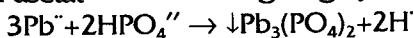
5. Dəmir 3-xlorid neytral mühitdə fosfat ionu ilə sarımtıl-ağ rəngli dəmir 3-fosfatdan ibarət çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü mineral turşularda asanlıqla həll olur. Ona görə də reaksiya nəticəsində əmələ gələn xlorid turşusu dəmir 3-fosfat çöküntüsünü həll edir və reaksiya geri döner. Reaksiyanın bir istiqamətdə aparılması üçün, daha doğrusu, fosfat ionlarını üç valentli dəmirlə tamamilə çökdürmək üçün məhlula natrium-asetat əlavə etmək lazımdır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

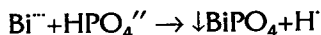


6. Qurğuşun-asetat fosfat ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü asetat turşusunda həll olmur, lakin nitrat turşusunda və qələvilərdə asanlıqla həll olur.

7. Bismut-nitrat fosfat ionları ilə ağ rəngli kristal çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmur.

## Oksalat turşusu və $C_2O_4^{''}$ ionu

Oksalat, başqa sözlə turşəng turşusu sərbəst halda ağ rəngli kristal maddədir. O, iki molekul su ilə kristallaşır. Oksalat turşusu suda yaxşı həll olur. Oksalat turşusu iki əsaslı üzvi turşu olub, aşağıdakı quruluş formuluna malikdir:

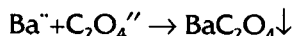


Oksalat turşusu bir qədər qızdırıldıqda süblimə edir. Onu qı-zartdıqda, su, karbon qazı və karbon 2-oksidi parçalanır.

Oksalat turşusu duzlarından yalnız qələvi metal və maqnezium duzları suda yaxşı həll olur. Qalan duzları suda çətin, lakin mineral turşularda yaxşı həll olurlar.

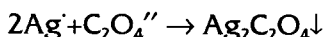
$C_2O_4^{''}$  ionunun reaksiyaları. Oksalat ionu rəngsizdir.

1. Barium-xlorid oksalat ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



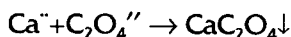
Əmələ gəlmiş barium-oksalat çöküntüsü mineral turşularda və qaynadıldıqda asetat turşusunda həll olur.

2. Gümüş-nitrat oksalat ionu ilə ağ rəngli süzməyə oxşar çöküntü əmələ gətirir:



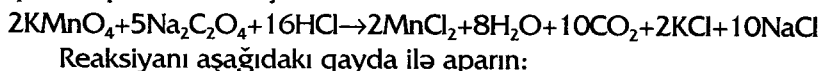
Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-hidroksiddə həll olur.

3. Kalsium ionu oksalat ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir.



Əmələ gəlmiş kalsium-oksalat çöküntüsü mineral turşularda həll olduğu halda asetat turşusunda həll olmur.

4. Kalium-permanqanat turş mühitdə oksalat ionunu karbon qazına qədər oksidləşdirir.



Sınaq şüşəsinə 7-8 damcı oksalat turşusu və ya həll olan oksalat məhlulu töküüb, su hamamında 60-70°C qızdırın. Üzərinə



bir damcı kalium-permanqanatın duru məhlulunu tökün və şüşə çubuqla qarışdırın. Bir qədər keçdikdən sonra kalium-permanqanat rəngsizləşəcəkdir. Bundan sonra kalium-permanqanat damcıları töküldükcə məhlul tez-tez rəngsizləşir. Buna səbəb kalium-permanqanatın reduksiyasından əmələ gələn  $Mn^{2+}$  ionunun katalizator rolunu oynamasıdır. Oksalat ionunun oksidləşməsi qurtarıqdan sonra kalium-permanqanatın əlavə edilən sonuncu damcısı daha rəngsizləşir.

5. Rezorsini  $C_6H_4(OH)_2$  çəkiləcə ondan təxminən yüz dəfə artıq qatı sulfat turşusunda həll etdikdən sonra oksalat duzuna təsir edib sulfat anhidridi ayrılana qədər qızdırdıqda, səciyyəvi göy rəng əmələ gəlir.

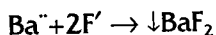
### Flüorid turşusu və $F^-$ ionu

Flüorid turşusu hidrogen-flüoridin suda həll edilməsindən alınır. Qatı flüorid turşusunda 20% HF olur. Hidrogen-flüoridin suda məhlulu özünü bir əsaslı zəif turşu kimi aparır.

Flüorid turşusunun əsas xassələrindən biri, silisium 4-oksidlə reaksiyaya daxil olmasıdır. Flüorid turşusunun bu xassəsindən silikatın parçalanmasında, şüşənin yazılmasında və flüorid ionunun təyin edilməsində geniş miqyasda istifadə olunur. Flüorid turşusu parafin və ya qurğuşun qablarında saxlanılır.

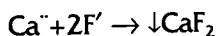
*$F^-$  ionunun reaksiyaları.* Flüorid ionunun xassələrini öyrənmək üçün kalium-flüorid və ya natrium flüoridin suda məhlulundan istifadə edilir. Flüorid ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar.

1. Barium-xlorid flüorid ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş barium-flüorid çöküntüsü xlorid və nitrat turşusunda yaxşı, asetat turşusunda isə çətin həll olur.

2. Kalsium-xlorid flüorid ionları ilə ağ həlməşik çöküntü əmələ gətirir.

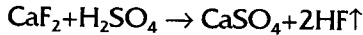


Əmələ gəlmiş kalsium-flüorid çöküntüsü xlorid və nitrat tur-

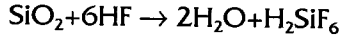
şularında həll olur.

3. Gümüş ionları flüorid ionları ilə çöküntü əmələ gətirmir.

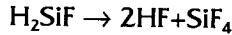
4. Şüşənin yazılması. Qatı sulfat turşusu flüoridlərə təsir edir və nəticədə qaz halında hidrogen-flüorid ayrılır.



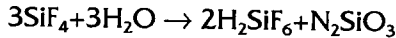
Qızdırdıqda reaksiya sürətlənir. Ayrılan hidrogen-flüorid silisium 4-oksidlə reaksiyaya girərək şüşəni parçalayır:



Əmələ gələn  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  sulfat turşusu iştirakı ilə parçalanır və uçucu silisium 4-flüorid əmələ gəlir.



Ayrılan silisium 4-flüorid ilə su reaksiyaya daxil olaraq məhlulda  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ , çöküntüdə isə silikat turşusu əmələ gətirir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Analiz edilən maddəni narın hala gətirdikdən sonra platin butəyə tökün, üzərinə bir qədər qatı sulfat turşusu əlavə edin. Saat və ya əşya şüşəsinin bir səthini parafinlə örtün, sonra da ucu şiş çubuq və ya sancaq arxası ilə hər hansı bir hərf və ya işarə yazın. Həmin şüşə ilə platin butənin ağızını örtüb su hamamı üzərində qoyun. 10-15 dəqiqədən sonra butə üzərindəki şüşəni götürün, su axınında yuyun və parafini təmizləyin. Analiz edilən maddədə flüorid ionu olduğu halda parafin üzərində yazılmış hərf və ya işarə şüşə üzərində nəqş olunacaqdır (bu reaksiyanın getməsinə boratlar, silikatlar, xloratlar maneçilik törədir).

5. Alizarin-sirkonium laktatı reaksiyası. Sirkonium-xlorid ilə natrium alizarin-sulfonatın qarşılıqlı təsirindən əmələ gələn maddənin qırmızı-bənövşəyi rəngi flüorid ionunun təsiri ilə sarı rəngə çevrilir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 8-10 damcı sirkonium-alizarin-sulfonat və əvvəlcədən xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhluldan 5-6 damcı əlavə edin. Flüorid ionu olduqda, məhlulun qırmızı-bənövşəyi rəngi saralır.

## 9.2. İKİNCİ QRUP ANİONLARI

II qrupa xlorid  $Cl'$ , bromid  $Br'$ , yodid  $J'$ , sulfid  $S''$ , rodanid  $CNS'$  və s. ionları daxildir. Göstərilən anionlar gümüş ionları ilə durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmayan çöküntü əmələ gətirir. II qrup anionları barium-xloridlə çöküntü əmələ gətirmir. Beləliklə, II qrup anionlarının qrup reaktiv, nitrat turşusu iştirakı ilə gümüş-nitrat reaktividir.

### Xlorid turşusu və $Cl'$ ionu

Xlorid turşusu HCl qazının suda həll olmasından alınan məhlula deyilir. Qatı xlorid turşusunun sıxlığı 1,18-1,19 q/ml-dir. Sıxlığı 1,18-1,19 q/ml olan turşunun tərkibində 35,38-37,23% HCl olur. Xlorid turşusu qüvvətli turşulardan biridir.

Xlorid turşusu zəif reduksiyaedici xassəyə malikdir. O, yalnız kalium-permanqanat, kalium-xlorat və s. kimi qüvvətli oksidləşdiricilərlə oksidləşir. Xlorid turşusunun oksidləşməsi nəticəsində sərbəst xlor və su alınır.

Qatı nitrat turşusu xlorid turşusunu oksidləşdirir, özü isə nitrozil xloridə qədər reduksiya olunur:

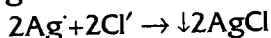


Xlorid turşusunun duzlarına xloridlər deyilir.

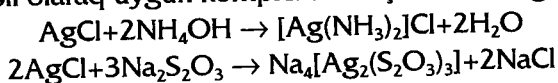
Xlorid turşusunun gümüş, bivalentli civə, qurğuşun və bivalentli mis duzlarından başqa bütün duzları suda yaxşı həll olur.

*$Cl'$  ionunun reaksiyaları.* Xlorid ionunun reaksiyalarını öyrənmək üçün xörək duzu və ya kalium-xlorid məhlulu götürün. Xlorid ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar:

1. Gümüş-nitrat xlorid ionları ilə süd çürüntüsünə oxşar, ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Alınmış gümüş-xloriddən ibarət çöküntü praktiki olaraq suda həll olmur; lakin ammonium-hidroksid və natrium-tiosulfat məhlulunda həll olaraq uyğun kompleks birləşmə əmələ gətirir:

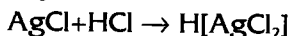


Gümüş-xlorid ammonium-karbonat məhlulunda da həll olur:

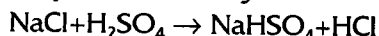


Əmələ gəlmiş diammin-argenta-xloridə mineral turşularla təsir etdikdə, kompleks birləşmə parçalanır və yenidən gümüş-xlorid çöküntüsü alınır.

Göstərilənlərdən başqa, gümüş-xlorid, qatı xlorid turşusu və xlorid məhlulu artığında da həll olur. Gümüş-xlorid qatı xlorid turşusu ilə kompleks birləşmə əmələ gətirir. Gümüş-xlorid çöküntüsü başqa mineral turşularda həll olmur:

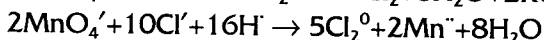
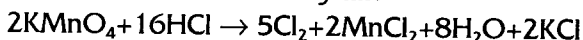


2. Qatı sulfat turşusu ilə bərk halda xloridlərə təsir etdikdə qaz halında hidrogen-xlorid ayrılır ki, bunu da su ilə isladılmış göy lakmus kağızını qızartması ilə təyin etmək olar:



3. Oksidləşdiricilərin təsiri. Məlumdur ki, sərbəst xlor qüvvətli oksidləşdirici, xlorid ionu isə zəif reduksiyaedicidir. Qüvvətli oksidləşdiricilərlə xlorid turşusuna təsir etdikdə xlorid ionu sərbəst xlorə qədər oksidləşir. Turş mühitdə kalium-permanqanat, qurğuşun 4-oksidi və kalium-xlorat xlorid ionunu oksidləşdirirlər.

Turş mühitdə xloridlərin qatı məhlullarına kalium-permanqanatla təsir etdikdə sərbəst xlor ayrılır:



Qatı sulfat turşusu iştirakı ilə kalium-bixromat xloridlərlə reaksiyaya girərək uçucu birləşmə olan xromil-xlorid əmələ gətirir. 42-ci şəkildəki qurudulmuş şüşə qurğu kiçik xlorid duzu (məsələn, xörək duzu) kristalı ilə üç qat ondan artıq kalium-bixromat qarışığını tökün. Qarışığı 5-6 damcı qatı sulfat turşusu ilə isladın. Şəkildə göstəriləndiyi kimi məftilin qulaqcığını bir damcı 2 N natrium-hidroksidlə isladın və ehtiyatla qurğunun ağzını örtün. Sonra bütün qurğunu isti suya salaraq qızdırın. O zaman reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedər:



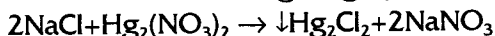
Əmələ gəlmiş xromil-xlorid qələvi məhlulu ilə reaksiyaya daxil olur və natrium-xromat alınır:



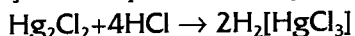
Bir neçə dəqiqədən sonra məftili qurğudan ehmalca çıxarın və onun qulaqcığını başqa sınaq şüşəsi içərisində 2-3 damcı 2N sulfat turşusu ilə yuyun. Yuyuntunun üzərinə bir neçə damcı amil spirti və bir damcı da hidrogen-peroksid məhlulu əlavə edib dərhal silkələyin. Efir layının intensiv göy rəngə boyanması per-xromat turşusunun alınmasını göstərir.

Metal teli qulaqcığında əmələ gəlmiş natrium-xromat məhlulunu 2N asetat turşusunun 2-3 damcısı ilə yuyub, üzərinə barium-xlorid məhlulu əlavə etdikdə, sarı rəngli çöküntünün alınması ilə də xlor ionunun olmasını sübut etmək olar. Təsvir edilən üsul ilə xlorid ionlarını bromid və yodid ionları iştirakı ilə də təyin etmək mümkündür.

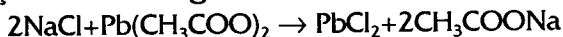
4. Civə 1-nitrat xlorid ionu ilə ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü qatı xlorid turşusunda həll olur:



5. Qurğuşun-asetatla durulaşdırılmış xlorid turşusuna və həll olan xlorid məhlullarına təsir etdikdə, qurğuşun-xloriddən ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş çöküntü qələvilərdə, ammonium-asetatda və natrium-asetatda həll olur.

### Bromid turşusu və Br<sup>-</sup> ionu

Qaz halında olan hidrogen-bromidin suda məhluluna bromid turşusu deyilir. Qatı bromid turşusunun sıxlığı 1,4 q/ml olub, tərkibində 48% HBr vardır.

Bromid turşusu qüvvətli turşulardan olub reduksiyaedicilik xassəsinə malikdir. Bromid turşusu asanlıqla oksidləşərək sərbəst brom ayrılır. Lakin o qüvvətli reduksiyaedici deyildir. Bromid turşusu xlorid turşusuna nisbətən tez parçalanır. Işığın və hava oksigeninin təsiri ilə bromid turşusu parçalanır və sərbəst brom ayrılır.

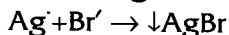
Bromid turşusunun duzları bromidlər adlanır ki, onların da həllolma qabiliyyəti xloridlərin həllolma qabiliyyətinə yaxındır.

Gümüş-bromid, civə 1-bromid, qurğuşun-bromid və mis 1-bromiddən  $\text{Cu}_2\text{Br}_2$  başqa bromun bütün duzları suda həll olur.

Bromid ionu rəngsizdir.

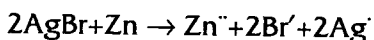
*Br' ionunun reaksiyaları.* Bromid ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün kalium-bromid və ya natrium-bromid məhlulu götürülür. Bromid ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar:

1. Gümüş-nitrat bromid ionları ilə sarımtıl rəngli, gümüş-bromiddən ibarət çöküntü əmələ gətirir:



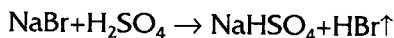
Əmələ gəlmiş çöküntü nitrat turşusunda və ammonium-karbonatda həll olmur.

Gümüş-bromid çöküntüsü mineral turşularda həll olmur; lakin natrium-tiosulfatda, kalium-sianiddə və bir qədər də qatı ammonium-hidroksid məhlulunda həll olur. Gümüş bromid çöküntüsü su və ya 2N sulfat turşusu iştirak etdikdə sink tozunun təsiri ilə parçalanır:



Əmələ gəlmiş qara rəngli gümüş çökür; brom isə ion şəklində məhlula keçir ki, onu da müvafiq reaktivlərlə təyin etmək mümkündür.

2. Qatı sulfat turşusu ilə natrium-bromidə təsir etdikdə hidrogen-bromid ayrılır:



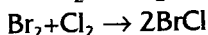
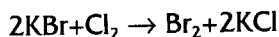
Hidrogen-xloriddən fərqli olaraq hidrogen-bromid sulfat turşusunun təsiri ilə qismən sərbəst brom qədər oksidləşir:



Gümüş-bromiddən başqa bütün bromidlər sulfat turşusunun təsirindən asanlıqla parçalanır.

3. Xlorlu su. Neytral və ya zəif turş mühitdə bromid məhlulu üzərinə xlorlu su əlavə etdikdə, sərbəst brom ayrılır. Ayrılan brom xloroform, karbon 4-sulfid, benzol, karbon 4-xlorid və başqa üzvi həlledicilərdə yaxşı həll olur və onları qırmızımtıl rəngə boyayır. Ona görə də göstərilən üzvi həlledicilərlə bromu ayırmaq mümkündür. Lakin bromidlərə artıq miqdarda xlorlu su tökdükdə, məhlulun qırmızımtıl-qonur rəngi sarımtıl rəngə boyanır.

Buna səbəb brom-xloridin alınmasıdır.



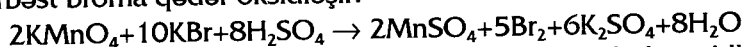
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı kalium-bromid, 2-3 damcı Zn sulfat turşusu və 1-2 damcı da xlorlu su və ya natrium-hipoxlorit məhlulu tökün. Məhlulun rənginin qonurlaşması bromid ionunun olmasını göstərir.

Qarışığa bir neçə damcı benzol və ya xloroform əlavə edib çalxaladıqda, həlledici layı qırmızı-qonur rəngə boyanır. Xlorlu suyu artıq miqdarda əlavə etdikdə, məhlulun rəngi saralır. Göstərilən reaksiya bromid ionunu təyin etmək üçün çox mühüm reaksiyalardan biridir.

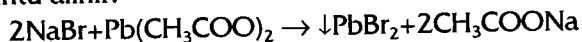
Göstərilən reaksiya ilə xlorid və yodid ionlarının iştirakı ilə bromid ionunu təyin etmək olar.

4. Kalium-permanqanatın turş mühitdə təsiri ilə bromid ionu sərbəst brom qədər oksidləşir:



5. Kalium-bixromat qatı sulfat turşusu iştirakı ilə bromidlərə təsir edir və onu sərbəst brom qədər oksidləşdirir. Durulaşdırılmış sulfat turşusu götürüldükdə sərbəst brom ayrılmır.

6. Qurğuşun-asetatla bromidlərə təsir etdikdə parlaq sarı rəngli çöküntü alınır:



Əmələ gəlmiş çöküntü natrium-tiosulfidə və kalium-sianiddə yaxşı, ammonium-hidroksiddə isə zəif həll olur. Qurğuşun-bromid mineral turşularda həll olmur.

7. Flüoresseinin təsiri. Turş mühitdə hər hansı bir oksidləşdirici ilə bromidlərə təsir etdikdə, ayrılan bromla Flüoressein qırmızı rəngə boyanır. Göstərilən reaksiyalarda Flüoressein eozinə (tetrabrom-flüoresseinə) çevrilir.

Təcrübəni apararkən yodidlər, nitrit və nitrat turşuları iştirak etməməlidir.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə 4-5 damcı analiz edilən məhlul və 4-5 damcı da xromat turşusu məhlulu töküb ehmalca qızdırın. Ayrılan brom buxarı Flüoresseinin 50%-li spirtə hazırlanmış doymuş məhlulu ilə isladılmış kağızı qırmızı rəngə boyayır.

8. Fuksin məhluluna natrium-hidrosulfidlə təsir etdikdə fuksinin rəngsiz birləşməsi alınır. Əmələ gələn rəngsiz birləşmə sərbəst bromun təsiri nəticəsində açıq qırmızı-bənövşəyi rəngli bromlu birləşməyə çevrilir. Xlorid və yodid ionlarının iştirakı ilə bromid ionunu təsvir edilən üsulla təyin etmək mümkündür.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir neçə damcı 1%-li fuksinin suda məhlulunu və 1-2 damcı da qatı xlorid turşusu tökdükdən sonra natrium-hidrosulfidin bir neçə kristalını əlavə etməklə rəngsizləşdirin. Alınmış məhlulda bir parça süzgəc kağızını isladın və onu ağıza qoyulmuş 2 saat şüşəsinin üst tərəfdəkinin iç və orta tərəfinə yapışdırın. Aşağıdakı saat şüşəsinin içərisinə 2-3 damcı analiz edilən məhlul və 4-5 damcı da 25%-li xromat turşusu məhlulu damızdırın. Qarışığı 10 dəqiqə qaynar su hamamı üzərində qızdırın. Xromat turşusunun təsirindən bromid ionu oksidləşir və sərbəst brom ayrılır. O zaman rəngsiz süzgəc kağızı qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanır. Təsvir edilən reaksiya çox həssasdır.

### Yodid turşusu və $I^-$ ionu

Yodid turşusu hidrogen-yodidin suda məhlulu olub, qüvvətli turşulardandır. Eyni zamanda o qüvvətli reduksiyaedicilərdən biri hesab olunur. Yodid turşusu havanın oksigeni, nitratlar, bixromatlar, permaqanatlar və başqa oksidləşdiricilərlə oksidləşir və sərbəst yod alınır. Qatı yodid turşusunun sıxlığı 1,71 q/ml olub, tərkibində 57% hidrogen-yodid vardır. Yodid turşusu davamsız olub, asanlıqla parçalanır və sərbəst yod ayrılır. Ayrılan yodun təsirindən məhlulun rəngi qonurlaşır.

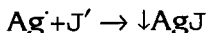
Yodid turşusunun duzları yodidlər adlanır. Yodidlərin həllolmaları uyğun bromidlərin həllolmaları kimidir. Civə 1-yodid, gümüş-bromid, qurğuşun-yodid, bismut-yodid və mis 1-yodiddən başqa bütün yodidlər suda yaxşı həll olur.

Yodidlərdən qələvi və qələvi-torpaq metallarının yodid birləşmələri rəngsiz, ağır metal yodidlərinin əksəriyyəti isə rənglidir. Məsələn, gümüş-yodid sarı və mis 1-yodid süd, qurğuşun-yodid qızılı-sarı, bismut-yodid tutqun qonur, civə 1-yodid yaşılımtıl, civə 2-yodid qırmızı rənglidir.

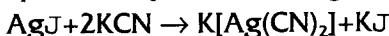


*J' ionunun reaksiyaları.* Yodid ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün kalium-yodid və ya natrium-yodid məhlulu götürülür. Yodid ionu aşağıdakı reaksiyalarla xarakterizə olunur.

1. Gümüş-nitrat yodid ionları ilə süd çürüntüsünə oxşar sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

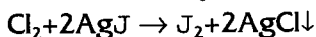


Əmələ gəlmiş çöküntü praktiki olaraq ammonium-hidroksiddə və mineral turşularda həll olmur; lakin natrium-tiosulfatın 10%-li məhlulunda zəif, kalium-sianiddə isə yaxşı həll olaraq uyğun kompleks birləşmələr əmələ gətirir:

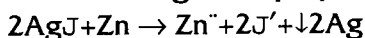


Gümüş-yodid gümüş-bromid və gümüş-xloridə nisbətən zəif həll olur.

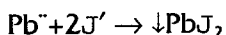
Gümüş-yodid çöküntüsünə xlorla təsir etdikdə, sərbəst yod ayrılır və gümüş-xlorid çöküntüsü əmələ gəlir. Buna səbəb xlorun yoda nisbətən daha fəal oksidləşdirici olmasıdır:



Gümüş-yodidə sulfat turşusu mühitində sink tozu ilə təsir etdikdə, gümüş-bromiddə olduğu kimi parçalanır.

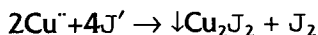


2. Qurğuşun ionu yodid ionları ilə sarı və ya qızıla oxşar kristal çöküntü əmələ gətirir:

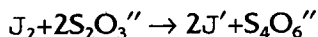


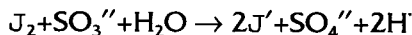
Əmələ gəlmiş qurğuşun-yodid çöküntüsü qızdırılıqda həll olur; soyutduqda qızıl kimi sarı rəngli kristallar yenidən əmələ gəlir.

3. İkivalentli mis duzları yodid məhlulu ilə reaksiyaya daxil olaraq nəticədə süd rəngli mis 1-yodid çöküntüsü və sərbəst yod əmələ gətirir:

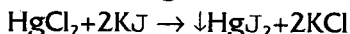


Əmələ gəlmiş mis 1-yodidlə yod məhlulu qarışığına natrium-sulfit və ya natrium-tiosulfat məhlulu ilə təsir etdikdə qarışıq rəngsizləşir və nəticədə mis 1-yodiddən ibarət südə oxşar ağ çöküntü alınır:

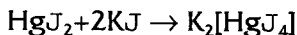




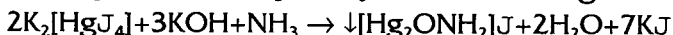
4. Civə 2-xlorid həll olan yodidlərlə səciyyəvi qırmızı rəngli civə 2-yodid çöküntüsü əmələ gətirir:



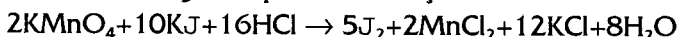
Əmələ gəlmiş civə 2-yodid çöküntüsü kalium-yodidin artığında həll olaraq kompleks birləşmə əmələ gətirir.



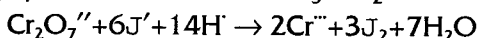
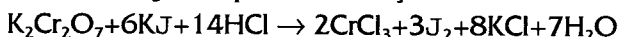
Əmələ gəlmiş kalium-tetrayodo-hidrarqoat üzərinə qələvi və ya ammonium-hidroksid məhlulu əlavə etdikdə tutqun-qırmızı rəngli hidrarqo-oksiammin-yodid çöküntüsü əmələ gəlir:



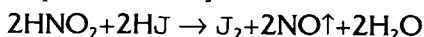
5. Kalium-permanqanat turş mühitdə yodid məhluluna təsir edərək onu sərbəst yoda qədər oksidləşdirir:



6. Kalium-bixromat turş mühitdə yodid məhluluna təsir edərək onu sərbəst yoda qədər oksidləşdirir:



7. Kalium-nitrit turş mühitdə yodid məhluluna təsir edərək onu sərbəst yoda qədər oksidləşdirir:



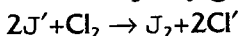
Əmələ gəlmiş yod, məhlulu qonur rəngə boyayır. Belə məhlula nişasta və ya yodun üzvi həlledicisi olaraq benzol əlavə edilməklə yodu təyin etmək olar. Ayrılmış yodu təyin etmək üçün məhlula 2-3 damcı nişasta məhlulu tökmək lazımdır. O zaman məhlul intensiv göy rəngə boyanar. Bunun səbəbi nişastanın yodu adsorbsiya etməsidir. Belə göy rəngli məhlulu qızdırıqda rəngi yox olur, soyuduqda isə yenidən əmələ gəlir.

Yodid ionlarından fərqli olaraq bromid ionları kalium-nitrit ilə oksidləşmir. Buna səbəb nitrit turşusunun oksidləşmə potensialının (+0,986) yodun oksidləşmə potensialından (+0,546) çox, lakin bromun oksidləşmə potensialından (+1,076) az olmasıdır.

8. Xlorlu su. Xlorlu suda olan sərbəst xlor yodid ionuna təsir edərək onu oksidləşdirir və sərbəst yod ayrılır. Ayrılan sərbəst yodu benzol və yaxud xloroformda həll etməklə təyin etmək mümkündür. Xlorlu su ilə eyni zamanda həm yodid və həm də bromid ionunu təyin etmək olar.

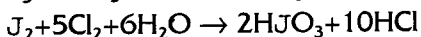
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir damcı kalium-yodid və bir damcı kalium-bromid məhlulu töküüb 4-5 damcı su ilə durulaşdırın, üzərinə 2-3 damcı 2N sulfat turşusu məhlulu və bir neçə damcı da benzol və yaxud xloroform əlavə edin. Alınan qarışıqın üzərinə damcı-damcı xlorlu su tökün və hər dəfə qarışığı çalxalayın. O zaman yodid ionu oksidləşir. Çünki yodid ionu bromid ionuna nisbətən qüvvətli reduksiyaedici-dir. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Göstərilən reaksiya nəticəsində benzol, yaxud xloroform layında yod üçün səciyyəvi olan bənövşəyi-qırmızı rəng alınır.

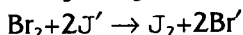
Bundan sonra artıq miqdarda xlorlu su əlavə edildikdə, yodun benzol və ya xloroform layında görünən rəngi yox olur. Buna səbəb sərbəst yodun yodat ionuna qədər oksidləşməsidir.



Məhlulda brom ionu iştirak etdikdə, həlledici layında yodun bənövşəyi rəngi yox olan kimi bromun qırmızımtıl-qonur rəngi limonu-sarı rəng ilə əvəz olunur. Bunun səbəbi brom-xloridin əmələ gəlməsidir.

Göstərilən reaksiyanı təcrübədə yoxlayarkən bromid və yodid məhlullarından çox az miqdarda götürmək və xlorlu suyu damcı-damcı əlavə etmək lazımdır. Əks halda bütün yodun oksidləşməsi üçün artıq miqdarda xlorlu su sərf olunur və eyni zamanda bromid ionunu təyin etmək çətinləşər. Bundan başqa, göstərilən qaydaya əməl edilmədikdə, xlorlu suyun ilk damcısını tökərkən ayrılan yodun rəngi dərhal yox olar və yodid ionunu təyin etmək çətinləşər.

9. Bromlu su xlorlu suda olduğu kimi yodid məhlullarına təsir edir və nəticədə sərbəst yod ayrılır:



Xlorlu sudan fərqli olaraq bromlu suyun artığı ilə sərbəst yod yodata qədər oksidləşmir.

### Sulfid turşusu və S'' ionu

Hidrogen-sulfidin suda məhlulu sulfid turşusu adlanır. O zəif turşu olub, iki əsaslıdır. Otaq temperaturunda hidrogen-sulfidin

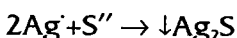
suda həll olması nəticəsində alınan doymuş məhlulun qatılığı 0,1 mol/l olur. Sulfid turşusu məhlulunun çox hissəsi dissosiasiya etməmiş halda olur. Sulfid turşusu normal və turş duzlar əmələ gətirir. Hidrogen-sulfid qüvvətli reduksiyaedici xassəyə malik olduğu üçün demək olar ki, bütün oksidləşdiricilərlə oksidləşir. Təsir edilən oksidləşdiricilərdən asılı olaraq hidrogen-sulfid sərbəst kükürdə və sulfat turşusuna qədər oksidləşə bilər.

Havanın oksigenin təsiri ilə hidrogen-sulfid sərbəst kükürdə qədər oksidləşir. Ona görə də sulfid turşusu bir az havada qaldıqda bulanır.

Qələvi və qələvi-torpaq metallarının əmələ gətirdikləri sulfidlər suda yaxşı həll olduqları halda, qalan sulfidlər həll olmurlar. Sulfid turşusunun bütün duzları turşunun özünə nisbətən daha davamlı olurlar.

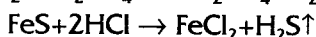
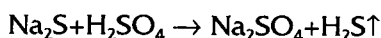
*S'' ionunun reaksiyaları.* Sulfid ionunun reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-sulfid məhlulundan və ya hidrogen-sulfidli sudan istifadə etmək olar.

1. Gümüş-nitrat sulfid ionu ilə qara rəngli gümüş-sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:

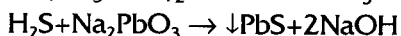
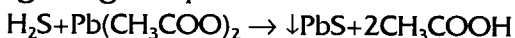


Əmələ gəlmiş çöküntü ammonium-hidroksiddə həll olmur; lakin qızdırıldıqda durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olur.

2. Turşuların təsiri. Durulaşdırılmış sulfat və xlorid turşuları sulfidlərin çoxuna təsir edərək onları parçalayır və nəticədə hidrogen-sulfid ayrılır. Məsələn:



Hidrogen-sulfid ayrıldığını ona xas olan lax yumurta iyi verməsi və qurğuşun-asetat və ya natrium-plümbit məhlulları ilə isladılmış süzgəç kağızını qaraltması ilə bilmək olar:

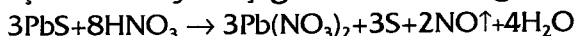


Reaksiyanı qaz kamerasında aparmaq məsləhətdir. Bunun üçün qaz kameranın aşağı tərəfindəki saat şüşəsinə analiz edilən sulfid duzu məhlulu, bir neçə damcı da 2 N sulfat və ya xlorid turşusu tökülür. Kameranın üst tərəfindəki saat şüşəsinə isə

qurğuşun-asetat və yaxud natrium-plümbit məhlulu ilə isladılmış süzgəc kağızı yapışdırılır. Kağızın qaralması, ayrılan hidrogen-sulfidin təsirindən qurğuşun-sulfidin alındığını göstərir.

3. Nitrat turşusu və başqa oksidləşdiricilərin təsiri. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, nitrat turşusu və demək olar ki, bütün oksidləşdiricilər sulfid ionuna təsir edərək onu sərbəst kükürdə və ya sulfat ionuna qədər oksidləşdirir.

Nitrat turşusunun təsirilə sulfid ionunun sərbəst kükürdə qədər oksidləşməsi reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

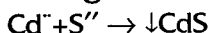


Nitrat turşusunun təsirilə sulfid ionunun sulfat ionuna qədər oksidləşməsi reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

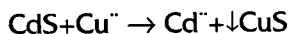


4. Natrium-nitroprussidin  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  təsiri. Natrium-nitroprussid sulfid ionu ilə səciyyəvi qırmızı-bənövşəyi rəngli kompleks birləşmə  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NOS}]$  əmələ gətirir. Reaksiya qələvi mühitdə gedir. Ona görə də sulfid ionunu ya natrium-sulfid şəklində götürmək, ya da məhlula bir qədər qələvi əlavə etmək lazımdır. Natrium-nitroprussidin yeni hazırlanmış doymuş məhlulundan istifadə etmək lazımdır.

5. Kadmium ionunun təsiri. Kadmium ionu sulfid ionu ilə səciyyəvi sarı rəngli çöküntü əmələ gətirir:

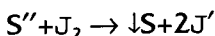


Kadmium-sulfid çöküntüsünü süzdükdən sonra üzərinə 2-3 damcı mis 2-sulfat məhlulu töküüb qarışdırlarsa, mis 2-sulfiddən ibarət qara rəngli çöküntü alınır:



Buna səbəb mis 2-sulfidin həllolma hasilinin kadmium-sulfiddən çox az olmasıdır.

6.  $\text{S}^{2-}$  ionunun reduksiya reaksiyaları. Sulfid ionunun sərbəst kükürdə qədər oksidləşməsilə əlaqədar olaraq, o qüvvətli reduksiyaedici hesab olunur. Sulfid ionu sulfit və tiosulfat ionları kimi sərbəst yodu reduksiya edir:



Eləcə də sulfid ionu turş və ya qələvi mühitdə kalium-permanqanatı reduksiya edir. Bundan başqa, sulfid ionu üçva-

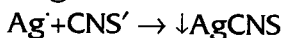
lentli dəmiri ikivalentli dəmirə, arsenat ionunu arsenit ionuna və s. reduksiya edir. Qeyd etmək lazımdır ki, sulfid ionunun oksidləşmə məhsulu sərbəst kükürddən başqa kükürd qazı və hətta sulfat ionu da ola bilər.

### Rodanid turşusu və CNS' ionu

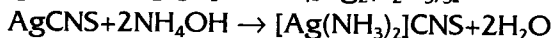
Rodanid, başqa sözlə, tiosianid turşusu rəngsiz maye olub, kəskin iylidir. Rodanid turşusunun suda məhlulu bir əsaslı qüvvətli turşular kimi dissosiasiya edir. Rodanid turşusunun duzlarının əksəriyyəti suda yaxşı həll olur. Rodanid turşusu duzlarının suda məhlulu sərbəst turşuya nisbətən daha davamlıdır. Rodanid turşusunun gümüş, mis, civə, qızıl duzları suda praktiki olaraq həll olmur. Qurğuşun-rodanid suda bir qədər həll olur.

*CNS' ionunun reaksiyaları.* Rodanid ionunun xassələrini öyrənmək üçün kalium-rodanid və ya ammonium-rodanid duzu məhlulu götürülür. Rodanid ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar:

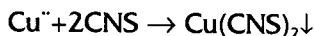
1. Gümüş-nitrat rodanid ionları ilə gümüş-rodaniddən ibarət ağ rəngli çöküntü əmələ gətirir:



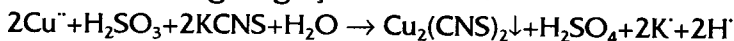
Əmələ gəlmiş çöküntü durulaşdırılmış nitrat turşusunda həll olmur; lakin natrium-tiosulfatda yaxşı, qatı ammonium-hidrok-siddə isə bir qədər zəif həll olaraq uyğun kompleks birləşmələr əmələ gətirir:



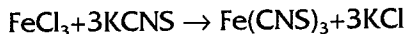
2. Mis 2-sulfat rodanid ionu ilə qara rəngli mis 2-rodanid çöküntüsü əmələ gətirir:



Reaksiyanı sulfit turşusu iştirakilə apardıqda mis 1-rodaniddən ibarət ağ rəngli çöküntü alınır:



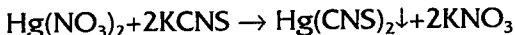
3. Üçvalentli dəmir duzları rodanid ionu ilə götürülən maddələrin miqdarından asılı olaraq gülü-qırmızıdan intensiv qırmızıya qədər dəyişən rəngli məhlul əmələ gətirir:



Dəmir 3-rodanid efir və izoamil spirti ilə ayrılı bilir. Fosfat, ferrisianid və asetat turşusu duzları üçvalentli dəmir ionu ilə daha davamlı kompleks birləşmə əmələ gətirdikləri üçün maneçilik törədirlər.

Dəmir 3-rodanidin suda məhlulu yaxşı hidroliz edir. Onun qarşısını almaq məqsədilə məhlulu turşulaşdırmaq lazımdır.

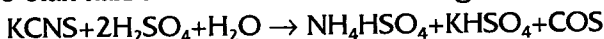
4. Civə 2-nitrat rodanid ionları ilə ağ rəngli civə 2-rodanid əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş civə 2-rodanid kalium-rodanidin artığında həll olur və kompleks birləşmə əmələ gətirir:



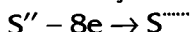
5. Sulfat turşusunun təsiri. Durulaşdırılmış sulfat turşusu durulaşdırılmış rodanid məhlulunu parçalayır və nəticədə zəhərleyici maddə olan karbon-oksisulfid COS əmələ gəlir:



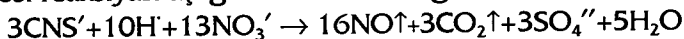
Ayrılan karbon-oksisulfid göy alovla yanır.

Qatı sulfat turşusu durulaşdırılmış rodanid məhlulunu şiddətlə parçalayır və kəskin iyli COS, HCOOH, CS<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> və S maddələri alınır.

6. Oksidləşdiricilər rodanid ionunun tərkibinə daxil olan kükürdü aşağıdakı sxemlə oksidləşdirir:



Məsələn, durulaşdırılmış nitrat turşusu ilə rodanidin oksidləşməsi reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Turş, qələvi və ya neytral mühitdə kalium-permanqanat da rodanid ionunu oksidləşdirir.

Turş mühitdə rodanidlə oksidləşmə reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Göstərilən reaksiya tənliyini təcrübədə yoxlamaq üçün rodanid ionunu bir-iki damcıdan artıq götürməmək və təcrübəni sorucu şkafda aparmaq lazımdır. Çünki reaksiya nəticəsində ayrılan hidrogen-sianid buxarı kəskin zəhərli dir. Reaksiyanın qurtarmasını, götürülmüş kalium-permanqanatın zəif məhlulunun rəngsiz-

ləşməsilə bilmək olar.

### 9.3. ÜÇÜNCÜ QRUP ANİONLARI

III qrup anionlarına nitrat, nitrit, asetat və s. ionlar daxildir. III qrup anionlarının səciyyəvi xüsusiyyətləri, onların gümüş və barium ionları ilə əmələ gətirdikləri birləşmələrin suda yaxşı həll olmasıdır. Ona görədir ki, nə gümüş-nitrat, nə də barium-xlorid III qrup anionları ilə çöküntü əmələ gətirmir. III qrup anionlarının gümüşlü birləşmələri içərisində gümüş-nitrit və gümüş-asetat suda nisbətən zəif həll olur. Buna görə də həmin duzların qatı məhlulları götürülərsə, bir qədər çöküntü alına bilər. III qrup anionlarının qrup reaktivləri yoxdur.

#### Nitrat turşusu və $\text{NO}_3^-$ ionu

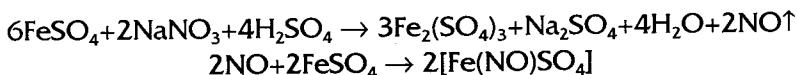
Susuz nitrat turşusu rəngsiz mayedir. 100%-li nitrat turşusunun  $15^\circ\text{C}$ -də sıxlığı 1,54 q/ml-dir. O, havada tüstülənir, səciyyəvi iyi vardır. Mineral turşular içərisində nitrat turşusu qüvvətli turşulardan biri hesab olunur. Azot 4-oksidi su ilə qarşılıqlı təsirdən nitrit turşusu ilə bərabər nitrat turşusu da alınır.

Nitrat turşusunun duzları nitratlar adlanır. Nitrat turşusu duzlarından kalium-nitrat və kalsium-nitrat şora adlanır. Nitrat turşusunun əsasən bütün duzları suda yaxşı həll olur. Nitrat turşusunun duzlarının suda məhlulu oksidləşdirici xassəyə malik deyildirlər. Nitrat turşusunun duzları quru halda oksidləşdiricidirlər.

*$\text{NO}_3^-$  ionunun reaksiyaları.* Nitrat ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-nitrat və ya kalium-nitrat duzu məhlulunu götürün. Məhlulda nitrat ionlarını aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar.

1. Dəmir 2-sulfatın təsiri. Damcı lövhəsinin və ya saat şüşəsinin üzərinə bir damcı analiz edilən məhlul və dəmir 2-sulfatın kiçik bir kristal qoyulur və üzərinə bir damcı qatı sulfat turşusu əlavə edilir. Nitrat ionunun iştirakı ilə kristalın ətrafında qonur həlqə əmələ gəlir. Qonur həlqənin əmələ gəlməsinə səbəb  $[\text{Fe}(\text{NO})\text{SO}_4]$  birləşməsinin alınmasıdır. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:

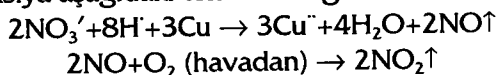




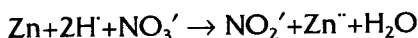
Yodid və bromidlər göstərilən reaksiya tənliyinin getməsinə maneçilik törədirlər. Buna səbəb sərbəst yod və bromun alınmasıdır.

Bunlardan başqa, xromat, permanqanat, ferrisianid, tiosulfat və sulfid ionları iştirak etməməlidir.

2. Mis və sulfat turşusunun təsiri. Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı nitrat məhlulu, bir neçə damcı qatı sulfat turşusu və kiçik bir parça mis metalı daxil edilir. İçərisində maddə olan sınaq şüşəsinə qızdırılır. Qonur rəngli azot 4-oksidiyinin çıxması nitrat ionunun olmasını göstərir. Azot 4-oksidiyin çıxmasını yaxşı müşahidə etmək üçün sınaq şüşəsinin ağzına bir vərəq ağ kağız tutaraq üst tərəfdən baxmaq lazımdır. Göstərilən reaksiya çox da şiddətli getmir. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



3. Sink və alüminiumun təsiri. Zəif asetat turşusu mühitində sink və ya alüminiumla təsir etdikdə nitrat ionu nitrit ionuna qədər reduksiya olunur ki, onu da kalium-yodid məhlulu ilə təyin etmək olar:

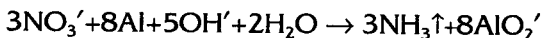


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə bir neçə damcı analiz edilən məhlul, kalium-yodid, asetat turşusu və bir parça sink metalı daxil edin. Təcrübə zamanı nitrit ionu əmələ gəlmişdirsə, sərbəst yod ayrılır ki, onu da nişasta məhlulunun göyərməsi və ya benzol ilə bilmək olar.

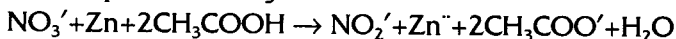
Nitrat ionunun reduksiyasını sərbəst ammoniyaka qədər də aparmaq olar. Bunun üçün sınaq şüşəsinə 3-4 damcı analiz edilən nitrat məhlulunu, bir neçə damcı 25%-li natrium-hidroksid məhlulu və bir-iki parça alüminium metalı daxil edib, ağzını pambıq ilə yavaşca qapayın. Pambıq distillə olunmuş su ilə isladılmış qırmızı lakmus və ya fenolftalein kağızına bükün. Sınaq şüşəsinə bir az qızdırın. Reaksiya şiddətlə getməyə başladığında, qızdırmanı dayandırın.

Təsvir edilən qayda ilə nitrat ionu ammoniyaka qədər reduksiya olunur və reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



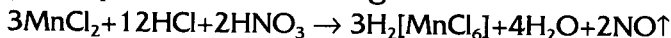
Göstərilən üsulla nitrat ionlarını təyin edərkən ammonium ionları varsa, əvvəlcə qovulmalıdır.

Nitrat ionu asetat turşusu iştirakı ilə sink metalının təsirindən nitrit ionuna qədər reduksiya olunur:



Nitrit ionunun alınmasını onun səciyyəvi reaksiyaları ilə müəyyən etmək olar.

4. Manqan-xloridin təsiri. Analiz edilən nitrat məhlulunu iki o qədər manqan-xloridin qatı xlorid turşusunda doymuş məhlulu ilə qızdırdıqda, məhlul tutqun qonur rəngə boyanır. Buna səbəb  $[\text{MnCl}_6]''$  kompleks ionunun əmələ gəlməsidir:



5. Difenilaminin ( $\text{C}_6\text{H}_5$ )<sub>2</sub>NH təsiri. Yaxşı yuyulmuş və qurudulmuş saat şüşəsinə 4-5 damcı difenilamin və qatı sulfat turşusu tökün. Qarışığa şüşə çubuğun ucunda analiz edilən məhluldan az miqdarda daxil edib qarışdırın. Nitrat ionu iştirakı ilə göy rəng əmələ gəlir. Çünki ayrılan nitrat turşusu ilə difenilamin oksidləşir.

Göstərilən reaksiya çox həssas olub nitrit, xlorat, xromat və başqa oksidləşdirici turşuların duzları iştirak etdikdə də aparıla bilər.

Yodid ionu iştirak edərsə, sulfat turşusunun təsiri nəticəsində oksidləşər və sərbəst yod ayrılır ki, o da əmələ gələ biləcək rəngli məhlulun rəngini pərdələyə bilər.

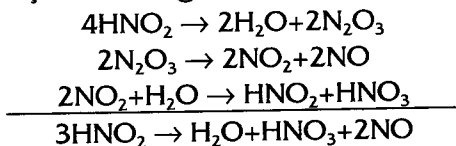
6. Mikrokristalloskopik reaksiya. Bir damcı analiz edilən məhlula bir damcı 5%-li asetat turşusunda hazırlanmış "nitronun"  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}\text{N}_4$  10%-li məhlulu ilə təsir etdikdə nitron-nitratdan  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}\text{N}_4 \cdot \text{HNO}_3$  ibarət çöküntü əmələ gəlir.

Nitrit və yodid ionları ilə də kristal çöküntü əmələ gətirir. Lakin nitronun nitrat ionu ilə əmələ gətirdiyi kristalları nitrit ionu ilə əmələ gətirdiyi kristallardan asanlıqla fərqləndirmək mümkündür.

### Nitrit turşusu və $\text{NO}_2'$ ionu

Nitrit turşusu davamsızdır. Ona görə də o yalnız duzlar şəkl-

lində məlumdur. Nitrit turşusu asanlıqla parçalanır və azot oksidləri ilə nitrat turşusu əmələ gətirir:



Nitrit turşusunun duzları nitritlər adlanır. Onların əksəriyyəti suda yaxşı həll olur. Nitrit turşusunun duzlarından gümüş-nitrit suda az həll olur. Bir sıra kompleks duzları isə praktiki olaraq həll olurlar.

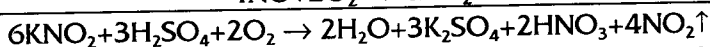
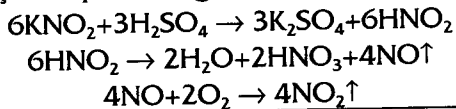
Nitrit turşusu həm oksidləşdirici, həm də reduksiyaedici xassəyə malikdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, nitrit turşusunun oksidləşdiricilik qabiliyyəti, nitrat turşusuna nisbətən qüvvətlidir. Məsələn, nitrit turşusu yodid ionunu sərbəst yoda qədər oksidləşdirdiyi halda, nitrat turşusu onu oksidləşdirə bilmir.

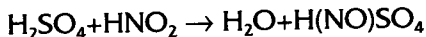
Nitrit turşusundan daha qüvvətli oksidləşdiricilər, məsələn, permanqanat və xromat ionları onu nitrat turşusuna qədər oksidləşdirirlər.

*NO<sub>2</sub>' ionunun reaksiyaları.* Nitrit ionu reaksiyalarını öyrənmək üçün kalium-nitrit və ya natrium-nitrit məhlulu götürülür. Nitrit ionunu aşağıdakı reaksiyalarla təyin etmək olar:

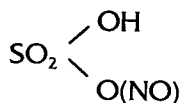
1. Turşuların təsiri. Durulaşdırılmış mineral turşular, hətta asetat turşusu nitritləri asanlıqla parçalayır və nəticədə sərbəst nitrit turşusu əmələ gəlir ki, o da dərhal parçalanır. Nitrit turşusunun parçalanmasında əmələ gələn azot 2-oksidi havanın oksigeni ilə birləşərək qonur rəngli azot 4-oksidi əmələ gətirir:



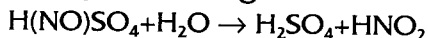
Qatı mineral turşular nitritlərə durulaşdırılmış turşularda olduğu kimi, lakin daha şiddətli təsir edir. Qatı sulfat turşusu nitrit turşusu ilə birləşərək nitrozil-sulfat turşusu əmələ gətirir:



Nitrozil-sulfat turşusu aşağıdakı quruluş düsturuna malikdir:

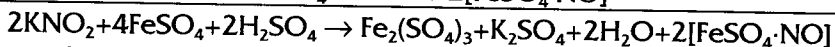
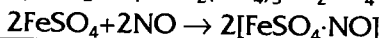
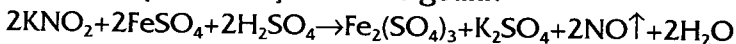


Nitrozil-sulfat turşusu (nitroz) su ilə durulaşdırıldıqda yenedən sulfat və nitrit turşuları əmələ gəlir:



Əmələ gəlmiş nitrit turşusu dərhal parçalanır.

2. Dəmir 2-sulfat zəif turş mühitdə nitrit ionunu azot 2-oksidedə qədər reduksiya edir. Əmələ gəlmiş azot 2-oksidi dəmir 2-sulfatın artığı ilə reaksiyaya daxil olaraq tutqun-qonur rəngli davamsız kompleks birləşmə əmələ gətirir:

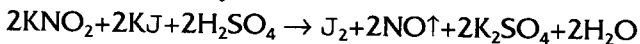


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın.

Dəmir 2-sulfatın doymuş soyuq məhlulu üzərinə bir az durulaşdırılmış sulfat turşusu sonra da sınaq şüşəsinin divanı ilə ehtiyatlı olaraq analiz edilən məhlulun 1-2 damcısını elə tökün ki, məhlullar bir-birinə qarışsın. Hər iki məhlulun toxunduqları sahədə qonur rəngli həlqə əmələ gəlməsi nitrit ionunun olmasını göstərir.

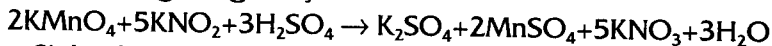
Nitrat ionu təsvir edilən reaksiyanı yalnız qatı sulfat turşusunun iştirakı ilə verir. Ona görə də nitrat ionunun iştirakı ilə nitrit ionunu həmin reaksiyadan istifadə edərək təyin etmək olar.

3. Kalium-yodidi 2N sulfat turşusu mühitində nitrit ionu sərbəst yoda qədər oksidləşdirir:

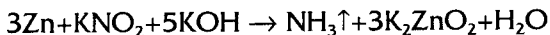


Qeyd etmək lazımdır ki, nitrit ionu kimi bir sıra başqa oksidləşdiricilər də yodidləri sərbəst yoda qədər oksidləşdirir.

4. Kalium-permanqanat turş mühitdə nitrit ionunu nitrat ionuna qədər oksidləşdirir. O zaman permanqanat ionu ikivalentli iona qədər reduksiya olunur ki, bununla məhlulun qırmızı-bənövşəyi rəngi rəngsizləşir:

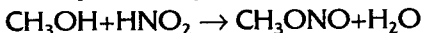


Sink, alüminium, Devard ərintisi əsasi mühitdə nitrit ionunu sərbəst ammonyaka qədər reduksiya edir. Məsələn:



5. Nitrit ionunun kənar edilməsi. Metil spirti karbamid, ammonium-xlorid və ammonium-sulfat nitritlərini parçalayır. O zaman əvvəlcə metil efiri, sonra da sərbəst azot alınır. Reaksiya aşağıdakı ardıcılıqla gedir:

Durulaşdırılmış sulfat turşusu iştirakı ilə metil spirti nitritlərlə qarşılıqlı təsirdə olaraq nitrit turşusunun metil efini əmələ gətirir:

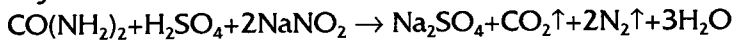


Əmələ gəlmiş efir çox aşağı dərəcədə ( $-12^\circ\text{C}$ ) qaynadığı üçün asanlıqla buxarlanır.

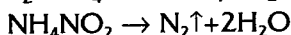
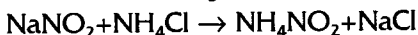
Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Bərabər həcmdə bir az metil spirti və 2N sulfat turşusu qarışığı üzərinə damcı-damcı bir az da nitrit ionu məhlulu töküb azacıq qızdırın. Nitrit ionunun tamamilə ayrılmasını kalium-yodid ilə metil spirtinin artığını qaynatmaqla yoxlamaq olar. Nitrat ionu reaksiyasını isə nitrit ionu parçalandıqdan sonra adi üsulların biri ilə yoxlamaq olar.

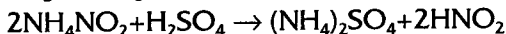
Turş mühitdə karbamid də nitrit ionunu parçalayır və sərbəst azot ayrılır:



Quru halda ammonium-xloridi və ya ammonium-sulfatı nitrit ionunun neytral məhlulu üzərinə töküb, azacıq qızdırdıqda, nitrit ionu parçalanır və sərbəst azot ayrılır:



Reaksiyanı turş mühitdə aparmaq olmaz. Çünki o zaman aşağıdakı reaksiya tənliyi üzrə nitrat turşusu da əmələ gələ bilər:



7. Sulfanil turşusu və  $\alpha$ -naftilamin qarışığı nitrit ionunun çox az miqdarı ilə qırmızı rəng əmələ gətirir. Nitrit ionunu təyin etmək üçün həmin reaksiya çox həssas olub, azoboya əmələ gəlməsi prinsipinə əsaslanır.

Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Bir damcı analiz edilən nitritin neytral və ya asetat turşusu məhlulu üzərinə bir damcı sulfanil turşusu və bir damcı da  $\alpha$ -

naftilamin tökün. Bir müddətdən sonra səciyyəvi qırmızı rəng əmələ gələcəkdir.

Nitrit ionu iştirak etmədikdə həmin reaksiya vasitəsilə nitrit ionunu da təyin etmək mümkündür. Bunun üçün asetat turşusu mühitində sink tozu ilə nitrat ionunu nitrit ionuna qədər reduksiya etmək lazımdır.

### Asetat turşusu və $\text{CH}_3\text{COO}'$ ionu

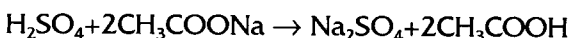
Asetat turşusu (sirkə turşusu) bir əsaslı zəif üzvi turşudur. Onu ağacın quru distilləsindən, etil spirti və asetaldehidin oksidləşməsindən alırlar.

Susuz asetat turşusu  $+16,5^\circ$ -də donur və rəngsiz, parlayan kütlə alınır.

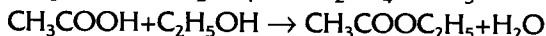
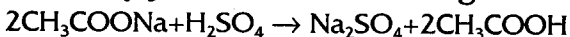
Asetat turşusunun demək olar ki, bütün duzları suda həll olur. Yalnız gümüş-asetat və asetat turşusunun əsasi duzları nisbətən çətin həll olur.

*$\text{CH}_3\text{COO}'$  ionunun reaksiyaları.* Asetat ionunun reaksiyalarını öyrənmək üçün natrium-asetat duzu məhlulundan istifadə edilir. Asetat ionu aşağıdakı reaksiyalarla təyin edilə bilər:

1. Sulfat turşusunun təsiri. Durulaşdırılmış sulfat turşusu, habelə başqa durulaşdırılmış mineral turşular asetatlarla təsir edərək sərbəst asetat turşusu əmələ gətirirlər ki, onu da səciyyəvi iyi ilə müəyyən etmək olar:



2. Etil spirti qatı sulfat turşusunun iştirakı ilə asetatlarla təsir edərək nəticədə xoş iyli etil-asetat efiri əmələ gəlir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Bir neçə damcı asetat məhlulu və ya həmin duzun bir neçə kristalı üzərinə 3-4 damcı qatı sulfat turşusu və etil spirti əlavə edin. Qarışığı 1-2 dəqiqə su hamamında qızdırın. Sonra alınan məhlulu içərisində soyuq su olan stəkana boşaldın və iyləyin.

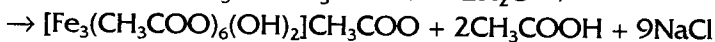
Təsvir edilən təcrübədə, etil spirtinin əvəzinə amil spirti də götürmək olar ki, o zaman amil-asetat  $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  alınar. Əmələ gəlmiş amil-asetat armud essensiyası adlanır ki, o da xoş iyə malikdir.

Cədvəl 19. Bəzi anionların səciyyəvi reaksiyaları

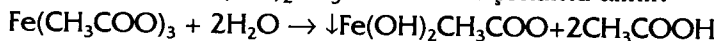
Anionlar	Reaksiyanın şəraiti	Səciyyəvi reaktiv	Xarici əlamət
$\text{J}'$	Hər hansı şəraitdə	1. $\text{KNO}_2 + \text{HCl} + \text{nişasta}$ 2. Xlorlu su + nişasta 3. Xlorlu su + üzvi həlledici	1. Göy rəng 2. Göy rəng 3. Həlledicinin qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanması
$\text{Br}'$	1. $\text{J}'$ iştirakı ilə 2. Hər hansı şəraitdə	1. Xlorlu su + üzvi həlledici 2. Füksin, $\text{Na}_2\text{SO}_3$	1. Həlledicinin sarı rəngə boyanması 2. Göy rəng
$\text{Cl}'$	$\text{J}'$ , $\text{Br}'$ və $\text{S}''$ olmadıqda	$\text{Ag}_2\text{SO}_3$	Nitrat turşusunda həll olmayan, lakin ammonium hidrokksiddə həll olan ağ çöküntü
$\text{S}''$	Hər hansı şəraitdə	Mineral turşu, qurğuşun nitrat və qızdırmaq	Qara çöküntü
$\text{CO}_3''$	$\text{SO}_3''$ və $\text{S}_2\text{O}_3$ olmadıqda	Mineral turşu və əhəngli su	Bulanıq
$\text{S}_2\text{O}_3''$	1. $\text{S}''$ olmadıqda 2. Hər hansı şəraitdə	1. $\text{AgNO}_3$ 2. Durulaşdırılmış $\text{HCl}$	1. Getdikcə qaralan ağ çöküntü 2. Kükürdün ayrılması
$\text{SO}_3''$	Reduksiyaedicilər olmadıqda	1. $\text{KMnO}_4 + 2\text{N H}_2\text{SO}_4$ 2. Yod məhlulu	1. Rəngsizləşmə 2. Rəngsizləşmə
$\text{B}_4\text{O}_7''$	Quru duz	Qatı sulfat turşusu, metil spirti. Yandırmaq	Yaşıl rəngli alov
$\text{SO}_4''$	Hər hansı şəraitdə	$\text{BaCl}_2 + \text{HNO}_3$	Ağ çöküntü
$\text{PO}_4'''$	$\text{AsO}_4'''$ olmadıqda	1. Ammonium-molibdat + $\text{HNO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ 2. Maqneziumlu qarışıq	1. Sarı çöküntü 2. Ağ çöküntü
$\text{SiO}_3''$	Hər hansı şəraitdə	1. $\text{HCl}$ 2. $\text{NH}_4\text{Cl}$ və qızdırmaq	1. Həlməşik çöküntü 2. Həlməşik çöküntü
$\text{NO}_2'$	İzi	Sulfanil turşusu və $\alpha$ -naftilamin	Qırmızı rəng
$\text{NO}_3'$	Oksidləşdiricilər və $\text{HNO}_2$	Difenilamin + qatı $\text{H}_2\text{SO}_4$ + analiz edilən məhlul	Göy rəng

3. Dəmir 3-xlorid ilə asetat ionunun neytral məhluluna təsir etdikdə, tutqun qırmızı rəng alınır. Həmin məhlulu qaynatdıqda, böyük həcmli, qonur rəngli, əsasi dəmir 3-asetat çöküntüsü əmələ gəlir.

Əsasi dəmir 3-asetatın əmələ gəlməsi üçün məhlulun turşuluğu müəyyən dərəcədə olmalıdır. Turşu artıq olduqda əsasi dəmir 3-asetat çöküntüsünün alınması mümkün olmur:



Məhlulu su ilə durulaşdırdıqdan sonra qızdırdıqda, əsasi dəmir 3-asetatdan  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}$  ibarət çöküntü alınır:

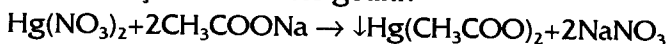


Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Natrium-asetatın bir neçə damcı məhlulu üzərinə damcı-damcı dəmir 3-xlorid məhlulu tökün. Qarışığı su ilə durulaşdırıb qaynadın. Qonur-qırmızı rəngli çöküntünün alınması asetat ionunun alınmasını göstərir:

Analiz edilən məhlulun neytral olmaqla bərabər üçvalentli dəmir, karbonat, sulfid, fosfat, heksasiano-ferroat və s. ionlar olmamalıdır. Göstərilənlərdən başqa rodanid və yodid ionları da iştirak etməməlidir. Əks halda yodid ionu üçvalentli dəmir ionu ilə sərbəst yoda qədər oksidləşər və məhlulu qırmızı-qonur rəngə boyayar. Göstərilən ionların hamısını kənar etmək üçün neytral məhlula gümüş-nitrat və ya gümüş-sulfat məhlulu ilə təsir etmək lazımdır.

4. Civə 2-nitrat məhlulu asetat ionu ilə ağ rəngli civə 2-asetatdan ibarət çöküntü əmələ gətirir:



Əmələ gəlmiş çöküntü reaktiv artığında həll olur.

#### 9.4. BİRİNCİ, İKİNCİ VƏ ÜÇÜNCÜ QRUP ANİYONLARI QARIŞIGININ ANALİZİ PLANI

I. Fosfat, arsenat və arsenit ionları qarışığı analizinin gedişi.

- 1) Arsenat və fosfat ionlarının arsenit ionundan ayrılması.
- 2) Arsenat ionunun təyini.
- 3) Fosfat ionunun təyini.



4) Arsenit ionunun təyini.

II. Sulfid, tiosulfat, sulfit və sulfat ionları qarışığı analizinin gedişi.

1) Sulfid ionunun təyini və onun ayrılması.

2) Tiosulfat ionunun təyini.

3) Sulfit və sulfat ionunun təyini.

III. Xlorid, bromid və yodid ionları qarışığının analizinin gedişi.

1) Xlorid, bromid və yodid ionlarının çökdürülməsi.

2) Gümüş-xloridin həll edilməsi və xlorid ionunun təyini.

3) Yodid və bromid ionlarının məhlula keçirilməsi.

4) Yodid və bromid ionlarının təyini.

IV. İlkən yoxlamalar.

1) Verilmiş məhlulun mühitinin yoxlanılması.

2) Birinci qrup anionlarının yoxlanılması.

3) İkinci qrup anionlarının yoxlanılması.

4) Oksidləşdiricilərin yoxlanılması.

5) Reduksiyaedicilərin yoxlanılması.

6) Qazın ayrılmasını yoxlamaq.

V. Anionların fərdi üsulla təyini.

1) Sulfid, tiosulfat, sulfit və sulfat ionlarının təyini.

2) Fosfat, arsenat və arsenit ionlarının təyini.

3) Xlorid, bromid və yodid ionlarının təyini.

4) Oksalat, flüorid və borat ionlarının təyini.

a) Flüorid ionunun təyini.

b) Tetraborat ionunun təyini.

5) Nitrit ionunun təyini.

6) Karbonat ionunun təyini.

7) Silikat ionunun təyini.

8) Fosfat ionunun təyini.

9) Yodid ionunun təyini.

10) Bromid ionunun təyini.

11) Xlorid ionunun təyini.

12) Nitrat ionunun təyini.

13) Asetat ionunun təyini.

14) Rodanid ionunun təyini.

15) Xromat ionunun təyini.

16) Permanınat ionunun təyini.

## 9.5. BİRİNCİ, İKİNCİ VƏ ÜÇÜNCÜ QRUP ANİONLARI QARIŞIĞININ ANALİZ GEDİŞİ

*(Verilmiş məhlul çöküntüsüz olduqda)*

18-ci cədvəldən göründüyü kimi anionların əksəriyyətini təyin edərkən biri digərinə mane olmur. Ona görə də, adətən, anionların hamısı bir yerdə olduqda, onları səciyyəvi reaksiyalarla fərdi üsulla təyin edirlər. Məsələn, birinci qrup anionlarını bari-um-xloridlə çökdürdükdən sonra, alınan çöküntünün üzərinə xlorid turşusu əlavə etdikdə ayrılan qazın əhəngli suyu bulandırmasına görə karbon qazının olmasını təyin etmək olar. Bu cəhətdən anionların təyini kationlara nisbətən xeyli asandır.

Digər tərəfdən, məsələn, birinci qrup anionların qarışığında sulfid və tiosulfat ionlarını bir-birindən fərqləndirmək bir qədər çətinlikdir. Çünki göstərilən ionların hər ikisi xlorid turşusunun təsiri-ndən parçalanır və kükürd qazı ayrılır. Ayrılan kükürd qazı isə əhəngli suyu bulandırır. Göstərilənlərdən əlavə sulfid və tiosulfat ionlarının hər ikisi yod məhlulunu rəngsizləşdirir. Ona görə də sulfid və tiosulfat ionları bir yerdə olduqda onları fərqləndirmək və təyin etmək bir qədər çətin olur. Bunun kimi də bir sıra anionları fərdi üsulla təyin etmək çətinlik törədir.

Göstərilənləri nəzərə alaraq, anionları təyin edərkən analizin ardıcıl gedişindən az və ya çox dərəcədə istifadə etmək lazım gəlir.

Analizin ardıcıl gedişini tətbiq etməklə təyin edilməsi zəruri olan anionlara, birinci növbədə fosfat, arsenat və arsenit ionları; sulfid, tiosulfat, sulfid və sulfat ionları; xlorid, bromid və yodid ionları daxildir. Anionların fərdi üsul ilə təyininə başlamamışdan əvvəl yuxarıda göstərilən anionlar qarışığının analizi gedişini təsvir edək.

### 9.5.1. Fosfat, arsenat və arsenit ionları qarışığının analizinin gedişi

Arsenat və arsenit ionlarının xüsusi reaksiyaları haqqında III qrup kationlarını keçərkən kifayət qədər məlumat verildiği üçün

anionlar bəhsində onlara yer verilməmişdir; lakin analizin gedişində həmin ionları nəzərə almaq lazımdır.

1.  $AsO_4^{3-}$  və  $PO_4^{3-}$  ionlarının  $AsO_3^{3-}$  ionundan ayrılması. Analiz edilən məhluldan 8-10 damcı götürüb üzərinə 3 damcı 2N ammonium-xlorid, qələvi reaksiya alınincaya qədər ammonium-hidroksid və 4-5 damcı da maqnezium-xlorid məhlulu tökülür. Çöküntü dərhal alınmadıqda, içərisində reaktiv və analiz edilən məhlul olan sınaq şüşəsinin divarını şüşə çübüqlə sürtərək 10-15 dəqiqə gözlənilir. Maqnezium-ammonium-fosfat və maqnezium-ammonium-arsenatdan ibarət ağ kristal çöküntünün alınması arsenat və fosfat ionlarının olmasını göstərir.

Əmələ gəlmiş çöküntünü sentrifuqa ilə ayrılır və bir neçə damcı ammonium-hidroksid qarışdırılmış su ilə yuyulur.

Çöküntü bir neçə damcı 2N asetat turşusunda həll edilir. Sonra da arsenat və fosfat ionlarını aşağıdakı qayda ilə təyin edilir.

2.  $AsO_4^{3-}$  ionunu təyin etmək üçün məhluldan bir neçə damcı götürüb, üzərinə bərabər həcmdə qatı xlorid turşusu tökün. Alınmış qarışıqın üzərinə bir damcı kalium-yodid məhlulu və bir neçə damcı da benzol və ya xloroform tökün. Bütün qarışığı çalxaladıqdan sonra benzol və ya xloroform layının qırmızı bənövşəyi rəngə boyanması arsenat ionunun olmasını göstərir.

3.  $PO_4^{3-}$  ionunu təyin etmək üçün bir parça süzgəc kağızı üzərinə fosfat ionu məhlulu, ammonium-molibdatın nitrat turşusunda həll edilmiş məhlulu və benzinin hərəsindən bir damcı əlavə edin. Yaş ləkəni qatı ammonyak məhlulu buxarında bir qədər saxlayın və ya bir damcı natrium-asetat əlavə edin. Fosfat ionu iştirakı ilə göy rəngli ləkə əmələ gəlir ki, onun da intensivliyi fosfat ionunun qatılığından asılıdır.

---

1. Arsenat və fosfat ionlarını maqnezium-ammonium-fosfat və maqnezium-ammonium-arsenat şəklində çökdürdükdən sonra çöküntünü ammonyak qarışıqlı su ilə yumaqda məqsəd çöküntünün həll olmasını azaltmaqdır.

2. Nitrit, xromat və permanınat kimi oksidləşdirici ionlar iştirak edirsə, təsvir edilən üsul ümidli deyildir. Çünki alınan maqnezium-ammonium-fosfat və maqnezium-ammonium-arsenat çöküntüsünə yuxarıda göstərilən nitrit, xromat və permanınat oksidləşdirici ionlar da qoşulurlar. Belə olduqda, məhlulun bir hissəsini qatı xlorid turşusu ilə turşulaşdırdıqdan sonra hidrogen-

sulfid ilə doydurmaq lazımdır. O zaman sarı rəngli arsen 5-sulfid çöküntüsünün alınması arsenat ionunun olmasını göstərir.

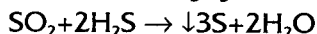
3. Fosfat ionunu turş mühitdə benzidin ilə təyin edərkən alınmış yaş ləkənin ammoniyak buxarında saxlanılmasına və ya natrium-asetat əlavə edilməsinə səbəb məhlulun turşuluğunu bir qədər azaltmaqdır.

4. Fosfat ionunu benzidin ilə təyin edərkən arsenat və silikat ionları bir qədər mane ola bilər. Ona görə də təcrübəni tartrat turşusunun iştirakı ilə aparmaq lazımdır. Belə olduqda silikat və arsenat ionlarının molibdat turşusu ilə əmələ gətirə biləcəkləri birləşmə əvəzinə möhkəm kompleks molekullar əmələ gəlir.

4.  $AsO_3^{3-}$  ionunun təyini. Arsenat və fosfat ionları çökdürüldükdən sonra qalan məhlul bir neçə damcı 2N xlorid turşusu ilə turşulaşdırılır, qızdırılır və qarışıqdan hidrogen-sulfid buraxılır. Dərhal sarı rəngli arsen 3-sulfiddən ibarət çöküntü alınmalıdır. Çöküntünün ammonium-hidroksiddə həll olması və turşulaşdırdıqdan sonra yenidən sarı rəngli arsen 3-sulfiddən ibarət çöküntünün alınması arsenit ionunun olmasını göstərir.

#### 9.5.2. Sulfid, tiosulfat, sulfit və sulfat ionları qarışığı analizinin gedişi

$S^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  və  $SO_4^{2-}$  ionları bir yerdə olduqda onları təyin etmək bir qədər çətinlikdir. Buna səbəb onların bir-birinə mane olmalarıdır. Məsələn, sulfid və sulfit ionları bir yerdə olan məhlulu turşulaşdırdıqda, eyni zamanda  $H_2S$  və  $SO_2$  qazları ayrılır ki, onlar da aşağıdakı kimi reaksiyaya daxil olurlar:



Digər tərəfdən, sulfit və tiosulfat ionları qarışığını turşulaşdırdıqda onlar özlərini bir-birinin eyni kimi aparırlar.

Göstərilənləri və bir sıra başqa cəhətləri nəzərə alaraq sulfid, sulfit, tiosulfat və sulfat ionları bir yerdə olduqda onları təyin etmək üçün əvvəlcədən müəyyən edilmiş analizin gedişindən istifadə etmək zəruridir. Bunun üçün birinci növbədə  $S^{2-}$  ionunu  $CdCO_3$  məhlulu ilə,  $SO_3^{2-}$  ionunu isə stronsium duzları ilə çökdürmək lazımdır.

Analizin gedişini aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq olar:

1.  $S^{2-}$  ionunun təyini və onun ayrılması. Analiz edilən qələvi xassəli məhlulun bir damcısı üzərinə bir damcı natrium-

nitroprussid məhlulu tökülür. Qırmızı-bənövşəyi rəngin alınması sulfid ionunun olmasını göstərir. Sulfid ionu olduqda, analiz edilən məhluldan 5-6 damcı götürüb üzərinə bir az kadmium-karbonatdan (bərk halda) töküb çalxalanır. Qarışığı sentrifuqa ilə ayırın. Sentrifuqatdan bir damcı götürüb natrium-nitroprussid vasitəsilə sulfid ionunun tam çökməsi yoxlanılır. Sulfid ionu tam çökmədiyi halda kadmium-karbonatdan bir qədər də töküb çalxalanır və yenidən sentrifuqa ilə ayrılır. Sarı rəngli çöküntünün alınması sulfid ionunun olmasını göstərir. Çöküntünün sarı rəngi aydın görünmədikdə üzərinə 2-3 damcı 2N xlorid turşusu və bir damcı da mis 2-sulfat məhlulu əlavə edilir. O zaman aydın görünməyən sarı rəngli çöküntü qara rəngə mis 2-sulfidə çevrilir.

Sentrifuqatda tiosulfat, sulfit, sulfat və bir sıra başqa ionlar qalacaqdır.

2.  $S_2O_3^{2-}$  ionunun təyini. Sentrifuqatdan (sulfid ionu olmadıqda) 2-3 damcı götürüb üzərinə 2-3 damcı 6N xlorid turşusu tökün və qızdırın. Ağ və ya sarımtıl çöküntünün və ya bulantının alınması tiosulfat ionunun olmasını göstərir.

3.  $SO_3^{2-}$  və  $SO_4^{2-}$  ionunun təyini. Sentrifuqatın qalan hissəsi üzərinə çöküntü daha alınmayıncaya qədər stronsium-xlorid və ya stronsium-nitrat məhlulu tökülür. Çöküntünü bir neçə dəfə yuyulur. Üzərinə 4-5 damcı su töküb qarışdırın. Bulantılı maye iki yerə bölünür:

a)  $SO_3^{2-}$  ionunun təyini. Bulantının üzərinə 2-3 damcı 2N xlorid turşusu və damcı-damcı yod məhlulu tökülür. Yod məhlulunun rəngsizləşməsi sulfit ionunun olmasını göstərir.

b)  $SO_4^{2-}$  ionunun təyini. Bulantının üzərinə 2 damcı barium-xlorid və artıq miqdarda 2N xlorid turşusu tökün. Çöküntünün həll olmaması sulfat ionunun olmasını göstərir.

### 9.5.3. Xlorid, bromid və yodid ionları qarışığı analizinin gedişi

Xlorid, bromid və yodid ionları bir yerdə olduqda, birinci növbədə onları sulfit, tiosulfat, sulfid və s. anionlardan gümüş-nitrat vasitəsilə ayırmaq lazımdır. Çünki tiosulfat, sulfit və sulfid

ionları reduksiyaedici olduqları üçün yodid və bromid ionlarının təyin edilməsinə maneçilik törədirlər.

Analizi aşağıdakı ardıcılıqla aparın:

1.  $Cl^-$ ,  $Br^-$  və  $J^-$  ionlarının çökdürülməsi. Analiz edilən məhlulun 5-6 damcısı üzərinə 2-3 damcı sıxlığı 1,2 q/ml olan nitrat turşusu və yenidən çöküntü alınincaya qədər damcı-damcı gümüş nitrat məhlulu tökün və qızdırın. Çöküntü tamamilə həll olarsa, xlorid, bromid və yodid ionları yoxdur.

2. Gümüş-xloridin həll edilməsi və xlorid ionunun təyini. Çöküntünü yuduqdan sonra üzərinə 1-1,5 ml 12 %-li ammonium-karbonat məhlulu töküb bərk çalxalayın. O zaman çöküntünün bir hissəsi həll olaraq gümüş-amonyakat kompleksini əmələ gətirər.

Çöküntüdə isə gümüş-bromid və gümüş-yodiddən başqa bir qədər də gümüş-sulfid qala bilər.

Çöküntünü sentrifuqa ilə ayırın, yuyun və 3-cü maddədə göstərilən qayda ilə analiz edin.

Sentrifuqatın üzərinə bir neçə damcı kalium-bromid məhlulu tökün.  $AgBr$  çöküntüsünün alınması xlorid ionunun olmasını göstərir.

3.  $J^-$  və  $Br^-$  ionlarının məhlula keçirilməsi. Çöküntünün üzərinə 5-6 damcı su və bir az sink tozu töküb bir neçə dəqiqə qarışdırın. Sink tozunun artığından və əmələ gələ biləcək gümüş metalından ibarət çöküntünü sentrifuqa vasitəsilə ayırın və tullaşın.

Sentrifuqatı 4-cü maddədə göstərilən qayda ilə analiz edin.

QEYD. Laboratoriyada sink tozu olmadıqda bir parça sink metalından istifadə edin. O zaman qarışığın üzərinə 2N sulfat turşusu məhlulu əlavə edib qızdırmaq lazımdır. Qızdırmaqda məqsəd reaksiyanı sürətləndirmək və çöküntüdə ola biləcək gümüş-sulfidin həll olması nəticəsində alınan hidrogen-sulfidi ayırmaqdır.

4.  $J^-$  və  $Br^-$  ionlarının təyini. Sentrifuqatdan 2-3 damcı götürüb 2N sulfat turşusu məhlulu ilə turşulaşdırın. Alınan qarışığın üzərinə bir qədər benzol və ya xloroform əlavə etdikdən sonra xlorlu su və ya natrium-hipoxlorit məhlulu ilə təsir etməklə (xüsusi reaksiyalara bax!) yodid və bromid ionlarını təyin edin.

Yodid və bromid ionlarını eyni zamanda aşağıdakı qayda ilə də yoxlayın:

a) Məhluldan 2-3 damcı götürüb üzərinə bir damcı nişasta məhlulu və bir damcı da kalium-nitrit məhlulu tökün. Tutqun göy rəngin alınması yodid ionunun olmasını göstərir.

b) Bromid ionunu təyin etmək üçün sınaq şüşəsinə bir neçə damcı fuksinin 0,1 %-li suda məhlulunu tökün, natrium-hidrosulfid kristalları ilə onu rəngsizləşdirin. Alınan məhlulun üzərinə 1-2 damcı qatı xlorid turşusu məhlulu tökün. Bir parça süzgəc kağızını alan məhlul ilə isladın və qaz kamerasının üst tərəfindəki saat şüşəsinə yapışdırın. Qaz kamerasının alt tərəfdə olan saat şüşəsinə 2-3 damcı analiz edilən bromid ionu məhlulu və 4-5 damcı da 25 %-li xromat turşusu məhlulu tökün. Qaz kamerasını 10 dəqiqə qaynar su hamamı üstündə qızdırın. Xromat turşusunun təsiri nəticəsində oksidləşən bromid ionu sərbəst brom şəklinə buxarlanır və süzgəc kağızına hopdurulmuş reaktivlə reaksiyaya daxil olur. Onun da nəticəsində süzgəc kağızı qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanır. Göstərilən reaksiya çox həssasdır. Ona görə də reaksiyanın aparılması üçün işlədilən reaktivlər çox təmiz olmalıdır.

---

1. Yodid və bromid ionlarını təyin edərkən analiz edilən məhluldan həmişə az miqdarda götürmək lazımdır. Əks halda yodid ionunun hamısının oksidləşməsi üçün çoxlu miqdarda xlorlu su və ya natrium-hipoxlorit məhlulu sərf etmək lazımdır. Bununla belə bromid ionunun təyin edilməsi çətinləşir.

2. Sink tozu və sulfat turşusunun təsirlə rodanid ionu sianid turşusuna tamamilə çevrilməyə bilər. O zaman məhlulda qala biləcək rodanid ionu bromid və yodid ionlarının təyin edilməsinə mane ola bilər. Çünki yodid və bromid ionlarını təyin etmək üçün tətbiq edilən xlorlu su rodanid ionunun oksidləşməsinə sərf olunur. Ona görə də yodid və bromid ionlarını xlorlu su ilə təyin edərkən mənfəi nəticə alınarsa, məhlulun üzərinə bir damcı kalium-yodid və ya kalium-bromid məhlulu əlavə edin və çalxalayın. O zaman həlledici layı rənglənersə məhlulda yodid və bromid ionlarının təyini üçün maneçilik göstərən heç bir şey yoxdur. Beləliklə də bromid və yodid ionlarının olmaması haqqında çıxarılan qərar da doğrudur. Əksinə, məhlula bir damcı kalium-yodid və ya kalium-bromid məhlulu əlavə edərkən həlledici layında heç bir rəng alınmazsa, analiz edilən məhlulda mütləq rodanid və ya hidrogen-sulfid kimi reduksiyəediciyə vardır. Elə olduqda, yenedən sentrifüqatdan bir neçə damcı götürüb, üzərinə bir az sulfat turşusu və kalium-permanqanat məhlulu tökün. Bu əməliyyatı sorucu şkaf altında apanın. Kalium-permanqanat məhlulunu damcı-damcı

o qədər tökmək lazımdır ki, sonuncu damcı ilə bütün qarışığın rəngi moruğu-qırmızı və ya sarımtıl-qonur olsun. Sonra da 1-2 damcı (artığı zərərli) natrium-tiosulfat məhlulu əlavə etməklə məhlulu rəngsizləşdirmək lazımdır. Bütün bunlardan sonra yodid və bromid ionlarını yuxarıda göstərilən qayda ilə təyin edin.

#### 9.5.4. İlkin yoxlamalar

1. Mühitin yoxlanılması. Məhlul turş reaksiyaya malikdirsə, ola bilsin ki, sulfit və tiosulfat ionları yoxdur. Bununla belə, turş mühitdə yodid-nitrit, yodid-arsenat, sulfit-arsenat, tiosulfat-arsenat, nitrit-arsenit kimi ionlar bir yerdə iştirak edə bilməz.

Analiz edilən məhlul qələvi və ya neytral reaksiyaya malikdirsə, bütün ionlar iştirak edə bilər.

2. Birinci qrup anionlarının yoxlanılması və sulfat ionunun təyini. Analiz edilən neytral və ya zəif qələvi reaksiyalı məhlulun 2-3 damcısı üzərinə o qədər də barium-xlorid məhlulu əlavə etdikdə çöküntünün əmələ gəlməsi birinci qrup anionlarının olmasını göstərir. O zaman çöküntünün üzərinə 5-6 damcı 2N xlorid turşusu tökülür. Əmələ gəlmiş çöküntünün həll olmaması analiz edilən məhlulda  $SO_4^{2-}$  ionunun olmasını göstərir.

---

1. Analiz edilən məhlulun üzərinə barium-xlorid məhlulu əlavə edərkən çöküntü əmələ gəldikdə, ola bilsin ki, birinci qrup anionlarından tiosulfat və tetraborat ionları iştirak edir. Çünki barium ionu qatı məhlulda tiosulfat və tetraborat ionları ilə çöküntü əmələ gətirir.

2. Sulfat ionunu təyin edərkən birinci qrup anionlarının barium ionu ilə əmələ gətirdiyi çöküntünü həll etmək üçün qatı xlorid turşusu əlavə edilməməsinin səbəbi barium-xlorid turşusunun qarşılıqlı təsiri nəticəsində əmələ gələ biləcək çöküntünün alınması ehtimalının qarşısını almaqdır. Barium-xloridlə qatı xlorid turşusunun çöküntü əmələ gətirə biləcəyini eyni adlı ionun təsiri kimi izah etmək olar.

3. İkinci qrup anionlarının yoxlanılması. Analiz edilən məhlulun 2-3 damcısı üzərinə o qədər də gümüş-nitrat əlavə etdikdə çöküntü alınarsa, bir neçə damcı da nitrat turşusu əlavə edilir. Çöküntünün həll olmaması II qrup anionlarının olmasını göstərir.

İkinci qrup anionları olduqda, analiz edilən məhlulun bir hissəsində əvvəldə göstərilən qayda ilə axtarış aparın.



4. Oksidləşdiricilərin yoxlanılması. Analiz edilən məhlulun 3-4 damcısını 2N xlorid turşusu ilə turşulaşdırılır. Qarışığın üzərinə bir damcı nişasta məhlulu və 1-2 damcı da kalium-xlorid məhlulu əlavə edilir. Məhlulun göyərməsi oksidləşdiricilərin (nitrit, permanınat, xromat, bixromat və arsenat ionlarının) iştirak etməsini, lakin reduksiyaedicilərin iştirak etməməsini göstərir.

5. Reduksiyaedicilərin yoxlanılması. Analiz edilən məhlulun 3-5 damcısını 2N xlorid turşusu ilə turşulaşdırılır. Qarışığın üzərinə bir damcı yod məhlulu əlavə edilir. Yod məhlulunun rəngsizləşməsi reduksiyaedicilərin (sulfid, tiosulfat, sulfit, arsenit ionlarının) iştirak etməsini, lakin oksidləşdiricilərin iştirak etməməsini göstərir.

6. Qazın ayrılmasının yoxlanılması. Analiz edilən məhluldan bir neçə damcı götürüb üzərinə o qədər də xlorid turşusu tökülür. Sınaq şüşəsi yavaşca çalxalanır. Lazım gəldikdə bir az da qızdırılır. Qaz qabarcıqlarının ayrılması karbonat, sulfid, sulfit, tiosulfat və nitrit ionlarının olduğunu göstərir.

#### 9.5.5. Anionların fərdi üsulla təyini

İlkin yoxlamalardan sonra ayrı-ayrı anionları aşağıdakı qayda ilə təyin edin:

1.  $S^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  və  $SO_4^{2-}$  ionlarının təyini. İlkin yoxlama zamanı yod məhlulu rəngsizləşmişdirsə, göstərilən ionlar əvvəldə göstərilən qayda ilə təyin edilir. İlkin yoxlama zamanı məhlulu rəngsizləşməmişdirsə, məhluldan 2-3 damcı götürüb üzərinə 1-2 damcı barium-xlorid məhlulu əlavə edilir. Durulaşdırılmış xlorid turşusunda həll olmayan ağ rəngli çöküntünün alınması sulfat ionunun olmasını göstərir.

2.  $PO_4^{3-}$ ,  $AsO_3^{3-}$  və  $AsO_4^{3-}$  ionları əvvəldə göstərilən qayda ilə təyin edilir.

3.  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $J^-$  ionlarını əvvəldə göstərilən qayda ilə təyin edilir.

4.  $C_2O_4^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $B_4O_7^{2-}$  ionlarının təyini. Analiz edilən məhluldan 3-5 damcı götürüb asetat turşusu ilə turşulaşdırılır. Qarışığın üzərinə kalsium-xlorid məhlulundan artıq miqdarda əlavə edilir

və qızdırılır. Kalsium-oksalat və kalsium-flüoriddən ibarət çöküntünün alınmaması oksalat və flüorid ionlarının olmaması ehtimalını göstərir. Çöküntü süzüntüdən ayrılır, onu diqqətlə yuyurlar və üzərinə 2N sulfat turşusu əlavə edilir. Qarıxdırın və qızdırın. Çöküntü tamamilə həll olmadıqda, çöküntü ayrılır, sentrifugat bir qədər qızdırılır və üzərinə damcı-damcı 0,01N kalium-permanqanat məhlulu tökülür. Kalium-permanqanat məhlulunun rəngsizləşməsi oksalat ionunun olmasını göstərir.

a) F<sup>-</sup> ionunu təyin etmək üçün verilmiş məhluldan 4-5 damcı götürüb butədə və ya çini kasada qurudulur. Qalıqı qabaqda göstərilən və əvvəlcədən qurudulmuş qurğuya daxil edilir. Üzərinə bir neçə damcı qatı sulfat turşusu tökülür.

Platin telin qulaqcığını su ilə bulaşdırıb qarışığın içərisinə daxil edilir və bir qədər gözlənilir. Flüorid ionunun iştirakı ilə su damcısı silisium-flüoridi özünə tərəf çəkir və silikat turşusu alınır. Nəticədə su damcısı bulanır.

Analiz edilən məhlulda fosfat və oksalat ionları olmadıqda, flüorid ionunu xüsusi reaksiyalarda göstəriləndiyi kimi alizarin və sirkonil-nitrat reaktivləri ilə də təyin etmək olar.

b) B<sub>4</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> ionunu təyin etmək üçün analiz edilən məhlulun 7-8 damcısı üzərinə bir neçə damcı sulfat turşusu və bir qədər də etil və ya metil spirti əlavə edib yandırılır. Yanan spirt alovunun dövrəsinin yaşıl rəngə boyanması tetraborat ionunun olmasını göstərir.

5. NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ionunun təyini. Analiz edilən məhlulu sulfat turşusu ilə turşulaşdırdıqda qonur rəngli qazın ayrılması nitrit ionunun olmasını göstərir.

a) Sulfanil turşusu və α-naftilaminlə gedən reaksiya. Asetat turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhlulun bir damcısı üzərinə bir damcı sulfanil turşusu və bir damcı da α-naftilamin tökdükdə qırmızı rəngin alınması nitrit ionunun olmasını göstərir.

b) Kalium-yodidlə gedən reaksiya. Analiz edilən məhlulun 2-3 damcısını 6N asetat turşusu ilə turşulaşdırıb üzərinə bir damcı kalium-yodid və 3-4 damcı benzol və ya xloroform əlavə edib çalxaladıqda ayrılan yodun həlledici layında bənövşəyi-qırmızı rəng əmələ gətirməsi nitrit ionunun olmasını göstərir. Oksidləş-

mə potensialı yodunkundan çox olan oksidləşdiricilərin iştirakı ilə göstərilən reaksiyadan istifadə etmək olmaz.

6.  $\text{SO}_3^{2-}$  ionunun təyini. Analiz edilən məhlulda sianid, nitrit, sulfid, tiosulfat, sulfat ionları olmadıqda karbonat ionunu barium-hidroksidlə təyin etmək olar. Onun üçün sınaq şüşəsinə bir az analiz edilən maddə və bir neçə damcı da 6N xlorid turşusu əlavə edilir. Sınaq şüşəsinə bir damcı barium-hidroksidin doymuş məhlulunu əlavə etdikdə həmin damcının bulanması karbonat ionunun olmasını göstərir.

Təsvir edilən təcrübəni aşağıdakı qayda ilə aparın:

Sınaq şüşəsinə analiz edilən maddəni məhlul və ya quru halda əlavə etdikdən sonra üzərinə bir neçə damcı 6N xlorid turşusu tökülür və dərhal ağzı qazaparan boru keçirilmiş tıxacla bağlanır. Borunun ucu içərisində barium-hidroksid olan məhlula daxil edilir. Məhlulun bulanması və ya çöküntü əmələ gəlməsi karbonat ionunun olduğunu göstərir.

Sulfid, sulfit və tiosulfat ionları iştirak edən zaman analiz edilən məhluldan bir az götürüb, göstərilən ionları sulfata qədər oksidləşdirmək məqsədilə, üzərinə 5 faizli hidrogen-peroksid əlavə edin. Ondan sonra yuxarıda göstərilən qayda ilə xlorid turşusu əlavə edərək karbon qazının ayrılmasını yoxlayın və bununla da karbonat ionunu təyin edin.

7.  $\text{SiO}_3^{2-}$  ionunun təyini. a) Sınaq şüşəsinə 2-3 damcı analiz edilən məhlul, bir damcı 6N ammonium-hidroksid və 3-5 damcı da ammonium-nitrat əlavə edib, bir neçə dəqiqə su hamamında qızdırılır. Həlməşik şəkilli silikat turşusundan ibarət çöküntünün alınması silikat ionunun olması ehtimalını göstərir. Analiz edilən məhlulda alüminium və stibium ionları iştirak edərsə, onlar da ammonium-nitrat ilə həlməşikvari çöküntü əmələ gətirə bilər.

b) Platin və ya qurğuşun butədə üç hissə analiz edilən maddə (narın halına gətirilmiş halda) ilə bir hissə kalsium-flüorid qarışdırılır. Qarışıq qatı sulfat turşusu ilə isladılır və zəif alov üzərində qızdırılır. Nixrom telinin qulaqcığı ilə götürülmüş bir damcı su ayrılan  $\text{SiF}_4$  qazına yaxınlaşdırılır.  $\text{SiO}_2$  və ya silikat ionunun iştirakı ilə silikat turşusunun əmələ gəlməsi üzündən su damcısı bulanır.

v) Ammonium-nitrat əlavə edilərkən alınan çöküntünü 2-3 damcı 6N natrium-əsaslı məhlulunda həll edilir. Məhlulun üzərinə 5 damcı su əlavə etdikdən sonra 6N nitrat turşusu ilə turşulaşdırılır. Çini butəyə göstərilmiş qayda ilə hazırlanmış məhluldan 2 damcı və 2 damcı da ammonium-molibdat əlavə edib azacıq qızdırılır. Məhlulu soyudulur. Üzərinə bir damcı benzidin-asetat və 5-6 damcı natrium-asetat əlavə edilir. Göy rəngin alınması silikat ionunun olduğunu göstərir.

8.  $PO_4^{3-}$  ionunun təyini. Arsenat və arsenit ionları olmadıqda fosfat ionlarını təyin etmək üçün analiz edilən məhluldan 2-3 damcı götürüb, 2N nitrat turşusu ilə turşulaşdırın; üzərinə bir neçə damcı molibden mayesi əlavə edilir və 40-50°C qızdırılır. Çöküntü alınmadıqda ammonium-nitratdan bir neçə kristal əlavə edib məhlul sakit buraxılır. Sarı rəngli çöküntünün alınması fosfat ionunun olduğunu göstərir.

9.  $J'$  ionunun təyini. a) Nitrat turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhluldan bir damcı götürüb çini lövhə yuvacığına qoyulur. Üzərinə bir damcı nişasta və bir damcı da kalium-nitrit məhlulu damızdırılır. Göy rəngin əmələ gəlməsi yodid ionunun olmasını göstərir.

b) Sulfid ionu kənar edilmiş və 6N sulfat turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhluldan bir neçə damcı götürüb sınaq şüşəsinə tökülür. Üzərinə 3-4 damcı benzol və ya karbon 4-xlorid və damcı-damcı xlorlu su əlavə edilir. Hər damcıdan sonra şiddətlə çalxalanır. Həllədiçi layının qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanması yodid ionunun sərbəst yoda qədər oksidləşdiyini göstərir. Sulfit və tiosulfat ionları təsvir edilən reaksiyaya mane olur. Çünki sulfit və tiosulfat ionları yodid ionuna nisbətən daha qüvvətli reduksiyaedici dirlər. Beləliklə, analiz edilən məhlulda sulfit və tiosulfat ionları iştirak edərsə, əvvəlcə məhlulu sulfat turşusu ilə turşulaşdırılır; sonra da bir neçə damcı hidrogenperoksid və ya kalium-permanqanat kimi qüvvətli oksidləşdirici məhlulu əlavə edilir. Yalnız bundan sonra yuxarıda göstərdiyimiz kimi xlorlu su əlavə etməklə yodid ionunu təyin etmək olar.

10.  $Br'$  ionunun təyini. a) Analiz edilən məhlulda yodid ionu təyin edilmişdirsə, xlorlu suyun əlavə edilməsi həllədiçi layı rəngsizləşincəyə qədər davam etdirilir. Qarıışıqın üzərinə 2 damcı

6N sulfat turşusu əlavə edilir və çalxalanır. Sərbəst bromun ayrılması nəticəsində benzol və ya karbon 4-xloridin tutqun sarı rəngə boyanması bromid ionunun olmasını göstərir.

QEYD. Analiz edilən məhlulda yodid ionunun qatılığı çoxdursa, xlorlu sudan artıq miqdarda töküldükdə qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanmış benzol və ya karbon 4-xlorid rəngsizləşməyə bilər. Ona görə də analiz edilən məhluldan yodid ionunu natrium-nitrit məhlulu ilə kənar etmək yaxşı olardı. Bunun üçün məhlul çini kasaya tökülür; 2N sulfat turşusu məhlulu ilə turşulaşdırılır və qızdırılır. Sonra da damcı-damcı natrium-nitrit məhlulu əlavə edilir. Məhlulun turşu reaksiyaya malik olması həmişə yoxlanılır. Bundan başqa, məhlul buxarlandıqda oraya damcı-damcı su əlavə edilir. Yodun həlledici layından buxarlanması qurtardıqdan sonra məhlulu sınaq şüşəsinə boşaldıb üzərinə damcı-damcı xlorlu su əlavə etmək lazımdır.

b) Analiz edilən maddədən təxminən 0,1 q götürüb narınlaşdırılır və bir az kalium-bixromat ilə qarışdırıb birlikdə əzilir. Üzərinə 2 damcı qatı sulfat turşusu əlavə edilir. Bir parça süzgəc kağızını fuksin məhlulu ilə islatdıqdan sonra kükürd qazında rəngsizləşdirilir. Onu içərisində analiz edilən məhlulla reaktivlər olan sınaq şüşəsinin ağzına yaxınlaşdırdıqda, oradan çıxan sərbəst brom süzgəc kağızını göy və ya bənövşəyi rəngə boyayır. Süzgəc kağızı təcrübə zamanı yaş olmalı və sınaq şüşəsinin divarlarına toxundurulmamalıdır. Rəng 5-10 dəqiqədən sonra bürüzə verilə bilər. Brom olmadıqda süzgəc kağızı açıq-çəhraylı rəngə boyanır. Təsvir edilən reaksiyaya yodidlər mane olurlar.

11.  $\text{Cl}^-$  ionunun təyini. a) Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı analiz edilən məhlul töküüb nitrat turşusu ilə turşulaşdırılır. Üzərinə gümüş-nitrat məhlulundan damcı-damcı o qədər əlavə edilir ki, daha yenidən çöküntü əmələ gəlməsin. Sentrifuqa vasitəsilə çöküntü ayrılır. Sentrifuqat atılır. Çöküntü durulaşdırılmış nitrat turşusu ilə yuyulur və üzərinə bir neçə damcı qatı ammonium-hidroksid məhlulu tökülür və qarışdırılır. Qarışıq şiddətlə çalxalanır. Gümüş-yodid ammonium-hidroksiddə bir qədər həll olduğu üçün təcili olaraq sentrifuqa ilə çöküntü məhluldan ayrılır. Alınan məhluldan 2-3 damcı götürüb sınaq şüşəsinə tökülür və xlorid turşusu ilə turşulaşdırılır. Gümüş-xloriddən ibarət ağ rəngli çöküntünün alınması xlorid ionunun olduğunu göstərir.

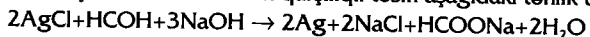
Bromid ionu iştirak etdikdə, təsvir edilən reaksiyadan istifadə etmək olmaz. O zaman aşağıdakı reaksiyaların birindən istifadə etmək lazımdır:

b) Sınaq şüşəsinə 3-4 damcı analiz edilən məhluldan töküüb 6N nitrat turşusu ilə turşulaşdırılır. Qarıışıq su hamamında qızdırılır və yenidən çöküntü alınmayınca qədər damcı-damcı gümüş-nitrat məhlulu tökülür. Sentrifuqa ilə çöküntünü ayırılır. Üç dəfə isti su ilə yuyulur və üzərinə 4-5 damcı 12 %-li ammonium-karbonat məhlulu tökülür. Qarıışıq çalxalanır və sentrifuqa ilə ayırılır. Sentrifuqat təmiz sınaq şüşəsinə keçirilir və üzərinə 1-2 damcı kalium-bromid məhlulu tökülür. Həcmi çox böyük olmayan sarımtıl rəngli çöküntünün alınması xlorid ionunun olmasını göstərir. Ammonium-karbonat məhlulunda gümüş-xlorid həll olduğu halda, gümüş-bromid onda həll olmur. Gümüş-xlorid çöküntüsünü gümüş-bromid çöküntüsündən ayırmaq üçün ammonium-karbonatdan başqa aşağıdakı reaktivdən də istifadə etmək olar.

Bir litr suda 0,25 mol ammonium-hidroksid, 0,01 mol gümüş-nitrat 0,25 mol kalium-nitrat həll edilir. Göstərilən reaktivin tətbiqi qaydası ammonium-karbonatda olduğu kimidir. Başlıca fərq ondan ibarətdir ki, kalium-bromid əvəzinə turş mühit alınınca qədər nitrat turşusu əlavə edilir. Analiz edilən məhlulda xlorid ionu olduqda, böyük həcmli, ağ rəngli gümüş-xlorid çöküntüsü alınır.

v) Sınaq şüşəsinə 5-6 damcı analiz edilən məhlul töküüb 6N nitrat turşusu ilə turşulaşdırılır. Qarıışıqda yenidən çöküntü alınmayınca qədər damcı-damcı gümüş-nitrat məhlulu əlavə edilir. Çöküntü sentrifuqa vasitəsilə məhluldan ayrılır və iki dəfə isti su ilə yuyulur. Başqa bir sınaq şüşəsinə bir damcı formalin məhlulu və 10 damcı 0,1 N natrium-hidroksid məhlulu əlavə edilərək qarıışıq hazırlanır. Həmin məhlul çöküntünün üzərinə tökülür və yaxşı qarıışdırılır. Çöküntü sentrifuqa ilə ayırılır. Sentrifuqat təmiz sınaq şüşəsinə boşaldılır. 6N nitrat turşusu ilə turşulaşdırılır və üzərinə 1-2 damcı gümüş-nitrat məhlulu əlavə edilir. Xlorid ionunun iştirakı ilə gümüş-nitratdan ibarət çöküntü alınır.

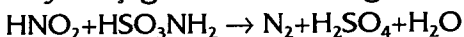
QEYD. Gümüş-xloridlə formalinin qarşılıqlı təsiri aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Gümüş-xloriddən fərqli olaraq, gümüş-bromid qələvi mühitdə formalin ilə reaksiyaya daxil olmur. Bunun səbəbi gümüş-bromidin həllolma hasilinin gümüş-xloriddən az olmasıdır.

12.  $\text{NO}_3^-$  ionunun təyini. Bir sıra reaksiyalar vasitəsilə həm nitrat, həm də nitrit ionlarını təyin etmək mümkündür. Ona görə də bəzən analiz edilən məhluldan bir qədər götürüb ammonium-xlorid və ya ammonium-sulfat əlavə edərək qaynadırlar və bununla da nitrit ionunu kənar edirlər.

Sulfit ionunu nisbətən asan və tamam kənar etmək üçün sulfamin turşusundan istifadə edirlər. Sulfamin turşusu ilə nitrit turşusunun reaksiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Reaksiyanı aşağıdakı qayda ilə aparın:

Asetat turşusu ilə zəif turşulaşdırılmış məhluldan 7-8 damcı götürüb sulfamin turşusunun kiçik kristalını oraya daxil edin. Çıxan qaz qurtardıqdan sonra sulfamin turşusunun daha bir kristalını əlavə edin. Qazın çıxması qurtardıqdan sonra məhlulda nitrat ionunu təyin etmək olar.

a) Nitrit ionu qovulduqdan sonra alınan məhluldan 2 damcı götürüb sınaq şüşəsinə tökün. 6N sulfat turşusu ilə azacıq turşulaşdırın və bir damcı dəmir 2-sulfat məhlulu əlavə edin. Alınmış məhlulu qarışdırın və sınaq şüşəsinin divarı ilə ehtiyatlı olaraq 2 damcı çatı sulfat turşusu tökün. Nitrat ionunun iştirakı ilə iki məhlulun toxunduğu sərhəddə nazik qonur həlqənin əmələ gəlməsi nitrat ionunun olmasını göstərir. Bromid və yodid ionları təsvir edilən reaksiyanın getməsinə mane olurlar.

b) Sınaq şüşəsinə 2 damcı difenil-amin məhlulu və ehtiyatlı olaraq sınaq şüşəsinin divarı ilə 2 damcı əvvəlcədən sulfat turşusu ilə turşulaşdırılmış analiz edilən məhluldan əlavə edin. İki məhlulun toxunduğu səthdə göy rəngli həlqənin alınması nitrat ionunun olmasının göstərir. Başqa oksidləşdiricilər mane olur.

v) Nitrat ionunu ammoniyaka qədər reduksiya etmək üçün sınaq şüşəsinə 3-4 damcı analiz edilən məhlul və 5-6 damcı 6n natrium-hidroksid məhlulu əlavə edin. Məhlula bir neçə alüminium metalı qırıntısı daxil edin. Sınaq şüşəsinin ağzını distillə edilmiş suda isladılmış bir parça lakmus kağızı ilə örtün. Amonyakın çıxması ilə lakmus kağızının göyərməsi nitrat ionunun olmasını göstərir.

Göstərilən reaksiya ilə nitrat ionunun təyin edilməsi üçün analiz edilən məhlulda ya ammonium ionu olmamalıdır, ya da onu natrium-hidroksid əlavə edib qaynatmaqla məhluldan çıxarmaq lazımdır.

13.  $\text{CH}_3\text{COO}'$  ionunun təyini. a) Analiz edilən maddədən quru halda bir az götürüb sınaq şüşəsinə tökülür. Üzərinə 2-3 damcı etil spirti və 3-4 damcı qatı sulfat turşusu əlavə edib azacıq qızdıqda xoş iyli etil-asetatın alınması asetat ionunun olmasını göstərir.

b) İndiqonun əmələ gəlməsi reaksiyası. Turşulaşdırılmış analiz edilən məhlulun bir damcısı üzərinə kalsium-karbonatın bir neçə kristalını əlavə edilir və buxarlandırılır. Quru qalıq bir tərəfi bağlı boruya yerləşdirilir (analiz edilən maddə bərk halda olduqda kalsium-oksidlə kalsium-karbonatın bərabər nisbətli qarışığı ilə qarışdırılır və yuxarıda göstərilən boruya qoyulur). Borunun açıq tərəfini təzə hazırlanmış ortonitrobenzaldehydin qələvi məhlulunda isladılmış süzgəc kağızı ilə örtülür. Asetat ionunun iştirakı ilə aseton ayrılmağa başlayır ki, o da ortonitrobenzaldehyd təsir edir və indiqo əmələ gəlir. Bunun nəticəsində süzgəc kağızı göy və ya göy-yaşıl rəngə boyanır.

14.  $\text{CNS}'$  ionunu təyin etmək üçün analiz edilən məhlulun bir damcısı üzərinə bir damcı 2N xlorid turşusu və bir damcı da dəmir 3-xlorid məhlulu əlavə edilir. Qan rəngli məhlulun alınması rodanid ionunun olmasını göstərir.

15.  $\text{CrO}_4''$  ionunun təyini. Analiz edilən məhlul yalnız narıncı-sarı rəngə boyanmış olduqda, xromat ionunu təyin etmək lazımdır. Bunun üçün analiz edilən məhlulun 2-3 damcısı üzərinə turş reaksiya alınincaya qədər 2N sulfat turşusu, bir neçə damcı amil spirti və ya efir, bir damcı hidrogen-peroksid töküüb dərhal qarışdırılır. Göy rəngli həlqənin alınması perxromat turşusunun əmələ gəlməsini göstərir.

16.  $\text{MnO}_4'$  ionunun təyini. Analiz edilən məhlul yalnız qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanmış olduqda permanqanat ionunu təyin etmək lazımdır. Bunun üçün analiz edilən məhlulun bir neçə damcısı durulaşdırılmış sulfat turşusu ilə turşulaşdırılır. Bir qədər qızdırılır və ammonium-oksalat məhlulu əlavə edilir. Məhlulun rəngsizləşməsi permanqanat ionunun olduğunu göstərir.



### 9.5.6. Birinci qrup anionları qarışığının makrokimyəvi analizi

1. Birinci qrup anionlarının yoxlanılması. 1 ml analiz edilən məhlul üzərinə 1 ml barium-xlorid məhlulu tökülür. Ağ rəngli çöküntünün alınması birinci qrup anionlarının olduğunu göstərir.

2.  $\text{SO}_4^{2-}$  ionunun təyini. 1 ml analiz edilən məhlul üzərinə bir qədər barium-xlorid məhlulu tökülür. Alınmış çöküntünün üzərinə bir qədər 2N nitrat turşusu və ya 2N sulfat turşusu tökülür. Əmələ gəlmiş çöküntünün həll olmaması sulfat ionunun olmasını göstərir.

3.  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ionunun təyini. a) 1ml analiz edilən məhlulun üzərinə 5-6 ml gümüş-nitrat məhlulu tökülür. Alınan çöküntünün rənginin getdikcə qaralması tiosulfat ionunun olmasını göstərir.

b) Sınaq şüşəsinə 1-2 ml sulfid ionu kənar edilmiş analiz edilən məhlul və 6N sulfat turşusu əlavə edilir. Sınaq şüşəsini bir neçə dəqiqə isti su hamamında saxladıqda məhlulun bulanması tiosulfat ionunun olmasını göstərir.

v) Analiz edilən məhluldan sulfid ionu mis 2-xlorid və ya kadmium-sulfat məhlulu ilə çökdürülür. Sınaq şüşəsinə 1 ml sulfid ionu olmayan məhluldan tökülür. Zəif turş reaksiya alınincaya qədər 2N sulfat turşusu ilə turşulaşdırılır. Üzərinə 7-8 damcı yodlu su əlavə edilir. Yod məhlulunun rəngsizləşməsi tiosulfat ionunun olmasını göstərir.

4.  $\text{SO}_3^{2-}$  ionunun təyini. a) 2 ml analiz edilən məhlulun üzərinə 5-6 ml 2N nitrat turşusu və 2 ml barium-xlorid məhlulu tökülür. Çöküntü alınacağı halda o süzülür. Süzüntünün üzərinə 2 ml hidrogen-peroksid məhlulu tökülür. Ağ rəngli çöküntünün alınması sulfit ionunun olmasını göstərir.

5.  $\text{CO}_3^{2-}$  ionunun təyini. Sulfid ionunun sulfat ionuna oksidləşməsi üçün 2 ml analiz edilən məhlul üzərinə 2 ml hidrogen-peroksid və durulaşdırılmış mineral turşu tökülür. Sərbəst qazın ayrılması müşahidə olunur. Sınaq şüşəsinin ağzını qazaparan boru keçirilmiş tıxacla bağlayıb qazaparan borunun ucu əhəngli suya salınır. Qarışıq qızdırılır. Məhlulun bulanması karbonat ionunun olmasını göstərir.

6.  $\text{PO}_4^{3-}$  ionunun təyini. 2 ml analiz edilən məhlulun üzərinə bir qədər 2N nitrat turşusu və ammonium-fosfat məhlulu töküb

qızdırılır. Sarı rəngli çöküntünün alınması fosfat ionunun olmasını göstərir.

7.  $\text{SiO}_3''$  ionunun təyini. a) Analiz edilən məhlulun bir hissəsi üzərinə ammonium-hidroksid və ammonium-nitrat məhlulu töküüb qızdırılır. Silikat ionunun iştirakı ilə silikat turşusundan ibarət ağ həlməşikvari çöküntü alınır.

b) Analiz edilən məhluldan 2-3 ml götürüb platin və ya qurğuşun butədə quruyuncaya qədər su hamamı üstündə qızdırılır. Qalıq üzərinə bir qədər kalsium-flüorid və qatı sulfat turşusu tökülür. Arxa tərəfi suya batırılmış saat şüşəsi ilə butənin ağı örtülür. Butə yavaş-yavaş qızdırılır. Saat şüşəsinin arxasında salanan damcının bulanması silikat ionunun olmasını göstərir.

8.  $\text{B}_4\text{O}_7''$  ionunun təyini. 2-3 ml analiz edilən məhlul quruyuncaya qədər su hamamında qızdırılır. Quru qalıq 2-3 damcı qatı sulfat turşusu ilə isladılır və 2-3 ml etil və ya metil spirti tökülür. Qarışıq şüşə çubuqla yaxşı qarışdırdıqdan sonra yandırılır. Yanan spirt alovunun dövrəsinin yaşıl rəngə boyanması borat ionunun olmasını göstərir.

9.  $\text{C}_2\text{O}_4''$  ionunun təyini. Analiz edilən məhlulun 1-2 ml-nin üzərinə 1-2 ml kalsium-xlorid məhlulu tökülür. Asetat turşusunda həll olmayan ağ kristal çöküntünün alınması oksalat ionunun olmasını göstərir.

#### 9.5.7. İkinci qrup anionları qarışığının makrokimyəvi analizi

1. İkinci qrup anionlarının yoxlanılması. 1 ml analiz edilən məhlulun üzərinə 1 ml gümüş-nitrat və 5 ml 2N nitrat turşusu tökülür. Çöküntünün alınması ikinci qrup anionlarının olmasını göstərir. Alınmış çöküntünün rənginə diqqət yetirilir. Gümüş-sulfidin qara, gümüş-yodidin sarı, gümüş-bromidin açıq-sarı, gümüş-xloridin ağ rəngdə olmasını xatırlayaraq müəyyən nəticə çıxarılır.

2.  $\text{S}''$  ionunun təyini. Sınaq şüşəsinə 1 ml analiz edilən məhlul və 1 ml 2N xlorid turşusu tökülür. Bir parça süzgəc kağızını natrium-plümbit məhlulu ilə isladib sınaq şüşəsinin ağına tutulur. Sınaq şüşəsinə azacıq qızdırdıqda, süzgəc kağızının qarılması sulfid ionunun olmasını göstərir.

**3. J' ionunun təyini.** Sınaq şüşəsinə 1 ml analiz edilən məhlul, 0,5 ml 2N nitrat turşusu, 0,5 ml nişasta məhlulu və 3-4 damcı kalium-nitrit məhlulu əlavə etdikdə məhlulun göy rəngə boyanması yodid ionunun olmasını göstərir.

**4. Br' ionunun təyini.** Sınaq şüşəsinə 1 ml analiz edilən məhlul, 3 ml 2N sulfat turşusu, 2 ml benzol və ya xloroform və bir neçə damcı da xlorlu su tökülür. Qarışıq bərk çalxalanır. Yodun iştirakı ilə benzol layı qırmızı-bənövşəyi rəngə boyanır. Analiz edilən məhlulda yodid ionu olmadıqda benzol layının sarı rəngə boyanması bromid ionunun olmasını göstərir.

Analiz edilən məhlulda yodid və bromid ionlarının hər ikisi olduqda, o zaman xlorlu sudan damcı-damcı töküb bərk çalxalanır. Benzol layının qırmızı-bənövşəyi rənginin sarı rəngə çevrilməsi bromid ionunun olmasını, rəngsizləşməsi isə bromid ionunun olmamasını göstərir.

Təsvir edilən reaksiyaya sulfid və tiosulfat ionları mane olurlar. Analiz edilən məhlulda sulfid və tiosulfat ionları olduqda məhlulun üzərinə 1 ml 2N sulfat turşusu və 1 ml 0,1N kalium-permanqanat məhlulu tökülür. Yalnız ondan sonra xlorlu su əlavə etməklə bromid ionunu təyin etmək olar.

**5. Cl' ionunun təyini.** Analiz edilən məhlulda yodid və bromid ionları olmadıqda xlorid ionu aşağıdakı qayda ilə təyin edilir.

1 ml analiz edilən məhlulun üzərinə 2-3 ml gümüş-nitrat və 5 ml 6N nitrat turşusu tökülür. Qarışığı qaynayıcaya qədər qızdırılır. Çöküntü məhluldan ayrılır və 2-3 dəfə isti su ilə yuyulur. Çöküntünün üzərinə bir qədər ammonium-hidroksid məhlulu töküb qarışdırılır. Şəffaf məhlulun üzərinə bir damcı fenolftalein əlavə edilir. Məhlul rəngsizləşincəyə qədər 2N nitrat turşusu əlavə edilir. Ammonium-hidroksiddə həll olan ağ rəngli çöküntünün və ya bulantının alınması xlorid ionunun olmasını göstərir.

Yodid və bromid ionlarının iştirakı ilə xlorid ionunu aşağıdakı qayda ilə təyin edin:

3-4 ml analiz edilən məhlul üzərinə 5 ml 6N nitrat turşusu və 4-5 ml gümüş-nitrat məhlulu tökülür. Çöküntünü məhluldan ayrılır. Çöküntü gümüş ionları mənfi nəticə verincəyə qədər isti su ilə yuyulur. Çöküntünü sınaq şüşəsinə keçirib üzərinə 3-4 ml ammonium-karbonat məhlulu tökülür. Qarışıq təxminən bir dəqiqə müddətində bərk çalxalanır və süzülür. Süzüntü 2 yerə bölünür. Bir hissəsi üzərinə 4-5 damcı kalium-bromid tökülür.

Açıq sarı rəngli çöküntünün və ya bulantının alınması xlorid ionunun olmasını göstərir. Məhlulun ikinci hissəsi üzərinə turş reaksiya alınincaya qədər 2N nitrat turşusu tökün. Ammonium-hidroksiddə həll olan ağ rəngli bulantının alınması xlorid ionunun olmasını göstərir.

**6. CNS' ionunun təyini.** 1 ml analiz edilən məhlulun üzərinə 0,5 ml dəmir 3-xlorid məhlulu əlavə etdikdə qan kimi qırmızı rəngin alınması rodanid ionunun olmasını göstərir.

## 9.6. KATIÖN VƏ ANIÖN QARIŞIĞININ ANALİZİNİN GEDİŞİ

### 9.6.1. Analiz edilən maddə suda həll olduqda analizin gedişi

Analiz edilən maddə bərk halında olduqda onu distillə edilmiş suda həll etmək lazımdır. Ondan sonra bir sıra ilkin yoxlamalar aparmaq məsləhətdir.

**1. İlkin yoxlamalar.** Verilmiş məhlulun rənginə və iyinə diqqət yetirilir. Məhlulun rənginə görə  $Fe^{3+}$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  ionlarını təxmini təyin etmək olar. Lakin məhlulda bir neçə rəngli ion olduqda, əmələ gəlmiş rəngə görə bu və ya başqa ionun varlığı haqqında qəti nəticə çıxarmaq olmaz.

Verilmiş məhlul rəngsiz olduqda, yuxarıda göstərilən ionların iştirak etməməsi nəticəsini çıxarmaq olar.

Verilmiş məhlulun iyinə görə yalnız  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $CH_3COOH$ ,  $H_2S$  maddələrini təyin etmək olar.

**2. Alovun rənglənməsini yoxlamaq.** Qızardılmış təmiz platin telini, analiz edilən məhlulla isladılır və qaz lampasının rəngsiz alovunda qızardırılır. Əmələ gələn rəngli alova diqqət yetirilir və lazımi nəticə çıxarılır.

**3. Şüşə muncuğun alınması.** Natrium-tetraboratın və ya qələvi metal fosfatlarının şəffaf şüşələrini aldıqdan sonra analiz edilən məhlulla isladılır. Qaz lampasının oksidləşdirici alovu üzərində qızardılır.  $Cr^{3+}$  solğun-yaşıl,  $Co^{2+}$  göy,  $Cu^{2+}$  yaşıl,  $Mn^{2+}$  bənövşəyi  $Ni^{2+}$  palıdı-qırmızı,  $Fe^{2+}$  və  $Fe^{3+}$  sarı rəngli muncuqlar əmələ gətirilir.

**4. Qələvilərlə** təsir etdikdə bəzi kationlar rəngli hidrokksidlər əmələ gətirirlər. Həmin hidrokksidlərin rənginə, onların qələvilərin

artığında və ya ammonium-hidroksiddə həll olmasına görə müəyyən nəticə çıxarılır.

Anion və kationları təyin etmək üçün verilmiş məhlul iki yərə bölünür. Birində kationlar, digərində isə anionlar aşağıdakı qayda ilə təyin edilir:

**Kationların təyini.** Analiz edilən məhlulda birinci növbədə kationları təyin etmək məsləhətdir. Çünki bəzi kationları təyin etməklə bir sıra və ya bir qrup anionların olmaması nəticəsini çıxarmaq olar. Məsələn, fərz edək ki, analiz edilən neytral və ya qələvi reaksiyalı məhlulda barium, stronsium və ya qurğuşun kationları təyin edilmişdir. Söz yox ki, həmin məhlulda birinci qrup anionları iştirak edə bilməz. Bunun kimi də analiz edilən şəffaf məhlulda gümüş ionları təyin edilmişdirsə, yaqin ki, orada ikinci qrup anionları yoxdur.

Kationları analitik qruplar üzrə təyin etmək lazımdır. Bunun üçün I-VI qrup kationları analizinin ardıcıl gedişinə riayət edilməlidir.

**Anionların təyini.** Bir çox hallarda ağır metal kationları bu və ya başqa anionun təyin edilməsinə mane olur. Çünki onlar çətin həll olan müxtəlif duzlar əmələ gətirirlər. Ona görə də anionları təyin etmək üçün tərkibində ağır metal atomları olan duzları natrium duzlarına çevirirlər. Bu məqsədlə analiz edilən məhlulun bir hissəsini natrium-karbonatla birlikdə qaynadırlar və süzürlər. Çöküntünü tulladıqdan sonra qalan məhlulda anionları təyin edirlər. Göstərilən qayda ilə hazırlanmış məhlula "xüsusi məhlul" deyilir.

"Xüsusi məhlul"un tam çökdürülməsini yoxladıqdan sonra nitrat turşusu ilə neytrallaşdırılır (lakmus ilə yoxlayın). Alınmış məhlul karbon qazı çıxıb qurtarıncaya qədər qaynadılır. Həmin məhluldan bir qədər götürüb birinci, ikinci və üçüncü qrup anionları məlum qayda ilə təyin edilir.

### **9.6.2. Analiz edilən maddə suda həll olmadıqda analizin gedişi**

Analiz edilən maddə ya durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmayan çöküntülü məhlul və ya bərk halda ola bilər.

Çöküntülü məhlulun şəffaf hissəsindən 3-4 damcı götürüb üzərinə 1-2 damcı sulfat turşusu tökün. Ağ rəngli çöküntü alındı-

qda, bütün məhlulun üzərinə yenidən çöküntü alınıcaya qədər 2N sulfat turşusu tökün. Çöküntünü sentrifuq ilə məhluldan ayırın. Məhlulu iki yerə bölün. Birində məlum qayda ilə kationları, digərində isə anionları təyin edin.

Anionları təyin etmək üçün məhlulun üzərinə 3N natriumkarbonat töküüb qaynatmaqla "xüsusi məhlul" hazırlayın və məlum qayda ilə anionları təyin edin.

Çöküntüdə durulaşdırılmış mineral turşularda həll olmayan sulfatlar, xloridlər, bromidlər, yodidlər, bəzi sulfidlər və s. ola bilər.

Çöküntünü analiz etmək üçün, hər şeydən əvvəl, onu məhlula keçirmək lazımdır. Ona görə də həmin çöküntünün analizini suda həll olmayan bərk maddələrin analizi kimi aparmaq lazımdır.

**Nümunənin analiz üçün hazırlanması.** Analiz edilən maddə bərk halda olduqda, birinci növbədə onu diqqətlə əzmək lazımdır. Belə olduqda o həlledicidə yaxşı həll olar. Analiz edilən nümunəni bir də ona görə əzmək lazımdır ki, müxtəlif cinsli maddələr əzildikdə qarışdırılır və eyni cinsli maddə halına gətirilir ki, bunun da kimyəvi analizdə böyük əhəmiyyəti vardır.

Bərk maddənin analiz üçün hazırlanması, həmin maddənin nə dərəcədə eyni cinsli olmasından asılıdır. Analiz edilən maddə duz, mineral, şüşə və s. kimi eyni cinslidirsə, həmin maddədən bir qədər götürülür və narın hala salınır. Analiz edilən maddə yumşaq olduqda onu çini həvəngdə, sərt olduqda isə aqat həvəngdə əzirlər. Bu məqsədlə analiz edilən maddənin bərk və böyük parçalarını polad həvəng vasitəsilə xırdalayır. Xırdalanmış nümunədən bir az götürüb aqat həvəngə tökürlər. Sonra da həvəngin dəstəsini qüvvətlə hərləyirlər. Heç bir zaman həvəngin dəstəsi ilə analiz edilən maddənin üstündən vurmaq olmaz. Əks halda, kövrək aqatdan tilişkələr ayrılaraq analiz edilən maddəyə qarışa bilərlər. Eyni zamanda aqat da tez bir zamanda sıradan çıxıb bilər. Analiz edilən maddəni aqat həvəngdə əzdikdən sonra, onun nə dərəcədə ufaq halına gəlməsini yoxlamaq lazımdır. Bunun üçün həmin maddədən bir az götürüb baş barmaq ilə şəhadət barmağın arasındakı sahəyə tökürlər və sağ əlin şəhadət barmağı ilə onu qarışdırırlar. O zaman kobud hissəciklər hiss olunmazsa, daha doğrusu, analiz edilən maddə pudra kimi narın olarsa, həmin maddəni analiz üçün hazır hesab etmək olar.

Eyni cinsli olmayan bərk maddəni analiz üçün hazırlanması bir qədər mürəkkəbdir. Eyni cinsli olmayan maddələrdən orta nümunə çəkisi götürmək üçün maddənin hamısını əzirlər və hər kvadrat santimetrində 300 deşiyi olan ipək ələkdən keçirirlər. Ələyin üstündə qalan hissəni yenə də əzirlər və yenə də ələkdən keçirirlər. Bu əməliyyatı o vaxta qədər təkrar edirlər ki, götürülmüş bütün maddə ələkdən keçsin. Ondan sonra narın maddənin hamısını diqqətlə qarışdırırlar və ondan orta nümunə çəkisi götürmək üçün aşağıdakı kimi edirlər.

Narınlaşdırılmış analiz edilən maddəni cilalı (qlyans) kağız vərəqi üzərinə tökürlər və şüşə çubuq vasitəsilə onu 1-3 mm qalınlığında yayırlar. Şüşə çubuq vasitəsilə şahmat formasında kvadratlara bölürlər. Hər kvadratdan bir az götürüb yenidən qarışdırırlar. Təsvir edilən üsulla hazırlanmış maddədən müəyyən edilmiş miqdarda orta nümunə çəkisi götürürlər. Götürülmüş orta nümunə çəkisini analiz etmək üçün onu həll etmək məqsədəuyğundur.

**Nümunənin həll edilməsi.** Praktiki olaraq suda həll olmayan maddənin həll edilməsi, hər şeydən əvvəl, həmin maddənin tərkibindən və quruluşundan, habelə tətbiq edilən həlledicinin, analiz sonrakı gedişinə göstərəcəyi təsirdən asılıdır.

Analiz edilən maddənin həlledicisini müəyyən etmək üçün ilkin yoxlamaların əhəmiyyəti çoxdur. Bir qayda olaraq, analiz edilən maddənin həlledicisini axtararkən, həmin maddəni əvvəlcə qaynar su ilə qarışdırırlar. Maddə qaynar suda həll olmadıqda və ya qismən həll olduqda, o zaman həll olmayan hissəni durulaşdırılmış və ya qatı turşularla adi şəraitdə və ya qızdırmaqla məhlulə keçirmək lazım gəlir. Analiz edilən maddə turşularda da həll olmadıqda, onu turş və ya qələvi əridicilərlə həll edirlər. Adları çəkilən həlledicilərin hər birinin haqqında qısa da olsa məlumat vermək lazımdır.

**Xlorid turşusu** metalların əksəriyyətini və ərintiləri, metal oksidlərini, oksidləşmiş filizləri, karbonatları, fosfatları və bəzi silikatları həll etmək üçün tətbiq edilir.

**Nitrat turşusu** metalları, bismut, qurğuşun, mis, manqan və başqa əlvan metal ərintilərini və habelə fosfatları, karbonatları, arsen birləşmələrini və sulfidləri həll etmək üçün tətbiq edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, yalnız bəzi maddələr isti, qatı nitrat turşusunda həll olmur. Həmin maddələrə dəmir, alüminium və xrom oksidləri, barium, stronsium, kalsium və qurğuşun sulfatları, gümüş, bivalentli civə halogenləri, kalsium flüorid və bəzi metallar (əsasən nəcib metallar) və habelə silikatlar, silikat turşusu, stibium və qalay oksidləri daxildir.

**Zərhəl** (çar araqı) nəcib metalları və onların ərintilərini, sulfidləri, oksidləşmiş filizləri, civəni, arsen birləşmələrini və sair həll etmək üçün tətbiq edilir.

**Sulfat turşusu** alüminium, manqan və dəmir filizlərini, habelə bəzi metal oksidlərini həll edir. Sulfat turşusunun qaynama temperaturunun yüksək olması ( $330^{\circ}\text{C}$ ) ilə duzlarını sulfatlara çevirmək məqsədilə də tətbiq edilir.

**Flüorid turşusunun** 40 %-li məhlulu silikatlı mineralları və dağ saxurlarını, şüşə və s. kimi silisiumlu birləşmələri parçalamaq üçün tətbiq edilir.

**Bromid turşusu** metalların əksəriyyətini, ərintiləri və oksidləşmiş filizləri həll etmək qabiliyyətinə malikdir.

**Perxlorat turşusu.** Perxlorat turşusunun 30 %-li və ya 70 %-li məhlulu metal və ərintilərin bir çoxunu həll etmək üçün, xüsusilə, xrom filizlərini və flüoridləri parçalamaq üçün tətbiq edilir. Qatı perxlorat turşusu oksidləşdiricidir. Qaynama temperaturu yüksək olduğu üçün qızdırdıqda, sulfat turşusundan başqa bütün turşuları sıxışdırıb çıxarır.  $\text{KClO}_4$  istisna olmaqla, perxlorat turşusunun bütün duzları suda yaxşı həll olur. Bununla əlaqədar olaraq, perxlorat turşusu analitik kimyada geniş miqyasda tətbiq edilir. Bəzi hallarda, metalları və onların ərintilərini və sulfidləri turşularda həll edərkən brom, kalium-xlorat, hidrogen-peroksid və s. kimi oksidləşdiricilər də əlavə edirlər. Bunun nəticəsində birləşmələrdə aşağı valentli elementlər yuxarı valentə qədər oksidləşir və beləliklə də asanlıqla həll edilir.

Maddələri turşularda həll etmək üçün şüşə, kvarts, çini və ya platin qablardan istifadə edirlər. Flüorid turşusu tətbiq edərkən, ancaq platin və ya qurğuşun qabdan istifadə etmək olar. Şüşə, çini və kvarts qablar flüorid turşusu ilə reaksiyaya daxil olur. Zərhəl turşusu və ya turşular ilə oksidləşdiricilərin qarışığını tətbiq edərkən nəticədə sərbəst halogen ayrılarsa, belə reaktivlərlə platin qabda işləmək olmaz.



Analiz edilən maddəni qatı turşularda həll edərkən və turş məhlulları buxarlandırarkən, arsen, dəmir, tellur, sürmə, qalay və civənin halogenli birləşmələri; buxarlandırma zamanı F, SiF<sub>4</sub> və BF<sub>3</sub> birləşmələri uça bilər və bununla da həmin elementlərin itgisi alınır.

### 9.6.3. Bərk maddələrin turş əridicilərlə parçalanması

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (korund), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> kimi oksidlər və habelə şlaklar turşularda həll olmadıqları üçün onlar kalium-pirosulfat K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> və ya natrium-hidrosulfat NaHSO<sub>4</sub> ilə əritməklə məhlula keçirilir.

Narın halına gətirilmiş analiz edilən bərk maddədən 10-30 mq götürüb sınaq şüşəsinə və ya çini butəyə boşaldırlar. Üzərinə on dəfə artıq miqdarda kalium-pirosulfat əlavə edirlər. Qarışığı 15-20 dəqiqə müddətində temperaturu tədricən artırmaqla zəif qızarıncaya qədər qızdırırlar. Qızdırmanı tamamilə şəffaf maye alınncaya qədər davam etdirmək lazımdır. Bütün qarışıq soyuduqdan sonra qızdırılaraq suda həll edilir. Lazım gəldikdə bir neçə damcı qatı xlorid və ya sulfat turşusu əlavə edilir.

Beləliklə, analiz edilən maddə həll edilir və sonra da məlum üsulla analiz edilir. Göstərilən üsulla natrium və kaliumdan başqa bütün kationları təyin etmək mümkündür.

Analiz edilən maddəni həlledici ilə əritdikdən sonra suda həll edirlər. Həll olmayan qalıq silikatlar, silikat turşusu, SiO<sub>2</sub> qalay 4-oksit, barium-, stronsium- və qismən də qurğuşun sulfat ola bilər. Analiz edilən maddədə bismut və stibium artıq miqdarda iş-tirək edərsə, o zaman ərintini suda həll edərkən, həmin metalların əmələ gəlmiş sulfatları suda hidroliz edər və nəticədə bismutun əsasi sulfat duzu və stibiat turşusu əmələ gələ bilər ki, onlar da suda həll olurlar. Həll olmayan qalıqda bəzən alüminium və xromun əsasi duzları da ola bilər. Qalıq suda həll edərkən, bir neçə damcı xlorid və ya sulfat turşusu əlavə etməklə hidrolizin və əsasi duzların alınması ehtimalının qarşısı alınmış olar.

Analiz edilən maddədə gümüş olduqda, xlorid turşusu əlavə edərkən gümüş-xlorid çöküntüsü alınır. O zaman çöküntünü yuduqdan sonra ammonium-hidroksit məhlulunda həll edilir və gümüş ionları məlum qayda ilə təyin edilir. Qalıq ammonium-

hidroksid məhlulunda həll olmadıqda onu aşağıdakı qayda ilə analiz etmək lazımdır.

#### 9.6.4. Bərk maddələrin qələvi əridicilərlə parçalanması

Silikatları, filiz və dağ süxurlarını, sulfatları, fosfatları və bəzi oksidləri parçalamaq üçün onlar natrium-karbonatla və ya natrium-karbonatla ilə kalium-karbonat qarışığında əridilir. Bunun üçün 20-30 mq narın halına gətirilmiş analiz edilən maddəni platin butəyə tökürlər. Onu narınlaşdırılmış  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  və ya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ilə  $\text{K}_2\text{CO}_3$  qarışığının 6 dəfə artığı ilə qarışdırılır. Butəni qapaq ilə örtürlər. Qaz lampasının oksidləşdirici alovunu tədricən artıraraq bütün kütlə əriyincəyə qədər gözlənilir. 20 dəqiqə müddətində yüksək temperaturda qızdırılır. Butə soyuduqdan sonra yavaşca çalxalamaqda ərimiş hissə butədən ayrılır. Çalxalamaqla ərimiş kütləni butədən ayırmaq mümkün olmadıqda soyumuş butəyə bir az su tökürlər və ərinti kütləsi butənin divarında ayrılincaya qədər qızdırılır. Ondan sonra ərimiş kütləni çini kasaya keçirirlər və su hamamı üzərində qızdırılır. Suda həll olmayan qalığı məhluldan ayırırlar və xlorid turşusunda həll etdikdən sonra məlum üsulla kationlar və qismən də anionlar təyin edilir. Əsas məhluldan isə əsasən anionlar təyin edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, əsas məhlulda stibium, qalay, alüminium kimi amfoter xassəyə malik olan elementlər də ola bilər. Ona görə də məhlulun bir hissəsini turşulaşdırdıqdan sonra orada kationları da təyin etmək lazımdır.

Analiz edilən maddəni qələvi metalların karbonatları ilə əridərkən nəzərdə saxlamaq lazımdır ki, qalay, stibium, qurğuşun, arsen və s. kimi asan reduksiyaedici elementlərdən ibarət maddələr üçün platinlə butədən istifadə etmək yaramaz. Çünki həmin elementlər platinlə ərintilər əmələ gətirirlər.

Xromlu, xromlu-dəmirli və s. birləşmələri həll etmək üçün onu natrium-karbonatla natrium-nitrat duzlarının qarışığında əridirlər. Belə olduqda nitratın parçalanması nəticəsində xrom, dəmir və s. kimi elementlər oksidləşir və nəticədə həll ola bilən birləşməyə çevrilir. Qeyd etmək lazımdır ki, natrium-nitratı analiz edilən maddənin miqdarı qədər götürmək lazımdır.

$\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{SnO}_2$  və s. minerallarını və habelə sulfidli, arsenli və stibiumlu filizlər kimi çətin parçalanan birləşmələ-

ri həll etmək üçün onları natrium-hidroksid və ya natrium-peroksidlə əridirlər. Göstərilən reaktivlərlə əritməni dəmir, nikel və ya gümüş butələrdə aparmaq məsləhətdir. Əridicilərin miqdarı, götürülmüş nümunə çəkisindən 6-10 dəfə artıq olmalıdır.

### 9.6.5. Metal və ərintilərin analizi (hidrogen-sulfid üsulu ilə)

Analiz edilən maddə metallardan ibarət olduqda, həmin maddədə iştirak edən müxtəlif qarışığı təyin etmək lazım gəlir. Belə hallarda çox zaman analizin ardıcıl gedişi lazım gəlmir. Burada başlıca vəzifə analiz edilən maddəni həll etməkdir. Analiz edilən maddə həll edildikdən sonra alınan məhlulda qarışıq halında ola biləcək elementləri fərdi üsulla təyin edirlər.

Metalları tədqiq edərkən heç zaman əvvəlcə əsas metalı ayıraraq, sonra da süzüntüdə qarışıqları təyin etməyə çalışmaq lazım deyildir. Bunu aydınlaşdırmaq məqsədilə, fərz edək ki, mis metalında dəmir qarışığını təyin etmək lazımdır. O zaman misi turş mühitdə hidrogen-sulfidlə çökdürmək lazımdır. Belə olduqda isə həcmcə böyük olan mis çöküntüsünə dəmir də qoşular və nəticə etibarilə süzüntüdə praktiki olaraq dəmir ionları qalar. Ona görə də yaxşı olar ki, əvvəlcə bütün məhlula ammonium-hidroksidin artığı ilə təsir olunsun. O zaman dəmir ionları  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  şəklində çökər, mis ionları isə ammoniyakat kompleksi şəklində məhlulda qalar. Dəmir 3-hidroksid çöküntüsünü süzüb yuyurlar. Alınmış çöküntüyə qoşulmuş misi tamamilə ayırmaq üçün onu turşularda həll edirlər və hidrogen-sulfid buraxırlar. Mis ionlarını sulfid şəklində çökdürürlər; süzüntüdə isə dəmir ionlarını məlum üsullardan biri ilə təyin edirlər.

Beləliklə, metalları analiz edərkən birinci növbədə əsas metalı yox, qarışığı çökdürürlər. Təcrübədə sınınmış həmin qayda yalnız metallara deyil, eyni zamanda tərkibindəki maddələrdən biri çox, digəri isə az olan bütün obyektlərə tətbiq edilir. Ona görə də metalları analiz edərkən əvvəlcə ilkin yoxlamalar aparmaq lazımdır; ondan sonra isə analizin gedişi sxemini düzəldib müəllimlə razılaşıdıqdan sonra işə başlamaq olar. Məsələn, analiz edilən maddənin alüminium ərintisi olub-olmamasını yoxlamaq üçün analiz edilən maddədən bir parça götürüb saat şüşəsi üzərinə

qoyulur və 30 %-li natrium-hidroksid məhlulu ilə isladılır. 3-5 dəqiqədən sonra damcının qaynaması və bununla da qaz qabarcıqlarının ayrılması ilə həmin maddəni alüminium ərintisi hesab etmək olar.

Analiz edilən maddənin dəmir, çuqun və ya polad olmasını yoxlamaq üçün metalın səthinə və ya metal yonqarının bir parçası üstünə bir damcı 10 %-li ammonium-rodanidin xlorid turşusunda məhlulundan (bir neçə damcı da qatı nitrat turşusu əlavə etmək olar) damızdırılır. O zaman tutqun qırmızı rəngli dəmir 3-rodanidin əmələ gəlməsi, analiz edilən maddənin dəmir, çuqun və ya polad olmasını göstərir.

Analiz edilən maddədə əlvan metalların olmasını yoxlamaq üçün ərintinin təmiz səthinə bir damcı qatı nitrat turşusu damızdırılır. Təxminən bir dəqiqə sonra həmin damcının üstünə 2-3 damcı ammonium-hidroksid məhlulu tökülür. Yaşıl rəngin əmələ gəlməsi ilə analiz edilən ərintini bürünc, latun və ya misin başqa ərintisi hesab etmək olar. Göstərilən reaktivləri əlavə etdikdən sonra ağ rəngli çöküntü alınarsa, o zaman həmin maddəni babbıt, mətbəə ərintisi və ya lehim hesab etmək olar.

Bütün metal və ərintiləri beş qrupa bölmək qəbul edilmişdir:

**1. Qara metallar.** Buraya dəmir, polad, çuqun və dəmirin digər ərintiləri daxildir.

**2. Əlvan metallar.** Buraya hər şeydən əvvəl mis və onun ərintiləri (latun, bürünc və s.), babbıtlər (qalay-qurğuşunlu, kalsiumlu, arsen-kadmiumlu və s.), lehimlər (qalaylı, qurğuşunlu, gümüşlü ərintilər), mətbəə ərintiləri daxildir.

**3. Yüngül metallar.** Buraya alüminium, maqnezium, berillium və onların müxtəlif metallarla ərintiləri daxildir.

**4. Nadir metallar.** Buraya volfram, molibden, vanadium, titan və s. daxildir.

**5. Nəcib metallar.** Buraya gümüş, qızıl, platin və platin ailəsinə daxil olan metallardan rutenium, radium, palladium, osmium və iridium daxildir.

Ərintinin tərkibindən asılı olaraq onları həll etmək üçün müxtəlif üsullar tətbiq edilir.

Bir qayda olaraq dəmir və onun ərintilərini xlorid və ya sulfat turşusunda həll edirlər. Əlvan metalları və onların ərintilərini nitrat turşusunda həll edirlər. Qeyd etmək lazımdır ki, qalay və sti-

biumu nitrat turşusunda həll edərkən nəticədə az həll olan metaqalay və metastibiət turşuları əmələ gəlir ki, onları da məhlula keçirmək üçün zərhdən istifadə edirlər.

Bəzi silisiumlu ərintilər heç bir turşuda həll olmur. Ona görə də onları gümüş butələrdə qələvi metal karbonatları ilə əridirlər və sonra da nitrat turşusunda həll edirlər.

Alüminium, maqnezium və onların ərintilərini xlorid turşusunda həll edirlər. Bundan başqa alüminium metalını və onun ərintilərini qızdırmaqla qatı natrium-hidroksid məhlulu vasitəsilə də həll edirlər.

Metal və ya ərintiləri analiz etmək üçün əvvəlcə onları mütləq xırdalamaq lazımdır. Bərk kristalları polad həvənglərdə və ya möhkəm çəkilərlə əzirlər; döyülə bilən metalları isə nazik lövhə halına gətirirlər; sonra da kəsici kəlbətin vasitəsilə xırdalayır.

**Dəmir, çuqun və poladın analizi.** Vəsfı analizdə dəmir, çuqun və poladı analiz etməkdə başlıca məqsəd orada olan qarışıqları təyin etmək və bununla da metalın markasını müəyyən etməkdir.

Bir qayda olaraq, çuqun və poladda karbon (qrafit), manqan, nikel, kobalt, mis, xrom, alüminium, silisium, fosfor, kükürd və arsen, habelə nadir metallardan titan, vanadium, molibden, volfram, sirkonium, niobium, tantal və s. təyin edilir. Göstərilən elementlər analiz edilən ərintilərdə çox olmadığı üçün nümunə çəkisini 0,1-0,5 q götürüb stəkana daxil edirlər və qızdıraraq durulaşdırılmış sulfat turşusunda həll edirlər. Reaksiya qurtardıqdan sonra süzməklə az miqdarda qalan qara rəngli qalığı məhluldan ayırırlar. Göstərilən qalıq karbondan (qrafitdən), silisiumdan, karbitdən ibarət olur. Onu süzgəc kağızı üzərində durulaşdırılmış turşu ilə, sonra isə 1-2 dəfə su ilə yuyurlar. Qalığı çini butədə süzgəc kağızı ilə birlikdə kalium-pirosulfat və ya natriumkarbonatla əridirlər. Ərintini durulaşdırılmış xlorid və ya sulfat turşusunda həll edib süzür. Çöküntüdə silikat turşusu qalır. Süzüntü isə yuxarıda göstərilən əsas məhlulla qarışdırılır.

Turş reaksiyalı məhlula hidrogen-sulfid buraxılır. Bu zaman IV-V analitik qrup kationlarının sulfid birləşmələrini süzür; çöküntünü yuyurlar və IV-V qrup kationlarını məlum üsulla analiz edirlər.

Süzüntünü hidrogen-sulfidin artığı qovuluncayadək qaynadırlar. Həmin məhluldan bir az götürüb, məlum üsulla analiz

edirlər. Çuqun və poladda fosfor, kükürd və arsenin miqdarı çox az olduğu üçün onları vəsfi analizdə təyin etmirlər. Həmin elementləri birbaşa miqdari analiz üsulu ilə təyin edirlər.

#### 9.6.6. Əlvan metalların və onların ərintilərinin analizi

Xırdalanmış metal və ya ərintidən 20-30 mq götürüb çini bu-təyə tökülür və 5-10 damcı durulaşdırılmış (1:1) nitrat turşusunda həll edilir. Məhlulu su hamamı üzərində quruyuncaya qədər bu-xarlandırılır. Qalıqın üzərinə 1-2 ml 2N nitrat turşusu əlavə edib tədricən qızdırılır. Ağ rəngli çöküntünün alınması metastibiat və metastannat turşularının olduğunu göstərir. Belə olduqda onu sentrifuqa vasitəsilə ayrılır. Çöküntü 2-3 dəfə 2N nitrat turşusu vasitəsilə yuyulur. Sonra çöküntü üzərinə bir neçə damcı qatı xlorid turşusu əlavə edib qızdırmaqla həll edilir (bu zaman azacıq miqdarda çöküntü qalmış olarsa, o silikat turşusundan ibarət ola bilər). Alınan məhlulu iki yerə bölüb məlum üsulla birində stibium, digərində isə qalay təyin edilir.

Sentrifuqatı və yuyuntu çini kasaya boşaldılır. Üzərinə 2-3 damcı (1:1) sulfat turşusu əlavə edildikdən sonra buxarlandırılır. Buxarlandırma  $SO_3$ -in sıx ağ dumanı çıxmağa başlayıncaya qədər davam etdirilir. Sonra çini kasanı soyudurlar və ehtiyatla 2 ml su əlavə edib qarışdırılır. O zaman ağ rəngli çöküntü alınarsa, qurğuşun-sulfat əmələ gəlmişdir. Elə olduqda çöküntü sentrifuqa ilə ayrılır və ammonium-asetatda həll edilib məlum reaksiyalarla qurğuşun təyin edilir.

Başqa elementlərin məhlulda olan sulfatları məlum üsulla analiz edilir.

**Alüminium və maqnezium ərintilərinin analizi.** Sınaq şüşəsində alüminium və maqnezium ərintilərindən 20-30 mq götürüb üzərinə 3-4 damcı su və artıq miqdarda damcı-damcı qatı xlorid turşusu əlavə edilir. Qarışıq qonur rəngli azot oksidləri qovulub qurtarıncaya qədər qızdırılır. Məhlulun üzərinə 1-2 ml su əlavə edilir və məlum üsulla analiz edilir.

Alüminium ərintilərindən bəzilərini (silumini) analiz edərkən, onu turşularda həll etdikdən sonra çöküntüdə tutqun rəngli sərbəst halda silisium qalır ki, onu da süzüb, ayrıca analiz edirlər. Bunun

üçün tutqun çöküntü qatı natrium-hidroksidlə birlikdə qaynadılır. Bu zaman natrium-silikat əmələ gəlir və hidrogen ayrılır.

Maqnezium, kalsium və s. kimi yüngül metalların silisidlər adlanan silisiumlu birləşmələri durulaşdırılmış xlorid turşusu ilə parçalanır və nəticədə öz-özünə alıxan silan əmələ gəlir. Belə birləşmələrdə silisiumu təyin etmək üçün onları zərhdə həll edirlər. O zaman silisium silikat turşusuna qədər oksidləşir ki, onu da məlum üsulla təyin edirlər.

### 9.6.7. Sulfatların analizi

Barium-sulfat, stronsium-fulfat, qurğuşun-sulfat və alüminium, xrom və dəmirin bəzi əsasi sulfat duzlarından başqa bütün sulfatlar suda həll olur. Kalsium-sulfat qaynar suda kifayət qədər yaxşı həll olur; o, durulaşdırılmış isti xlorid turşusunda daha yaxşı həll olur.

Həll olmayan sulfatları qələvi metalların karbonatları ilə ya əritməklə, ya da karbonat məhlulu ilə qaynatmaqla karbonatlara çevirib əmələ gələn karbonatlar xlorid və ya nitrat turşusunda həll edilir. Alınan məhlulda barium, stronsium, kalsium ionları təyin edilir. Analiz edilən çöküntüdə qurğuşun-sulfat olduğu halda, yaxşı olar ki, ondan bir az götürüb, üzərinə ammonium-asetat və asetat turşusu ya da natrium-hidroksid məhlulu əlavə edib qızdırılsın. Alınan çöküntü sentrifuqa ilə ayrıldıqdan sonra məhlulda qurğuşun məlum üsulla təyin edilir.

### 9.6.8. Flüoridlərin analizi

Analiz edilən maddədə flüorid ionunun olmasını  $\text{SiF}_4$ -ün və ya sirkon-alizarin lakının alınması reaksiyaları ilə müəyyən etmək olar. Praktikada çox zaman flüorid ionunu kalsium-flüoridin  $\text{CaF}_2$ , barium heksaflüoro-siliseatın  $\text{Ba}[\text{SiF}_6]$  və kriolitın  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$  tərkibində axtarmaq lazım gəlir. Göstərilən birləşmələri analiz edərkən, hər şeydən əvvəl, həmin maddələrdə olan flüorid ionunun hamısını ayırmaq lazımdır. Buna səbəb bir tərəfdən analiz zamanı əmələ gələ biləcək flüorid turşusunun şüşə qaba qüvvətli təsir etməsi, digər tərəfdən, yuxarıda göstərilən kompleks birləşmələr davamlı olduğu üçün analizin gedişinin pozulmasıdır.

Flüorid ionunu təyin etmək üçün analiz edilən maddəni qatı sulfat və ya xlorat turşusunda və habelə qələvi metalların karbonatları qarışığında əritməklə həll edirlər.

Flüoridləri turşularla parçalamaq üçün analiz edilən maddə narın hala gətirilərək platin butəyə və ya kasaya tökülüb, bir damcı su ilə isladılır. Üzərinə 8-10 damcı qatı sulfat turşusu əlavə edilir. Ağzı açıq butə (kasanı) su və ya hava hamamı üzərinə qoyulur (sorucu şkaft altında). Qaz halında ayrılan məhsullar çıxıb qurtardıqdan sonra butə (kasanı) qaz lampası üzərində sulfat turşusu buxarlanıncaya qədər qızdırılır. Butə (kasa) soyuduqdan sonra 2-3 damcı su və 5-6 damcı sulfat turşusu əlavə edilərək yuxarıda göstərilən qayda ilə yenidən buxarlandırılır. Qalıq üzərinə bir millilitr isti su əlavə edib qarışdırılır. Qarışıqda həll olmayan qalıq olduqda süzülür, həll olmayan sulfatlar kimi analiz edilir.

Süzüntü məlum üsulla analiz edilərək kationlar təyin edilir.

Flüoridləri  $K_2CO_3$  və  $Na_2CO_3$  qarışığı ilə əritməklə parçalamaq üçün narınlaşdırılmış analiz edilən maddədən 20-30 mq götürüb, o qədər təmiz  $SiO_2$  və 0,5 qram  $K_2CO_3$  və  $Na_2CO_3$  qarışığı ilə qarışdırılır. Qarışıq kiçik həvəngə tökülüb diqqətlə əzilir və platin butəyə boşaldılıb əridilir. Qarışıq üzərinə 1-2 ml isti su töküüb qarışdırılır, qalıq 2 %-li  $Na_2CO_3$  məhlulu və 1-2 dəfə də su ilə yuyulur. Süzüntüdə anionlar, birinci növbədə flüorid və sulfat ionları təyin edilir.

Süzüntüdə alüminium ionunu da axtarmaq lazımdır. Çünki o, qələvi məhlulda bir qədər həll olur.

Həll olmayan qalıq isti 6N asetat turşusunda həll edilir və məlum qayda ilə qələvi-torpaq metalları yoxlanılır. Qalıq tam analiz etmək lazım gəldikdə xlorid turşusunda həll edilir və analizin məlum sxemi ilə tədqiq edilir.

Silikat turşusunu təyin etmək üçün analiz edilən maddədən 20-30 mq götürülüb çini butəyə tökülür. Üzərinə 1 ml qatı xlorid turşusu və doymuş borat turşusu məhlulu əlavə edilir və quruyuncaya qədər buxarlandırılır. Qalıq 2-3 dəfə xlorid turşusu ilə qarışdırılır. O zaman flüor  $SiF_4$  şəklində uçar, kalsium isə xlorid şəklində məhlula keçir. Silikat turşusu və silikatlar həll olmayaraq çöküntüdə qalır. Qalıq kiçik süzgəc kağızında süzülür. Platin süzgəc kağızı ilə birlikdə butəyə qoyub qızardılır. Qalıq 0,2q na-



trium-karbonatla əridilir. Ərintinin üzərinə isti su əlavə edib süzülür. Süzüntüdə  $\text{SiO}_3^{2-}$  ionu məlum qayda ilə təyin edilir.

### 9.6.9. Sulfidlərin analizi

Təbiətdə olan sulfidlərin əksəriyyəti sarı, qırmızı, qara və ya qonur kimi səciyyəvi rənglərə malikdir. Qələvi və qələvi-torpaq metallarının sulfidlərinə zəif turşularla təsir etdikdə asanlıqla parçalanır və hidrogen-sulfid ayrılır.

Turşuların təsiri ilə çətin həll olan sulfidlərdən qalay 4-sulfidi və civə 2-sulfidi göstərmək olar. Təbiətdə minerallar şəklində rast gəlinən sulfidlər çökdürməklə alınan sulfidlərə nisbətən daha çətin həll olurlar. Qeyd etmək lazımdır ki, təbii sulfidlərdə həmişə az və ya çox dərəcədə başqa elementlər qarışığı olur. Hətta bəzən bu qarışıqların miqdarı 0,01 %-dən də az olur. Ona görə də həmin qarışıqları təyin etmək üçün böyük təcrübəyə malik olmaq lazımdır. Analiz edilən maddənin tipindən asılı olmayaraq bütün sulfidlərin analizi eyni şəkildə aparılır; başlıca fərq sulfidlərin həll edilməsində və sulfidlərdə olan kükürdün təyin edilməsi üsulundan ibarətdir.

Suda həll olan sulfidlərdə kükürdü təyin etmək üçün analiz edilən maddə qızdırma şəraitində distillə edilmiş su ilə qarışdırılır; həll olmayan hissə sentrifuqa ilə ayırırlar və sentrifuqatda sulfid ionunu natrium-nitroprussid və ya natrium-plümbit reaksiyaları vasitəsilə təyin edilir.

Turşularla parçalanan sulfidlərdə kükürdü təyin etmək üçün həmin maddənin üzərinə 1 ml isti 2 N xlorid turşusu əlavə edilir. Ayrılan hidrogen-sulfid qurğuşun-asetat məhlulu ilə isladılmış süzgec kağızı vasitəsilə təyin edilir.

Turşularla çətin parçalanan sulfidlərdəki kükürdü təyin etmək üçün analiz edilən maddə o qədər sink tozu ilə qarışdırılır. Qarışıq mikrokameraya qoyulur və ayrılan hidrogen-sulfid yuxarıda göstərilən üsullardan biri ilə təyin edilir.

Sulfidləri turşularda parçalamaqla tam analiz etmək üçün analiz edilən maddə narinləşdiriləndən sonra sınaq şüşəsinə tökülür. Üzərinə 1 ml qatı nitrat turşusu əlavə edilir, həllolma qurtarınca qədər sorucu şəkaf altında qızdırılır. O zaman civə 2-sulfid

həll olmur; stibium və qalay sulfidlər isə həll olmayan metastibiat və metastannat turşusu əmələ gətirir. Bunlar da ağ rəngli çöküntüdür. Qalan sulfidlərin əksəriyyəti qatı sulfat turşusunda həll olur. Həll olmayan qalıq içərisində kükürd və nitrat turşusunda həll olmayan başqa maddələr də ola bilər. Göstərilənlərdən başqa, analiz edilən maddədə qurğuşun iştirak edərsə, kükürdün sulfat turşusuna qədər oksidləşməsi nəticəsində qalıqda qurğuşun-sulfat da ola bilər.

Analiz edilən maddəni nitrat turşusunda həll etdikdən sonra qarışıq su ilə durulaşdırılıb sentrifüqa ilə ayrılır. Çöküntü 2 dəfə isti su ilə yuyulur, 1 ml qaynar zərhəl əlavə edilərək qarışdırılır və azot oksidləri çıxıb qurtarıncaya qədər sorucu şkaft altında qızdırma davam etdirilir. Alınan məhlulun 2 həcmi qədər su ilə durulaşdırılır və süzməklə həll olmayan hissəsi ayrılır.

Süzüntü ilk dəfə nitrat turşusunda həll etdikdən sonra alınan süzüntü ilə qarışdırılır və məlum qaydası ilə analiz edilir. Həll olmayan qalıq gümüş-xlorid, qurğuşun-sulfat, barium-sulfat, stronsium-sulfat, silikat turşusu, silikatlardan ibarət minerallar və turşularda həll olmayan birləşmələr ola bilər ki, onlar da xüsusi qayda ilə tədqiq edilir.

Sulfidləri kalium-pirosulfatla da əritmək olar ki, bu haqda da yuxarıda məlumat verilmişdir.

### **9.6.10. Silikatların analizi (Hidrogen-sulfid üsulu ilə)**

Silikatların tərkibinə başlıca olaraq silikat turşusu ilə III, IV və V analitik qrup kationları daxil olur. I, II analitik qrup elementlərinə bəzi minerallarda və süni məhsullarda rast gəlinir.

Bütün silikatlar üç qrupa bölünür:

**1. Suda həll olan silikatlar.** Buraya qələvi metalların silikatları daxildir. Bunlar süni yolla alınır.

**2. Suda həll olmayan, lakin turşularla parçalanan silikatlar.** Buraya bir sıra təbii birləşmələr və metallurgiya şlakları, sementlər və s. kimi süni silikatlar daxildir. Belə silikatları qatı turşularda həll etməklə, silikat turşusunu ayırırlar.

**3. Turşularla parçalanmayan silikatlar.** Buraya silikat minerallarının əksəriyyəti, süni şüşə, emallar, təbii qum, kvars, opal və kolçedan daxildir.

Silikat turşusu və silikatları ammonium-nitrat, silisium 4-flüorid reaksiyaları vasitəsilə asanlıqla müəyyən etmək olar.

Silikatları tam analiz etmək məqsədilə parçalamaq üçün aşağıdakı üsulların birindən istifadə etmək olar.

Xlorid və nitrat turşusu ilə silikatları parçalamaq üçün narınlaşdırılmış 20-30 mq silikat kiçik çini butəyə tökülür və 2-3 damcı su ilə isladılır. Üzərinə 8-10 damcı qatı xlorid turşusu (analiz edilən silikatla ağır metallar olduqda qatı nitrat turşusundan istifadə edirlər) tökdükdən sonra 10-15 dəqiqə zəif qaz lampası alovunda, sorucu şkafda qızdırılır. Qarışıq şüşə çubuqla qarışdırılan zaman parçalanmayan hissə qalmadıqda, parçalanmanı qurtarmış hesab etmək olar. Parçalanmamış hissə qalmış olduğu halda yenidən bir neçə damcı da qatı turşu əlavə edilib qızdırılır. Nəhayət, bütün qarışıq su hamamında quruyuncuya qədər buxarlandırılır. Quru qalıq 2-3 damcı qatı turşu ilə isladılır və təxminən bir dəqiqə qızdırılır. Üzərinə 3 ml isti su əlavə edib qarışdırılır və sentrifuqa ilə silikat turşusu məhluldan ayrılır. Çöküntü 2-3 dəfə turşulaşdırılmış isti su ilə yuyulur. Yuyuntu əsas süzüntü ilə birləşdirilir. Süzüntü analizin məlum qaydası ilə tədqiq edilir.

Silikatları natrium-karbonatla əridərək parçalamaq üçün platin butədən istifadə edilir. Yeri gəlmişkən qeyd etmək lazımdır ki, tərkibində I, II analitik qrup metalları olan silikatları platin butələrdə əritmək olmaz; çünki I, II qrup metalları platinlə ərinti əmələ gətirir və butə sıradan çıxır.

Tərkibində ağır metal birləşmələri olan silikatları əvvəlcə qatı nitrat turşusunda parçaladıqdan sonra həll olmayan qalıq butədə natrium-karbonatla əridilir.

Soda ilə silikatın əmələ gətirdiyi ərinti su ilə qarışdıqdan sonra məhluldan bir qədər sınaq şüşəsinə tökülür, sentrifuqa ilə çöküntü ayrılır. Sentrifuqatda anionlar məlum qayda ilə təyin edilir. Məhlulun qalan hissəsi çöküntü ilə birlikdə çini kasaya boşaldılır və nitrat turşusu ilə neytrallaşdırılır. Sonra da nitrat turşusundan bir qədər artıq əlavə edib, qarışıq su hamamında quruyuncuya qədər buxarlandırılır. Qalıq bir neçə damcı qatı nitrat turşusu ilə isladılır, üzərinə 2-3 ml isti su əlavə edilərək diqqətlə qarışdırılır. Sentrifuqa və ya süzgəc kağızı vasitəsilə silikat turşu-

sundan ibarət çöküntü məhluldan ayrılır. Məlum qayda ilə süzüntüdə kationlar təyin edilir.

Silikatları flüorid turşusu ilə də parçalayırlar. Analiz edilən silikatlarda qələvi metalları təyin etmək lazım gəldiyi halda onları flüorid turşusu ilə parçalayırlar. Onun üçün narınlaşdırılmış 20-30 mq silikat platin butədə 1-2 damcı su ilə isladılır. Qarışıqın üzərinə 8-10 damcı flüorid turşusu əlavə edilərək sorucu şkafta quruyuncaya qədər buxarlandırılır. Parçalanma axıra qədər getmədikdə flüorid turşusundan bir neçə damcı da əlavə edib yenedən buxarlandırılır. Butədəki qalıq 2-3 damcı qatı xlorid turşusu ilə isladılır, təxminən 1 ml su və 0,5 qrama yaxın oksalat turşusu kristalları əlavə edilir. Qarışıq quruyuncaya qədər buxarlandırılır. Sonra da qaz lampası üzərində oksalat turşusu ayrılincaya qədər yavaş-yavaş qızdırılır və nəhayət 1-2 dəqiqə müddətində zəif qızardılır.

Flüoridi tamamilə kənar etmək üçün qızardılmış qalıq beş damcı su ilə isladılır, yenedən bir az oksalat turşusu əlavə edilir, buxarlandırılır və qızardılır. Belə olduqda əksər metalların flüoridləri oksidə çevrilir.

Qələvi-torpaq metalların flüoridləri oksalat turşusu ilə qızardıldıqda karbonatlara, qismən də oksidlərə çevrilirlər.

Qələvi metalların flüoridləri oksalat turşusu ilə qızartdıqda karbonatlara çevrilir. Qızardılmış qalıq ammonium-karbonatın doymuş məhlulu ilə isladılır. Burada məqsəd qələvi-torpaq metalların oksidlərini karbonatlara çevirməkdir. Sonra, bütün qarışıq quruyuncaya qədər buxarlandırılır. Qalıq az miqdarda su ilə qaynadılıb süzülür. Süzüntü yenedən platin butəyə tökülərək buxarlandırılır, və qızardılır (maqnezium-karbonatı maqnezium-oksidə çevirmək üçün). Qızardılmış qalıq beş damcı su ilə isladılaraq qızdırılır. O zaman qələvi metalların karbonatları məhlula keçir. Həmin məhlulda kalium və natrium ionları məlum qayda ilə təyin edilir.

Qızartdıqdan sonra həll olmayan qalıq I, II və III analitik qrup kationlarının oksidlərindən və habelə qələvi-torpaq metallarının karbonatlarından ibarət ola bilər. Ona görə də lazım gəldikdə həmin qalıqdan kationları təyin etmək üçün istifadə etmək olar. Bunun üçün qalıq qatı xlorid turşusunda və ya kalium-pirosulfatla əritməklə həll edilir və analizin məlum üsulu ilə tədqiqat aparılır.

### 9.6.11. Altıncı kollokviuma aid suallar və çalışmaları

1. Vəsfı analiz kursunda keçilən anionları sayın.
2. Gümüş-boratın alınması şəraitini və xassələrini göstərin; reaksiya tənliyini yazın.
3. Barium-boratın alınması şəraitini və xassələrini göstərin.
4. Borat ionunun səciyyəvi reaksiya tənliklərini yazın.
5. Karbonat turşusunun xassələrini və onun səciyyəvi reaksiyalarını təsvir edin. Reaksiya tənliklərini yazın.
6. Nə üçün gümüş-karbonat qızdırıldıqda qonurlaşır?
7. Hansı reaksiyaya görə asetat turşusunu təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
8. Asetat ionunun rəngli birləşmələr əmələ gətirən səciyyəvi reaksiyasını göstərin və reaksiya tənliyini yazın.
9. Asetat ionunun mürəkkəb efir əmələ gətirən reaksiyasını göstərin və tənliyini yazın.
10. Gümüş və barium asetatların xassələrini göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.
11. Oksalat turşusunun mühüm xassələrini göstərin və çətin həll olan oksalatları sayın.
12. 2 ml 2 molyar ammonium-hidroksid məhlulunda neçə milliqram gümüş-oksalat həll ola bilər?  
Cavab: 281 mq.
13. Oksalat ionunun barium və kalsium ionları ilə əmələ gətirdikləri çöküntülərin xassələrini göstərin və reaksiya tənliklərini yazın.
14. Oksalat ionunun səciyyəvi reaksiyalarının icra edilməsi qaydasını göstərin. Reaksiya tənliklərini yazın.
15. Müxtəlif metalların oksalatları qızardıldıqda özünü necə aparır? Reaksiya tənliklərini yazın.
16. Oksalatlarla qatı sulfat turşusunun qarşılıqlı təsiri necə olur? Reaksiya tənliyini yazın.
17. Rodanid ionunun və onun barium, kalsium və gümüş duzlarının mühüm xassələrini göstərin.
18. 2 ml 6 M ammonium-hidroksid məhlulunda neçə milliqram gümüş-rodanid həll olar?  
Cavab: 5,4 mq.

19. Rodanid ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliliklərini yazın.

20. Rodanid ionunu üçvalentli dəmir ilə təyin edərkən hansı anionlar mane olurlar? Reaksiya tənliliklərini yazın.

21. Qızartma və ya oksidləşməyə əsaslanan hansı üsullarla rodanid ionunu ayırmaq olar? Reaksiya tənliyini yazın.

22. Silikat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

23. Müxtəlif silikatların turşulara qarşı münasibətlərini göstərin.

24. Analiz zamanı silikat ionunu ayırmaq üçün onun hansı səciyyəvi reaksiyasından istifadə edirlər? Reaksiya tənliyini yazın.

25. Barium, kalsium, gümüş silikatlarını necə almaq olar? Onların mühüm xassələrini göstərin və reaksiya tənliliklərini yazın.

26. Silikat ionunun təyin edilməsindəki mühüm səciyyəvi reaksiyaları göstərin və reaksiya tənliliklərini yazın.

27. Silikat ionunu təyin edərkən hansı ionlar mane olur və onları necə kənar etmək olar? Reaksiya tənliliklərini yazın.

28. Nitrit turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

29. Barium, kalsium və gümüş nitritlərin mühüm xassələrini göstərin və reaksiya tənliliklərini yazın.

30. Nitrit ionunun oksidləşməsini göstərən reaksiya tənliliklərini yazın.

31. Nitrit ionunun reduksiya reaksiyası tənliyini yazın.

32. 2 ml 0,3 M natrium-nitrit məhlulu üzərinə bərabər həcmdə 2 M xlorid turşusu tökdükdə, neçə milliqram nitrat ionu alınabilir?

Cavab: 7 mq.

33. Nitrit turşusu ilə hidrogen-sulfid arasında reaksiya necə gedir? Reaksiya tənliyini yazın.

34. Ammonium duzlarının təsiri ilə nitrit ionu necə parçalanır? O zaman nitrit ionunun bir hissəsi nitrat ionuna çevrilə bilərmi? Reaksiya tənliyini yazın.

35. Nitrit ionu ilə sulfanil turşusu və  $\alpha$ -naftilamin arasında gedən reaksiya tənliyini yazın.

36. Nitrat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

37. Nitrat və nitrit ionlarının oksidləşdirici reaksiyalarını göstərin və reaksiya tənliliklərini yazın.

38. Nitrat ionunun ammoniyaka çevrilməsi reaksiyasını hansı ardıcılıqla aparmaq lazımdır? Reaksiya tənliliklərini yazın.

39. Nitrat ionunu ammoniyak şəklində təyin edərkən, hansı ion mane olur və onun qarşısını necə almaq olar? Reaksiya tənliyini yazın.

40. Fosfat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

41. Fosfat ionunun barium və gümüş ionları ilə qarşılıqlı reaksiya tənliklərini yazın.

42. Gümüş-fosfatın 100 ml suda həll olması 0,79 qramdır. Onun həllolma hasilini hesablayın.

Cavab:  $6,5 \cdot 10^{-5}$ .

43. Maqnezium-ammonium-fosfat çöküntüsünün alınması reaksiyasını ardıcılıqla göstərin. Reaksiya tənliyini yazın.

44. Fosfat ionunun təyin edilməsi reaksiya tənliklərini yazın.

45. Sulfid turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

46. Hidrogen-sulfidin iyinə görə sulfid ionunu necə təyin etmək olar? Reaksiya tənliklərini yazın.

47. Hidrogen-sulfidin iyinə görə çətin həll olan sulfidlərdə sulfid ionunu təyin etməmişdən əvvəl nə üçün sulfit və tiosulfat ionlarını mütləq ayırmaq lazımdır? Reaksiya tənliklərini yazın və izah edin.

48. Barium, kalsium və gümüş sulfidlərin həll olmalarını xarakterizə edin.

49. Hansı reaksiya ilə sulfid ionunun reduksiyaedici olmasını göstərmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.

50. Hava iştirakı ilə sulfidləri qızardan zaman gedə bilən reaksiya tənliklərini yazın.

51. Sulfid turşusunun mühüm xassələrini göstərin.

52. Sulfid ionunu təyin edərkən, sulfid anhidridinin ayrılması ilə gedən reaksiya tənliyini yazın.

53. Sulfid ionu məhlulunu turşulaşdırarkən sulfid anhidridinin ayrılmasını necə aradan qaldırmaq olar? Reaksiya tənliyini yazın.

54. Barium və gümüş-sulfid birləşmələrini necə almaq olar? Onların xassələrini göstərin. Reaksiya tənliklərini yazın. Nə üçün həmin duzların hər ikisi turşularda asanlıqla həll olur?

55. Sulfid ionunun reduksiyaedici xassəyə malik olmasını hansı reaksiyalarla sübut etmək olar? Reaksiya tənliklərini yazın.

56. Hansı təsadüflərdə sulfid ionu oksidləşdirici kimi təsir edə bilər? Vəzfi analiz üçün əhəmiyyəti olan misal göstərin.

57. Sulfid və tiosulfat ionlarını bir-birindən ayırmaq üçün hansı reaksiyadan istifadə etmək olar?

58. Tiosulfat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
59. Hansı reaksiya vasitəsilə tiosulfat ionunun parçalanaraq sulfat anhidridi və kükürd əmələ gətirməsini göstərmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
60. Gümüş-tiosulfatı necə almaq olar? Onun xassələrini göstərin və reaksiya tənliyini yazın.
61. Tiosulfat ionunu reduksiyaedici xassəyə malik olmasını hansı reaksiyalarla sübut etmək olar?
62. Müxtəlif oksidləşdiricilərin təsiri ilə tiosulfat ionu hansı ionları əmələ gətirir? Reaksiya tənliyini yazın.
63. Sulfat turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
64. Sulfat ionunun səciyyəvi reaksiya tənliliklərini yazın.
65. Barium-sulfatı sulfat ionunun başqa çöküntülərindən necə fərqləndirmək olar?
66. Çətin həll olan sulfatlarda sulfat ionunu necə təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
67. Flüorid turşusunun əsas xassələrini göstərin.
68. Flüoridlərin həll olmalarını xarakterizə edin.
69. Xlorid turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
70. Mühüm xloridlərin həll olmalarını xarakterizə edin.
71. Xlorid ionunun səciyyəvi reaksiyalarını göstərin.
72. Bromid turşusunun mühüm xassələrini göstərin.
73. Havanın oksigeni ilə bromid turşusu sərbəst brom a qədər oksidləşə bilərmi?
74. Bromid ionu ilə barium, kalsium və gümüş ionları necə reaksiyaya girir?
75. Gümüş-bromidin xassələrini təsvir edin. Gümüş-bromid ilə gümüş-xlorid arasındakı əsas fərqi göstərin. Reaksiya tənliyini yazın.
76. Xlorlu su ilə bromid ionunun səciyyəvi reaksiyasını göstərin.
77. Yodid turşusunun əsas xassələrini göstərin. Yodid ionuna barium, kalsium və gümüş ionları ilə təsir etdikdə nə ola bilər?
78. Gümüş-yodidin mühüm xassələrini göstərin. Gümüş-yodid hansı həlledicilərlə həll olur?
79. Yodid ionunu xlorlu su ilə necə təyin etmək olar? Nə üçün xlorlu su az-az əlavə etmək lazımdır? Reaksiya tənliyini yazın.
80. Hansı oksidləşdiricilər yodid ionunu sərbəst yoda qədər oksidləşdirə bilər?



81. Yodid ionunun oksidləşməsi nəticəsində ayrılan sərbəst yodu hansı üsullarla təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.

82. Nə üçün analiz edilən maddədə ağır metal kationlarını ayırdıqdan sonra anionları təyin etməyə başlamaq lazımdır?

83. Birinci qrupa daxil olan anionlar hansılardır və hansı reaktiv ilə çökdürmək olar?

84. İkinci qrupa daxil olan anionlar hansılardır və hansı reaktiv ilə çökdürmək olar?

85. Üçüncü qrupa hansı anionlar daxildir və onları hansı səciyyəvi reaksiyalarla təyin etmək olar?

86. Oksidləşdirici anionlar hansılardır və onların analizi gedişini göstərin.

87. Reduksiyaedici anionlar hansılardır və onların analizi gedişini göstərin.

88. Hansı əlamət və reaksiya ilə analiz edilən maddədə sulfid ionu olmasını təyin etmək olar?

89. Sulfid ionunun səciyyəvi reaksiyasını necə aparmaq olar?

90. Yodid ionları iştirak edən məhlulda nə üçün rodanid ionunu təyin etmək olmaz?

91. Bromid və yodid ionları bir yerdə olduqda onları ayırmadan necə təyin etmək olar?

92. Xlorlu su hansı ardıcılıqla bromid və yodid ionlarını oksidləşdirər?

93. Xlorid ionunun səciyyəvi reaksiyasını aparmaq üçün ona hansı anion mane olun və nə üçün?

94. 2 ml 1 M ammonium-hidroksid məhlulunda neçə milligram gümüş-bromid həll ola bilər?

Cavab: 0,9 mq.

95. 2 ml 1 M ammonium- hidroksid məhlulunda neçə milligram gümüş-yodid həll ola bilər?

Cavab:  $1,8 \cdot 10^{-2}$  mq.

96. Nə üçün xlorid ionunun təyin edilməsinə yodid ionu mane olmadığı halda, bromid ionu mane olur?

97. Fosfat ionunu necə təyin etmək olar?

98. Borat ionunu hansı reaksiyalarla təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.

99. Silikat ionunu necə təyin etmək olar?

100. Karbonat ionunu necə təyin etmək olar?

101. Karbonat ionunu sulfit və tiosulfat ionları iştirakı ilə necə təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
102. Sulfid ionunun ayrılmasını və təyin edilməsini təsvir edin. Reaksiya tənliyini yazın.
103. Tiosulfat ionunu necə təyin edilməsini göstərin və reaksiya tənliyini yazın.
104. Nitrit ionunu necə təyin etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
105. Nitrat ionunun spesifik reaksiyalarını göstərin. Reaksiya tənliyini yazın. Nitrit ionunun iştirakı ilə nitrat ionunu təyin etmək olarmı?
106. Nitrit ionunu necə kənar etmək olar? Reaksiya tənliyini yazın.
107. Nitrat ionunu "qonur həlqə" şəklində təyin edərkən reduksiyaedici ionları necə ayırmaq olar?
108. Oksidləşdirici anionları necə ayırmaq olar? Reaksiya tənliyini yazın.
109. Nitrat ionunu ammoniyak şəklində təyin etmək hansı halda əlverişlidir?
110. Sulfid, halogen ionları, silikat, sulfat, borat və fosfat ionları bir yerdə olduqda analizin mümkün ola bilən gedişini yazın.
111. Analiz edilən maddə bərk halda olduqda onu həlledicilərdə hansı ardıcılıqla həll etmək lazımdır?
112. Durulaşdırılmış və qatı turşularda, zərhdə həll olmayan hansı maddələri tanıyırsınız?
113. Gümüşün halogen birləşmələrini məhlulda necə keçirmək olar?
114. Turşular ilə parçalanmayan silikatları parçalamaq üçün hansı üsulları bilirsiniz?
115. Həll olmayan əsasi və amfoter oksidlərin həll edilməsi üsullarını göstərin. Reaksiya tənliklərini yazın.
116. Qələvi-oksidləşdirici üsul və əritmə qaydasını təsvir edin və ondan istifadə edilməsinə aid misal göstərin.
117. Əlvan metal ərintilərinin həll edilməsi qaydasını təsvir edin.
118. Dəmir ərintilərinin həll edilməsi qaydasını təsvir edin.
119. Rodanid ionunun təyin edilməsinə hansı ionlar mane olur və onu necə aradan qaldırmaq olar? Reaksiya tənliyini yazın.

120. Yodid ionunun təyin edilməsinə hansı anionlar mane olur və niyə? Reaksiya tənliyini yazın.
121. Bromid ionunun təyin edilməsinə hansı anionlar mane olur və niyə? Reaksiya tənliyini yazın.
122. Barium-xromat ilə bismut-nitrat duzlarının qarışığı analizi gedişini yazın.
123. Nikel-arsenat, kobalt-karbonat və kalium-yodid duzları bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
124. Qurğuşun-yodid və mis 2-xlorid duzları bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
125. Kadmiyum-karbonat, sink-karbonat və maqnezium-ammonium-fosfat duzları bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
126. Civə 2-nitrat, gümüş-xromat və kalium-nitrit duzları bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
127. Kalium-permanqanat, stronsium-xromat və gümüş-arsenat duzları bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
128. Xrom 3-oksidi, qalay 4-oksidi və civə 1-nitrat birləşmələri bir yerdə olduqda, analizin gedişini yazın.
129. Qurğuşun, kalsium və natriumdan ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
130. Qalay, stibium, mis və qurğuşundan ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
131. Alüminium, sink, manqan, bir az da silisium ilə dəmirdən ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
132. Tərkibində çox az miqdarda manqan, silisium, kükürd və fosfor, bir qədər onlardan çox xrom və nikelə ibarət olan poladın analizi gedişini yazın.
133. Mis, dəmir, silisium, sink, nikel və alüminiumdan ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
134. Mis (çox), qurğuşun (az), qalay (az), dəmir (az), arsen (az), stibium (az), bismut (az) və sinkdən (çox) ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
135. Gümüş, mis, sink və bir az da qurğuşundan ibarət olan ərintinin analizi gedişini yazın.
136. Sink, qalay, alüminium və kadmiyumdan ibarət ərintinin analizi gedişini yazın.
137. Qalay, mis, qurğuşun (az), dəmir (az) və fosfordan (az) ibarət ərintinin analizi gedişini yazın.

138. Qurğuşun-sulfat (çox), gümüş-sulfid, sink-sulfid, kadmium-sulfid, bismut-sulfid və mis 2-sulfiddən ibarət mineralın analizi gedişini yazın.

139. Nikel, stibium və arsendən ibarət mineralın analizi gedişini yazın.

140. Tərkibi kalsium-maqnezium-silikatdan ibarət olan mineralın analizi gedişini yazın.

141. Tərkibi kalsium-xrom-silikatdan ibarət olan mineralın analizi gedişini yazın.

142. Tərkibi  $(\text{PbCl}_2) \cdot \text{Pb}_4(\text{As}_3\text{O}_4)_3$ -dən ibarət olan mineralın analizi gedişini yazın.

143. Tərkibi  $\text{PbO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2$ -dən və  $\text{B}_2\text{O}_3$ -dən ibarət olan mineralın analizi gedişini yazın.

## ƏLAVƏLƏR

**Cədvəl 20. Bəzi turşular və onların məhlullarının hazırlanma qaydası**

	Reaktivin adı və formulunu	20°C-də sıxlığı (q/ml)	Təxmini normallığı	Fəzilə qatılıq	Hazırlanma qaydası
1	Qatı nitrat turşusu $\text{HNO}_3$	1,4	16	69,80	
2	Durulaşdırılmış nitrat turşusu $\text{HNO}_3$	1,2	6	32,36	Sıxlığı 1,4 q/ml olan qatı nitrat turşusundan 380 ml götürüb 620 ml distillə edilmiş su ilə qarışdırmaq lazımdır
3	Qatı sulfat turşusu $\text{H}_2\text{SO}_4$	1,84	36		
4	Durulaşdırılmış sulfat turşusu $\text{H}_2\text{SO}_4$	-	2	9,25	945 ml suya yavaş-yavaş və qarışdıraraq sıxlığı 1,84 q/ml olan sulfat turşusundan 55 ml tökmək lazımdır
5	Qatı xlorid turşusu HCl	1,19	12	37,23	
6	Durulaşdırılmış xlorid turşusu HCl	-	2	7,15	Sıxlığı 1,19 q/ml olan 167 ml xlorid turşusunu 836 ml su ilə qarışdırmaq lazımdır
7	Qatı asetat turşusu $\text{CH}_3\text{COOH}$	1,05	17	99,5	
8	Durulaşdırılmış asetat turşusu $\text{CH}_3\text{COOH}$	-	2	12,10	884 ml su ilə 116 ml qatı asetat turşusunu qarışdırmaq lazımdır

Cədvəl 21. Bəzi reaktivlər və onların hazırlanma qaydası

Reaktivin adı, formulu Və təxmini normalığı	Hazırlanma qaydası
1	2
2N ammonium-hidroksid	Sıxlığı 0,9 q/ml olan qatı ammonium-hidroksiddən 133 ml götürüb üzərinə 687 ml su tökməli
0,4N bariüm-hidroksid $Ba(OH)_2$	Doymuş məhlulunu hazırlamalı
6N qatı natrium-hidroksid NaOH	250 q qələvini suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
2N natrium-hidroksid NaOH	80 q qələvini suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
2N kalium-hidroksid KOH	112 q qələvini suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
Əhəngli su $Ca(OH)_2$	Doymuş məhlulunu hazırlamalı
4N ammonium-asetat $CH_3COONH_4$	300 q duzu suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
2N ammonium-karbonat $(NH_4)_2CO_3$	96 q duzu 2N ammonium- hidroksiddə həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
Ammonium-molibdat $(NH_4)_2MoO_4$	50 q duzu 500 ml suda qızdırmalı, həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
2,5N ammonium-nitrat $NH_4NO_3$	200 q duzu suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N ammonium-oksalat $(NH_4)_2C_2O_4$	35 q duzu suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N ammonium-persulfat $(NH_4)_2S_2O_8$	57 q duzu suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N ammonium-rodanid $NH_4CNS$	38 q duzu suda həll edib bir litrə qədər durulaşdırmalı
2,6N ammonium-rodanid $NH_4CNS$ (Co təyin etmək üçün)	19,76 q duzu 100 ml suda həll etməli
Ammonium-sulfat $(NH_4)_2SO_4$	50 q duzu 100 ml isti suda həll edib soyuduqdan sonra süzməli
6N ammonium-sulfat $(NH_4)_2SO_4$	200ml qatı ammonium-hidroksid məhlulunu hidrogen-sulfidlə doydurmalı. Sonra da, yenə 200ml qatı $NH_4OH$ məhlulu töküüb bir litrə qədər su ilə durulaşdırmalı
Ammonium-flüorid $NH_4F$	Duzun suda doymuş məhlulunu hazırlamalı
1N ammonium-xlorid $NH_4Cl$	54 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
Ammonium-xloridin doymuş məhlulu	290 q duzu bir litr suda həll edib, qarışığı süzməli

1	2
0,5N alüminium-xlorid $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	40,2 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N barium-xlorid $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	61,1 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N bismut-nitrat $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	80,6 q duzu nitrat turşusu ilə turşulaşdırılmış suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,03N gipsli su $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Duzu suda doymuş məhlulunu hazırlamalı
0,5N dəmir 3-xlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	45 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kadmium-nitrat $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	77,1 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
1,5N kalium-bixromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	73,8 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-bromid KBr	59,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-yodid KJ	83,0 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-nitrat $\text{KNO}_3$	50,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-nitrit $\text{KNO}_2$	42,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-pərmanqanat $\text{KMnO}_4$	15,8 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
1N qırmızı qan duzu $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	109,7 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
1N sarı qan duzu $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	105,6 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-xlorid KCl	37,3 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalium-xromat $\text{K}_2\text{CrO}_4$	48,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kalsium-nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	59,0 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N kobalt-nitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	72,8 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N maqnezium-xlorid $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	50,8 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N manqan-nitrat $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	71,7 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N mis 2-nitrat $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	60,4 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı

1	2
0,5N natrium-arsenit $\text{NaAsO}_2$	65,0 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
1N natrium-asetat $\text{CH}_3\text{COONa}$	136,1 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-hidroarsenat $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	67 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
1N natrium-hidrotartrat $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	172,1 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-hidrofosfat $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	59,7 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-karbonat $\text{Na}_2\text{CO}_3$	26,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-nitrat $\text{NaNO}_3$	42,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-nitrit $\text{NaNO}_2$	34,5 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-sulfat $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	85,6 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-sulfit $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	63 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
Natrium-tetraborat $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Duzu suda doymuş məhlulunu hazırlamalı
0,25N natrium-tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	62 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N natrium-xlorid $\text{NaCl}$	29,3 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N nikel-nitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	72,7 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N qalay 2-xlorid $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	56 q duzu mümkün qədər az miqdar qatı xlorid turşusunda həll edib bir litrə qədər su ilə durulaşdırılmalı. İkivalentli qalayın oksidləşməsinin qarşısını almaq üçün içərisinə bir-iki parça qalay metalı salmalı
0,5N qalay 4-xlorid $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	43,8 q duzu suda həll edib, üzərinə 25 ml xüsusi çəkisi 1,19 olan xlorid turşusu əlavə etməli, sonra da məhlulu bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,2N civə 1-nitrat $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	56,2 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,2N civə 2-xlorid $\text{HgCl}_2$	27,2 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı
0,5N qurğuşun-asetat $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	95,0 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırılmalı



1	2
0,5N qurğuşun-nitrat $Pb(NO_3)_2$	82,8 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,1N gümüş-nitrat $AgNO_3$	17 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N stronsium-nitrat $Sr(NO_3)_2$	52,9 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N stibium 3-xlorid $SbCl_3$	38,0 q duzu (1:1) xlorid turşusunda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N xrom 3-xlorid $CrCl_3 \cdot 6H_2O$	44,4 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
0,5N sink-nitrat $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	74,4 q duzu suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
Alizarin	95 faiz etil spirtində doymuş məhlulunu hazırlamalı
Anilin-xlorid	Anilin-xlorid ilə sıxlığı 1,19q/ml olan xlorid turşusunu bərabər həcmdə qarışdırmalı
Dimetilqlioksim	10 q maddəni spirtə həll edib, məhlulu bir litrə qədər durulaşdırmalı (dimetilqlioksimin ammonium-hidroksiddə) 1%-li məhlulundan da istifadə etmək olar)
Difenilamin	1 q maddəni 100 ml sıxlığı 1,84 q/ml olan qatı sulfat turşusunda həll etməli
Alüminon	1 q maddəni bir litr suda həll etməli
Gümüş-nitratın ammonum əsasında məhlulu (xlor ionunu təyin etmək üçün)	1,7 q gümüş-nitrat, 25 q kalium nitrat və 17 ml qatı ammonium əsası qarışığını suda həll edib, bir litrə qədər durulaşdırmalı
Ammonium-tetradano-hidrarqoat	8 q civə 2-xlorid və 9 q ammonium-rodanidi 100 ml suda həll etməli, 30 faizli asetat turşusunda doymuş məhlul hazırlamalı
Bromlu su	Bromun suda doymuş məhlulu
Qliserin	Qliserini bərabər həcm su ilə qarışdırma
Dipikrilamin	10 q maddəni 100 ml 1N natrium-karbonat məhlulu ilə qaynayıncaya qədər qızdırmalı və bir litrə qədər durulaşdırmalı. Qarışıq soyuduqdan sonra süzməli
Ditizon	0,01 q maddəni 100 ml karbon 4-xlor və ya xloroformda həll etməli
Difenilkarbazid	1 q maddəni 100 ml 95 faizli spirtə həll etməli

1	2
Yodlu su	1,3 q yodu və 3 q kalium-yodidi mümkün qədər az miqdar suda həll edib, sonra da bir litrə qədər durulaşdırılmalı
Kalium-dihidropirostibat	22 q duzu qızdırmaqla bir litr suda həll etməli. Qarışığı 3-5 dəqiqə müddətində qaynadaraq süzüb həll etməli. Məhlulu tez soyudub 35ml 6N kalium-hidroksid əlavə etməli. Sonrakı günə qədər saxlamalı
Kobalt-xlorid (sink ionunu təyin etmək üçün)	0,02% məhlulu 0,5N xlorid turşusu məhlulu ilə qarışdırılmalı
Nişasta məhlulu	1 q nişastanı 10-15 ml soyuq suda əzib qarışdırılmalı. Alınan horranı 100 ml qaynar suya tökməli və bir neçə dəqiqədə qaynatmalı. Sonra da soyutmalı
Maqneziumlu qarışıq	100 q maqnezium-xlorid və 100 q-da ammonium-xloridi suda həll edib, üzərinə 50 ml qatı ammonium-əsas məhlulu əlavə etməli. Sonra da qarışığı bir litrə qədər su ilə durulaşdırılmalı
Molibden mayesi	150 q ammonium-molibdatı bir litr distillə edilmiş suda həll etməli. Alınan məhlulu bir litr sıxlığı 1,2 q/ml olan nitrat turşusu məhlulu üzərinə tökməli. O zaman əvvəlcə molibdat turşusundan ibarət ağ çöküntü əmələ gələcəkdir ki, o da sonradan həll olacaqdır. Məhlulu 48 saat saxladıqdan sonra çöküntü əmələ gəlmişdirsə ondan ayırmaq lazımdır
Morin	20 faizli spirtdə doymuş məhlulunu hazırlamalı
Natrium-heksanitro-kobaltiat	21 q kimyəvi təmiz natrium-nitrit və 29 q kobalt-nitrit duzlarını 50ml distillə edilmiş suda həll etməli və 1 ml 80%-li asetat turşusu ilə turşulaşdırılmalı. Ən azı 24 saat saxladıqdan sonra süzməli və 100 ml-ə qədər su ilə durulaşdırılmalı
Natrium-nitroprussid	3 q maddədən 100 ml suda həll etməli
Naftilamin	0,3 q naftilamini 20 ml su ilə qaynatmalı və rəngsiz məhlulun üzərinə 150 ml 2N asetat turşusu əlavə etməli
Para-nitrobenzol-azorezorsin	0,001 q maddəni 100 ml 2N natrium-əsas məhlulunda həll etməli

1	2
$\alpha$ -nitrozo, $\beta$ -naftol (İlinski reaktiv)	1 q maddə 1 ml 2N natrium-hidroksidin iştirakı ilə 20 ml suda qızdırılaraq həll edilir. Süzülür və şəffaf süzüntü 200 ml-ə qədər durulaşdırılır
Oksixinolin	2,5 q maddə 100 ml 6%-li asetat turşusunda həll edilir
Hidrogen-peroksidi (3 faizli məhlul) $H_2O_2$	10 ml 30%-li hidrogen-peroksid 100ml-ə qədər su ilə durulaşdırılır
Nessler reaktiv	115 q $HgJ$ mümkün qədər az miqdar suda həll edib, 500 ml-ə qədər durulaşdırılır. Qanşığın üzərinə 500 ml 6N NaOH məhlulu töküüb, əmələ gələ biləcək çöküntü məhluldan ayrılır. Alınan məhlul qaranlıq yerdə saxlanılır.
Natrium-qurğuşun-mis-heksanitrit (K ionu reaktiv) $Na_2PbCu(NO_2)_6$	2q $NaNO_2$ , 0,9 q $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ və 1,6q $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ əvvəlcədən 0,2ml 30%-li $CH_3COOH$ ilə turşulaşdırılmış 15 ml suda həll edilir. Məhlul sabit olmadığı üçün tez-tez hazırlanır və şüşə tıxaclı şüşə qabda saxlanılır.
Rodamin B.	0,01q maddə 100ml suda həll edilir.
Sulfanil turşusu	0,5 q maddə 150 ml 2N asetat turşusu məhlulunda həll edilir
Sink-uranil-asetat	30 faizli asetat turşusunda doymuş məhlulunu hazırlamalı
Forniat buferi	100 ml qatı (23N) qanşqa turşusunu 13N 3,2 ml $NH_4OH$ məhlulu ilə qanşdırmalı
Fosformolibden turşusu	Suda 5%-li məhlulunu hazırlamalı
Fuksin	Suda 0,1 %-li məhlulunu hazırlamalı
Sink-uranil-asetat	a) 10 q uranil-asetat və 6 q 30%-li asetat turşusunu 50 ml distillə edilmiş suda həll etməli; b) 30 q sink-asetat və 6 q 30%-li asetat turşusunu 50 ml distillə edilmiş suda həll etməli. Hər iki məhlulu qanşdırıb, ikinci gün çöküntüdən məhlulu süzməklə ayırmalı
Ammonium-polisulfid	150 ml 25%-li ammonium-hidroksid hidrogen-sulfidlə doydurulur, üzərinə 250 ml 25%-li ammonium-hidroksid tökülür. Qanşığın üstünə 10 q kükürd töküüb çalxalanır və bir litrə qədər su ilə durulaşdırılır. Qanşiq tünd rəngli şüşə qabda saxlanılır

Cədvəl 22. Bəzi elementlərin atom kütlələri

Elementlərin adı	Elementlərin atom kütlələri	Elementlərin adı	Elementlərin atom kütlələri
Azot	14,008	Qalay	118,70
Alüminium	26,98	Arsen	74,91
Barium	137,36	Natrium	22,997
Bor	10,82	Nikel	58,69
Brom	79,916	Platin	195,83
Bismut	209,00	Radium	226,05
Hidrogen	1,008	Civə	200,59
Dəmir	55,85	Qurğuşun	207,21
Qızıl	197,2	Kükürd	32,066
Yod	126,91	Gümüş	107,880
Kadmium	12,41	Stronsium	87,63
Kalium	39,100	Stibium	121,76
Kalsium	40,08	Karbon	12,00
Oksigen	16,00	Uran	238,07
Kobalt	58,94	Fosfor	30,975
Silisium	28,09	Flüor	19,00
Maqnezium	24,32	Xlor	35,457
Manqan	53,93	Xrom	52,01
Mis	63,51	Sink	65,38
Molibden	95,95		

Cədvəl 23. Bəzi turşu və əsasların dissosiasiya dərəcəsi

Maddənin adı	Maddənin düsturu	Dissosiasiya dərəcəsi % ilə	
		1N məhlullarda	0,1N məhlullarda
Nitrat turşusu	$\text{HNO}_3$	82	92
Xlorid turşusu	$\text{HCl}$	78	91
Bromid turşusu	$\text{HBr}$	–	90
Yodid turşusu	$\text{HI}$	–	90
Sulfat turşusu	$\text{H}_2\text{SO}_4$	51	58
Oksalat turşusu	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	–	31
Fosfat turşusu	$\text{H}_3\text{PO}_4$	–	26
Sulfit turşusu	$\text{H}_2\text{SO}_3$	–	20
Çaxır turşusu	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	–	13
Asetat turşusu	$\text{CH}_3\text{COOH}$	0,4	1,3
Karbonat turşusu	$\text{H}_2\text{CO}_3$	–	0,17
Sulfid turşusu	$\text{H}_2\text{S}$	–	0,17
Borat turşusu	$\text{H}_3\text{BO}_3$	–	0,01
Kalium-hidroksid	$\text{KOH}$	77	89
Natrium-hidroksid	$\text{NaOH}$	73	84
Ammonium-hidroksid	$\text{NH}_4\text{OH}$	0,4	1,3

Cədvəl 24. Bəzi zəif elektro litlərin dissosiasiya sabiti

Elektrolitlər	Dissosiasiya sabiti	Dissosiasiya sabiti kəmiyyəti (25°-də)
Su	$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$
Ammonium-əsası	$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]}$	$1,79 \cdot 10^{-5}$
Nitrit turşusu	$K = \frac{[H^+][NO_2^-]}{[HNO_2]}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
Sulfid turşusu	$K_1 = \frac{[H^+][HSO_3^-]}{[H_2SO_3]}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
	$K_2 = \frac{[H^+][SO_3^{2-}]}{[HSO_3^-]}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Sulfid turşusu	$K_1 = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}$	$5,7 \cdot 10^{-8}$
	$K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$
Sianid turşusu	$K = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$	$7,2 \cdot 10^{-10}$
Karbonat turşusu	$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$	$4,31 \cdot 10^{-6}$
	$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$	$5,61 \cdot 10^{-11}$
Fosfat turşusu	$K_1 = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_3PO_4]}$	$7,51 \cdot 10^{-3}$
	$K_2 = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[H_2PO_4^-]}$	$6,23 \cdot 10^{-8}$
	$K_3 = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$
Çaxır turşusu	$K_1 = \frac{[H^+][HC_4H_4O_6^-]}{[H_2C_4H_4O_6]}$	$1,04 \cdot 10^{-3}$
	$K_2 = \frac{[H^+][C_4H_4O_6^{2-}]}{[HC_4H_4O_6^-]}$	$4,55 \cdot 10^{-5}$

Cədvəl 25. Atomların, atom qruplarının, molekulların kütlələri və onların loqarifmləri

Formul	Kütlə, a	Iga	Formul	Kütlə, a	Iga
Ag	107,870	03290	BiOCl	260,46	41574
AgBr	187,779	27365	(BiO) <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	666,02	82348
AgCl	143,323	15632	BiOJ	351,92	54644
AgJ	234,80	37070	BiONO <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O	305,02	48433
AgNO <sub>3</sub>	169,875	23013	BiPO <sub>4</sub>	303,98	48286
Ag <sub>2</sub> O	231,760	36504	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	514,18	71111
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	418,62	62182	Br	79,916	90263
Ag <sub>2</sub> S	247,82	39414	C	12,010	07954
Al	26,97	43088	CH <sub>2</sub>	14,026	14694
AlCl <sub>3</sub>	133,34	12496	CH <sub>3</sub>	15,034	17707
AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	241,44	38281	CH <sub>4</sub>	16,042	20525
AlF <sub>3</sub>	83,97	92412	CH <sub>3</sub> O	31,034	49183
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101,94	00834	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,036	41557
Al(OH) <sub>3</sub>	77,99	89204	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	29,060	46330
AlPO <sub>4</sub>	121,95	08618	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	43,044	63391
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	342,12	53418	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub>	56,044	77118
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O	666,41	82373	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	45,060	65379
As	74,91	87454	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> N	79,10	89818
AsO <sub>3</sub>	122,91	08959	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	77,100	88705
AsO <sub>2</sub>	138,91	14273	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	105,11	02164
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	197,82	29627	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ON	145,15	16182
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	229,82	36139	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,16	10775
As <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	261,82	41800	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub>	127,16	10435
As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	246,00	39094	C <sub>10</sub> H <sub>6</sub>	126,15	10089
As <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	310,12	49153	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub>	125,14	09739
Au	197,2	29491	C <sub>10</sub> H <sub>4</sub>	124,13	09388
B	10,82	03423	C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	208,20	31848
BO <sub>2</sub>	42,82	63165	C <sub>14</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	206,19	31427
BO <sub>3</sub>	58,82	76953	C <sub>14</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	207,20	31639
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69,64	84286	C <sub>14</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	205,18	31214
B <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	155,24	19100	C <sub>14</sub> H <sub>2</sub> O	204,17	30999
Ba	137,34	13780	C <sub>20</sub> H <sub>16</sub> N <sub>4</sub>	312,36	49465
BaCO <sub>3</sub>	197,35	29524	CN	26,018	41528
BaCl <sub>2</sub>	208,25	31859	CNS	58,08	76403
BaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	244,31	38794	CO	28,010	44731
BaCrO <sub>4</sub>	253,37	40376	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	60,058	77857
BaF <sub>2</sub>	175,36	24393	CO <sub>2</sub>	44,010	64355
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	261,35	41722	CO <sub>3</sub>	60,010	77822
BaO	153,34	18566	Ca	40,08	60293
Ba(OH) <sub>2</sub>	171,38	23396	CaC <sub>2</sub>	64,10	80686
BaS	169,42	22896	CaCO <sub>3</sub>	100,09	00039
BaSO <sub>3</sub>	217,40	35679	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	146,12	16470
BaSO <sub>4</sub>	233,40	36810	CaCl <sub>2</sub>	110,99	04528
Be	9,02	95521	CaCl 6H <sub>2</sub> O	219,09	34062
BeO	25,02	39829	CaCl <sub>2</sub> O	126,99	10377
Be <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	192,00	28330	Ca(ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	206,99	31595
Bi	209,00	32015	CaF <sub>2</sub>	78,08	89254
Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	485,10	68583	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	162,12	20983
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	466,00	66839	CaHPO <sub>4</sub>	136,07	13376
BiOBr	304,92	48419	CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	172,10	23578

Cədvəl 25-in ardı

Formul	Külla, a	lg a	Formul	Külla, a	lg a
CaH <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	234,07	36935	Cs <sub>2</sub> SnCl <sub>6</sub>	597,26	77616
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	252,09	40155	Cu	63,57	80325
CaO	56,08	74881	CuCNS	121,65	08511
Ca(OH) <sub>2</sub>	74,10	86982	CuCO <sub>3</sub> ·Cu(OH) <sub>2</sub>	221,17	34473
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	310,20	49164	2CuCO <sub>3</sub> ·Cu(OH) <sub>2</sub>	344,75	53750
CaS	72,14	85818	Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	198,05	29678
CaSO <sub>3</sub>	120,14	07968	CuFeS <sub>2</sub>	183,54	26373
CaSO <sub>4</sub>	136,14	13399	CuO	79,57	90075
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	172,17	23596	Cu <sub>2</sub> O	143,14	15576
CaSiO <sub>3</sub>	116,16	06506	CuS	95,63	98059
Cd	112,41	05080	Su <sub>2</sub> S	159,20	20194
Cd(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	284,55	45416	CuSO <sub>4</sub>	159,63	20311
CdO	128,41	10860	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	249,71	39744
Cd <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	398,78	60074	Fe	55,85	74702
CdS	144,47	15978	Fe(CN) <sub>6</sub>	211,6	32626
CdSO <sub>4</sub>	208,47	31904	FeCO <sub>3</sub>	115,86	06393
CdSO <sub>4</sub> ·8/3 H <sub>2</sub> O	256,51	40910	FeCl <sub>2</sub>	126,76	10298
Se	140,13	14653	FeCl <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	198,83	29848
CeCl <sub>3</sub>	246,50	39182	FeCl <sub>3</sub>	162,22	21010
CeO <sub>2</sub>	172,13	23586	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	270,32	43188
CeO <sub>3</sub>	183,13	27446	Fe(CrO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	223,87	34998
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	328,26	51620	FeJ <sub>2</sub>	309,69	49099
Ce <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	484,39	68522	FeNH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	482,20	68323
Ce <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·8H <sub>2</sub> O	712,57	85283	Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	392,15	59340
Cl	35,457	54970	FeO	71,85	85643
ClO	51,457	71144	2FeO	143,70	15746
ClO <sub>2</sub>	83,457	92146	3FeO	215,55	33555
ClO <sub>4</sub>	99,457	99764	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159,70	20330
Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	150,914	17837	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	231,55	36465
Co	58,94	77041	Fe(OH) <sub>3</sub>	106,87	02886
CoAs <sub>2</sub>	208,76	31965	FePO <sub>4</sub>	150,83	17849
CoAsS	165,91	21986	FeS	87,91	94404
CoHg(CNS) <sub>4</sub>	491,86	69184	FeS <sub>2</sub>	119,97	07906
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	291,05	46397	FeSO <sub>4</sub>	151,91	18151
CoO	74,94	87471	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	278,02	44407
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	240,82	38169	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	399,88	60193
Co <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	291,84	46515	H	1,0080	00346
CoSO <sub>4</sub>	155,00	19033	HBO <sub>2</sub>	43,83	64177
CoSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	281,11	44888	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	61,84	79127
Cr	52,01	71609	HBr	80,924	90808
CrO	68,01	83257	HCHO <sub>2</sub>	46,026	66300
CrO <sub>2</sub>	100,01	00004	HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	60,052	77867
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	116,01	06450	H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	150,088	17634
Cr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	152,02	18190	H <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O	210,140	32251
Cr <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	216,02	33449	HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	138,118	14025
Cr <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	220,03	34248	HCN	27,026	43179
CrPO <sub>4</sub>	146,99	16729	HCNS	59,09	77151
Cs	132,905	12354	HCO <sub>2</sub>	45,018	65339
CsClO <sub>4</sub>	232,356	36615	HCO <sub>3</sub>	61,018	78547
CsPtCl <sub>6</sub>	673,62	82842	HNO <sub>3</sub>	63,016	79945
Cs <sub>2</sub> O	281,809	44995	HO	17,0080	23065
Cs <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	361,872	55856	H <sub>2</sub> O	18,0160	25565



Cædvæl 25-in ardi

Formul	Küila, a	Iga	Formul	Küila, a	Iga
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	90,036	95442	K <sub>2</sub> Co(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	437,35	64083
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	126,068	10059	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	194,20	28825
HCl	36,465	56188	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	294,21	46866
HClO	52,465	71987	<sup>1</sup> / <sub>6</sub> K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	49,035	69052
HClO <sub>3</sub>	84,465	92668	KCr(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	499,42	69847
HClO <sub>4</sub>	100,465	00201	K <sub>2</sub> Cu(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	441,99	64541
H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	118,03	07199	K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	329,25	51753
H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	218,04	33851	K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	368,34	56625
HF	20,01	30125	K <sub>2</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	503,26	70188
H <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	214,98	33240	KHCO <sub>3</sub>	100,114	00048
H <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	215,99	33443	KHS <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	188,176	27457
HJ	127,93	10697	KH(JO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	389,94	59099
HJO <sub>3</sub>	175,93	24534	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136,132	13396
HNO <sub>2</sub>	47,016	67224	KHSO <sub>3</sub>	120,16	07976
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	34,016	53169	KHSO <sub>4</sub>	136,16	13405
HPO <sub>3</sub>	79,99	90304	KJ	166,02	22014
HPO <sub>4</sub>	95,99	98223	KJO <sub>3</sub>	214,02	33045
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	97,00	98677	KMnO <sub>4</sub>	158,03	19874
H <sub>3</sub> PO <sub>2</sub>	66,00	81954	KNO <sub>2</sub>	85,104	92995
H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	82,00	91381	KNO <sub>3</sub>	101,104	00475
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98,00	99123	K <sub>2</sub> O	94,192	97401
H <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	177,99	25040	KOH	56,104	74899
H <sub>3</sub> PtCl <sub>6</sub>	409,99	61277	K <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>	486,16	68678
H <sub>2</sub> S	34,08	53250	K <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	147,25	24118
HSO <sub>3</sub>	81,07	90886	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	254,31	40537
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	82,08	91424	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	270,31	43187
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98,08	99158	K(SbO) <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> · <sup>1</sup> / <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	333,94	52367
H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	114,14	05744	K <sub>2</sub> SiFe	220,25	34292
H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	144,08	15860	K <sub>2</sub> Zn(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	443,79	64718
Hg	200,61	30235	Mg	24,32	38,596
HgCl <sub>2</sub>	272,52	43380	Mg(AlO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	142,26	15308
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	472,13	67406	Mg <sub>2</sub> AsO <sub>7</sub>	310,46	49200
HgO	216,61	33568	MgCO <sub>3</sub>	84,33	92598
HgS	232,67	36674	MgCl <sub>2</sub>	95,23	97877
J	126,92	10353	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	203,33	30820
JO <sub>3</sub>	174,92	24284	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	146,36	16542
J <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	333,84	52354	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	245,37	38982
K	39,096	59214	MgO	40,32	60552
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	474,39	67613	Mg(OH) <sub>2</sub>	58,34	76597
KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	278,25	44444	Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	222,60	34753
KBr	119,012	07559	MgSO <sub>4</sub>	120,38	08055
KBrO <sub>3</sub>	167,012	22277	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246,49	39180
KCN	65,114	81367	Mn	54,93	73981
KCNS	97,17	98753	MnCO <sub>3</sub>	114,94	06047
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	138,202	14051	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	197,91	29647
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O	174,234	24113	MnO	70,93	85083
KCl	74,553	87247	MnO <sub>2</sub>	86,93	9917
KClO <sub>3</sub>	122,553	08832	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	157,86	19827
KClO <sub>4</sub>	138,553	14161	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	228,79	35944
K <sub>2</sub> CO(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub>	452,28	65547	Mn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	283,82	45304

Cədvəl 25-in ardı

Formul	Kütlə, a	Iga	Formul	Kütlə, a	Iga
MnS	86,99	93947	NaBr	102,913	01247
MnSO <sub>4</sub>	150,99	17895	NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	136,087	13379
MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	241,07	38214	NaCN	49,015	69024
Mo	95,95	98204	NaCNS	81,08	90891
MoO <sub>3</sub>	143,95	15821	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	106,004	02533
MoO <sub>4</sub>	159,95	20399	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	286,160	45661
MoS <sub>2</sub>	160,07	20431	Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	134,014	12714
N	14,008	14638	NaCl	58,454	76681
NH	15,016	17655	NaClO	74,454	87188
NH <sub>2</sub>	16,024	20477	NaClO <sub>3</sub>	106,454	02716
NH <sub>2</sub> OH	33,032	51894	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	162,00	20952
NH <sub>2</sub> OH·HCl	69,497	84196	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O	298,05	47429
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	32,048	50580	NaF	42,00	62325
NH <sub>3</sub>	17,032	23126	Na <sub>2</sub> HasO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	402,10	60433
NH <sub>4</sub>	18,040	25524	NaHCO <sub>3</sub>	84,015	92435
NH <sub>4</sub> Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	453,32	65641	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	178,01	25044
NH <sub>4</sub> Br	97,956	99103	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	358,17	55414
NH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O	77,084	88696	NaHS	56,07	74873
NH <sub>4</sub> CNS	76,12	88150	NaHSO <sub>2</sub>	104,07	01732
NH <sub>4</sub> HSO <sub>3</sub>	97,09	98717	NaHSO <sub>4</sub>	120,07	07944
NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	115,11	06111	NaJ	149,93	17589
NH <sub>4</sub> J	144,96	16125	NaJO <sub>3</sub>	197,93	29651
NH <sub>4</sub> MgPO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O	245,44	38994	NaMg(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1506,03	17782
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80,048	90335	NaNH <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	209,09	32033
NH <sub>4</sub> NaHPO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	209,09	32033	NaNO <sub>2</sub>	69,005	83888
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ni(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	394,98	59658	NaNO <sub>3</sub>	85,005	92944
NH <sub>4</sub> OH	35,048	54466	Na <sub>2</sub> O	61,994	79235
(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·12MoO <sub>3</sub>	18875,5	27312	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	77,994	89206
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>	444,05	64743	NaOH	40,005	60211
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	68,14	83340	NaPO <sub>3</sub>	102,02	00869
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,14	12103	Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	265,95	42480
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	228,20	35832	Na <sub>2</sub> S	78,05	89237
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SiF	178,14	25076	NaSO <sub>3</sub>	103,06	01309
NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	116,99	06815	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	126,05	10054
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Zn(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	401,67	60387	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ·7H <sub>2</sub> O	252,16	40168
NO	30,008	47724	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142,05	15244
NO <sub>2</sub>	46,008	66283	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	322,21	50814
NO <sub>3</sub>	62,008	79245	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·5H <sub>2</sub> O	248,19	39478
N <sub>2</sub> O	44,016	64361	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	174,11	24082
N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	76,016	88091	Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	188,05	27427
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	92,016	96386	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	122,05	08654
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	108,016	03349	Na <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	266,74	42609
Na	22,997	36167	NaZn(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1538,08	18699
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	209,96	32214	Ni	58,69	76856
NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	262,15	41855	NiO	74,69	87326
NaBO <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	137,88	13950	Ni <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	291,34	46440
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	201,27	30378	NiSO <sub>4</sub>	154,75	18963
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	381,43	58141	NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	280,86	44849

Cædvæl 25-in ardi

Formul	Küilla, a	Iga	Formul	Küilla, a	Iga
O	16,0000	20412	Sr	87,63	94265
OH	17,008	23065	SrCO <sub>3</sub>	147,64	16918
P	30,98	49108	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	193,67	28706
PBr <sub>4</sub>	270,73	43254	SrCl <sub>2</sub>	158,54	20014
PCl <sub>3</sub>	137,35	13783	SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	266,64	42593
PCl <sub>5</sub>	208,26	31861	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	211,65	325621
PO <sub>2</sub>	62,98	79920	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	283,71	45287
PO <sub>4</sub>	90,98	97763	SrO	103,63	01549
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	109,96	04123	Sr(OH) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	265,77	42451
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	141,96	15217	Sr(SH) <sub>2</sub>	153,77	18687
P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	173,96	24045	SrSO <sub>4</sub>	183,69	26409
Pb	207,21	31641	SrS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	199,75	30049
Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	379,34	57903	Ti	47,90	68034
PbCO <sub>3</sub>	267,22	42686	TiO <sub>2</sub>	79,90	90255
PbCl <sub>2</sub>	278,12	44423	Ti <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub>	523,62	71902
PbCrO <sub>4</sub>	323,22	50950	Th	232,12	36571
PbMoO <sub>4</sub>	367,16	56485	Th(C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	516,26	71287
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	331,23	52013	Th(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	522,21	74210
PbO	223,21	34871	Th(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	696,34	84282
PbO <sub>2</sub>	239,21	37878	ThO <sub>2</sub>	264,12	42180
Pb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	462,42	66501	Th(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	496,30	69574
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	685,63	83609	Tl	204,39	31046
PbS	239,27	37889	Tl <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	527,79	71998
PbSO <sub>3</sub>	287,27	45829	Tl <sub>2</sub> J	331,31	52023
PbSO <sub>4</sub>	303,27	48183	Tl <sub>2</sub> O	424,78	62816
S	32,06	50596	Tl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	456,78	65971
S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	135,03	13043	U	2388,07	37671
SO <sub>2</sub>	64,06	80659	UO <sub>2</sub>	270,07	43147
SO <sub>3</sub>	80,06	90342	U <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	842,21	92542
SO <sub>4</sub>	96,060	98254	(UO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	714,10	85376
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	112,12	04968	V	50,95	70714
S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	192,12	28354	VCl <sub>2</sub>	121,86	08586
Sb	121,76	08550	VO <sub>3</sub>	98,95	99542
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	291,52	46467	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	149,90	17530
Sb <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	307,52	48787	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	181,90	25983
Sb <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	323,52	50990	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ON) <sub>4</sub>	726,48	86123
SbOCl	173,22	23860	Zn	65,38	81544
SbS <sub>3</sub>	217,94	33834	ZnCO <sub>3</sub>	125,39	09827
Sb <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	250,00	39794	ZnCl <sub>2</sub>	136,29	13446
Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	339,70	83110	ZnCl <sub>2</sub> ·1,5H <sub>2</sub> O	163,32	21304
Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	403,82	60619	ZnHg(CNS) <sub>4</sub>	498,30	69749
Si	28,06	44809	Zn(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	178,40	25139
SiF <sub>4</sub>	104,06	01728	ZnO	81,38	91052
SiF <sub>6</sub>	142,06	15247	Zn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	304,72	48390
SiO <sub>2</sub>	60,06	77859	ZnS	97,44	98874
SiO <sub>3</sub>	76,06	88116	ZnSO <sub>4</sub>	161,44	20801
SiO <sub>4</sub>	92,06	96407	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	287,56	45873
Sn	118,70	07445	Zr	91,22	96009
SnCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	225,65	35344	ZrO <sub>2</sub>	123,22	09806
SnCl <sub>4</sub>	260,53	41586	ZrP <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	265,18	42354
SnO	134,70	12937	Zr(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	355,40	55072
SnO <sub>2</sub>	150,70	17811			



20	30103	30320	30535	30750	30963	31175	31387	31597	31806	32015	21	43	64	85	106	127	148	170	190
21	32222	32428	32634	32838	33041	33244	33445	33646	33846	34044	20	41	61	81	101	121	141	162	182
22	34242	34439	34635	34830	35025	35218	35411	35603	35793	35984	20	39	58	77	97	116	135	154	174
23	36173	36361	36549	36736	36922	37107	37291	37475	37658	37840	19	37	56	74	93	111	130	148	167
24	38021	38202	38382	38561	38739	38917	39094	39270	39445	39620	18	35	53	71	89	106	124	142	159
25	39794	39967	40140	40312	40483	40654	40824	40993	41162	41330	17	34	51	68	85	102	119	136	153
26	41497	41664	41830	41996	42160	42325	42488	42651	42813	42975	16	33	49	66	82	98	115	131	148
27	43136	43297	43457	43616	43775	43933	44091	44248	44404	44560	16	32	47	63	79	95	111	126	142
28	44716	44871	45025	45179	45332	45484	45637	45788	45939	46090	15	30	46	61	76	91	107	122	137
29	46240	46389	46538	46687	46835	46982	47129	47276	47422	47567	15	29	44	59	74	88	103	118	132
30	47712	47857	48001	48144	48287	48430	48572	48714	48855	48996	14	29	43	57	72	86	100	114	129
31	49136	49276	49415	49554	49693	49831	49969	50106	50243	50379	14	28	41	55	69	83	47	110	124
32	50515	50650	50786	50920	51054	51188	51322	51455	51587	51720	13	27	40	54	67	80	94	107	121
33	51851	51983	52114	52244	52375	52504	52634	52763	52892	53020	13	26	39	52	65	78	91	104	117
34	53148	53275	53403	53529	53656	53782	53908	54033	54158	54283	13	25	38	50	63	76	88	101	113
35	54407	54531	54654	54777	54900	55023	55145	55267	55388	55509	12	24	37	49	61	73	85	98	110
36	55630	55751	55871	55991	56110	56229	56348	56467	56585	56703	12	24	36	48	60	71	83	95	104
37	56820	56937	57054	57171	57287	57403	57519	57634	57749	57864	12	23	35	46	58	70	81	93	104
38	57978	58092	58206	58320	58433	58546	58659	58771	58883	58995	11	23	34	45	57	68	79	90	102
39	59106	59218	59329	59439	59550	59660	59770	59879	59988	60097	11	22	33	44	55	66	77	88	99
40	60206	60314	60423	60531	60638	60746	60853	60959	61066	61172	11	21	32	43	54	64	75	86	97
41	61278	61384	61490	61595	61700	61805	61909	62014	62118	62221	10	21	31	42	53	63	74	84	95
42	62325	62428	62531	62634	62737	62839	62941	63043	63144	63246	10	20	31	41	51	61	71	82	92
43	63347	63448	63548	63649	63749	63849	63949	64048	64147	64246	10	20	30	40	50	60	70	80	90
44	64345	64444	64542	64640	64738	64836	64933	65031	65128	65225	10	20	29	39	49	59	68	78	88
45	65321	65418	65514	65610	65706	65801	65896	65992	66087	66181	10	19	29	38	48	57	67	76	86
46	66276	66370	66464	66558	66652	66745	66839	66932	67025	67117	9	19	28	37	47	56	65	74	84
47	67210	67302	67394	67486	67578	67669	67761	67852	67943	68034	9	18	27	36	46	55	64	73	82
48	68124	68215	68305	68395	68485	68574	68664	68753	68842	68931	9	18	27	36	45	53	63	72	81
49	69020	69108	69197	69285	69373	69461	69548	69636	69723	69810	9	18	26	35	44	53	62	70	79

# LOQARIFMLƏR

Cədvəl 26-in ardı

№	Münaasib hissələr															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
50	69897	69984	70070	70157	70243	70329	70415	70501	70586	70672	6	5	4	3	2	1
51	70757	70842	70927	71012	71096	71181	71265	71349	71433	71517	8	7	6	5	4	3
52	71600	71684	71767	71850	71933	72016	72099	72181	72263	72346	8	7	6	5	4	3
53	72428	72509	72591	72673	72754	72835	72916	72997	73078	73159	8	7	6	5	4	3
54	73239	73320	73400	73480	73560	73640	73719	73799	73878	73957	8	7	6	5	4	3
55	74036	74115	74194	74273	74351	74429	74507	74586	74663	74741	8	7	6	5	4	3
56	74819	74896	74974	75051	75128	75205	75282	75358	75435	75511	8	7	6	5	4	3
57	75587	75664	75740	75815	75891	75967	76042	76118	76193	76268	8	7	6	5	4	3
58	76343	76418	76492	76567	76641	76716	76790	76864	76938	77012	7	6	5	4	3	2
59	77085	77159	77232	77305	77379	77452	77525	77597	77670	77743	7	6	5	4	3	2
60	77815	77887	77960	78032	78104	78176	78247	78319	78390	78462	7	6	5	4	3	2
61	78533	77604	78675	78746	78817	78888	78958	79029	79099	79169	7	6	5	4	3	2
62	79239	79309	79379	79449	79518	79588	79657	79727	79796	79865	7	6	5	4	3	2
63	79934	80003	80072	80140	80209	80277	80346	80414	80482	80550	7	6	5	4	3	2
64	80618	80686	80754	80821	80889	80956	81023	81090	81158	81224	7	6	5	4	3	2
65	81291	81358	81425	81491	81558	81624	81690	81757	81823	81889	7	6	5	4	3	2
66	81954	82020	82086	82151	82217	82282	82347	82413	82478	82543	7	6	5	4	3	2
67	82607	82672	82737	82802	82866	82930	82995	83059	83123	83187	6	5	4	3	2	1
68	83251	83315	83378	83442	83506	83569	83632	83696	83759	83822	6	5	4	3	2	1
69	83885	83948	84011	84073	84136	84198	84261	84323	84386	84448	6	5	4	3	2	1
70	84510	84572	84634	84696	84757	84819	84880	84942	85003	85065	6	5	4	3	2	1
71	85126	85187	85248	85309	85370	85431	85491	85552	85612	85673	6	5	4	3	2	1
72	85733	85794	85854	85914	86034	86094	86153	86213	86273	86333	6	5	4	3	2	1
73	86332	86392	86451	86510	86570	86629	86688	86747	86806	86864	6	5	4	3	2	1
74	86923	86982	87040	87099	87157	87216	87274	87332	87390	87448	6	5	4	3	2	1

75	87506	87564	87622	87679	87737	87795	87852	87910	97967	88024	6	12	17	23	29	35	41	46	52
76	88081	88138	88195	88252	88309	88366	88423	88480	88536	88593	6	11	17	23	29	34	40	46	51
77	88649	88705	88762	88818	88874	88930	88986	89042	89098	89154	6	11	17	22	28	34	39	45	50
78	89209	89265	89321	89376	89432	89487	89542	89597	89653	89708	6	11	17	22	28	33	39	44	50
79	89763	89818	89873	89927	89982	90037	90091	90146	90200	90255	6	11	17	22	28	33	39	44	50
80	90309	90363	90417	90472	90526	90580	90634	90687	90741	90795	5	11	16	22	27	32	38	43	49
81	90848	90902	90956	91009	91062	91116	91169	91222	91275	91328	5	11	16	21	27	32	37	42	48
82	91381	91434	91487	91540	91593	91645	91698	91751	91803	91855	5	11	16	21	27	32	37	42	48
83	91908	91960	92012	92064	92117	92169	92221	92273	92324	92376	5	10	16	21	26	31	36	42	47
84	92428	92480	92531	92583	92634	92686	92737	92788	92840	92891	5	10	15	20	26	31	36	41	46
85	92942	92993	93044	93095	93146	93197	93247	93298	93349	93399	5	10	15	20	26	31	36	41	46
86	93450	93500	93551	93601	93651	93702	93752	93802	93852	93902	5	10	15	20	25	30	35	40	45
87	93952	94002	94052	94101	94151	94201	94250	94300	94349	94399	5	10	15	20	25	30	35	40	45
88	94448	94498	94547	94596	94645	94694	94743	94792	94841	94890	5	10	15	20	25	29	34	39	44
89	94939	94988	95036	95085	95134	95182	95231	95279	95328	95376	5	10	15	19	24	29	34	39	44
90	95424	95472	95521	95569	95617	95665	95713	95761	95809	95856	5	10	14	19	24	29	34	38	43
91	95904	95952	95999	96047	96095	96142	96190	96237	96284	96332	5	9	14	19	24	28	33	38	42
92	96379	96426	96473	96520	96567	96614	96661	96708	96755	96802	5	9	14	19	24	28	33	38	42
93	96848	96895	96942	96988	97035	97081	97128	97174	97220	97267	5	9	14	18	23	28	32	38	42
94	97313	97359	97405	97451	97497	97543	97589	97635	97681	97727	5	9	14	18	23	28	32	37	42
95	97772	97818	97864	97909	97955	98000	98046	98091	98137	98182	5	9	14	18	23	27	32	36	41
96	98227	98272	98318	98363	98408	98453	98498	98543	98588	98632	5	9	14	18	23	27	32	36	41
97	98677	98722	98767	98811	98856	98900	98945	98989	99034	99078	4	9	13	18	22	27	31	36	40
98	99123	99167	99211	99255	99300	99344	99388	99432	99476	99520	4	9	13	18	22	26	31	35	40
99	99564	99607	99651	99695	99739	99782	99826	99870	99913	99957	4	9	13	17	22	26	31	35	39

## B. ANTILOQARIFMLƏR

№	Mittenasibhissələr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	10000	10023	10046	10069	10093	10116	10139	10162	10186	10209
01	10233	10257	10280	10304	10328	10351	10375	10399	10423	10447
02	10471	10495	10520	10544	10568	10593	10617	10641	10666	10691
03	10715	10740	10765	10789	10814	10839	10864	10889	10914	10940
04	10965	10990	11015	11041	11066	11092	11117	11143	11169	11194
05	11220	11246	11272	11298	11324	11350	11376	11402	11429	11455
06	11482	11508	11535	11561	11588	11614	11641	11668	11695	11722
07	11749	11776	11803	11830	11858	11885	11912	11940	11967	11995
08	12023	12050	12078	12106	12134	12162	12190	12218	12246	12274
09	12303	12331	12359	12388	12417	12445	12474	12503	12531	12560
10	12589	12618	12647	12677	12706	12735	12764	12794	12823	12853
11	12882	12912	12942	12972	13002	13032	13062	13092	13122	13152
12	13183	13213	13243	13274	13305	13335	13366	13397	13428	13459
13	13490	13521	13552	13583	13614	13646	13677	13709	13740	13772
14	13804	13836	13868	13900	13932	13964	13996	14028	14060	14093
15	14125	14158	14191	14223	14256	14289	14322	14355	14388	14421
16	14454	14488	14521	14555	14588	14622	14655	14689	14723	14757
17	14791	14825	14859	14894	14928	14962	14997	15031	15066	15101
18	15136	15171	15205	15241	15276	15311	15346	15382	15417	15453
19	15488	15524	15560	15596	15631	15668	15704	15740	15776	15812
20	15849	15885	15922	15959	15996	16032	16069	16106	16143	16181
21	16218	16255	16293	16331	16368	16406	16444	16482	16520	16558
22	16596	16634	16672	16711	16749	16788	16827	16866	16904	16943
23	16982	17022	17061	17100	17140	17179	17219	17258	17298	17338
24	17378	17418	17458	17498	17539	17579	17620	17660	17701	17742



25	17783	17824	17865	17906	17947	17989	18030	18072	18113	18155	4	8	12	17	21	25	29	33	37
26	18197	18239	18281	18323	18365	18408	18450	18493	18535	18578	4	8	13	17	21	25	30	34	38
27	18621	18664	18707	18750	18793	18836	18880	18923	18967	19011	4	9	13	17	22	26	30	35	39
28	19055	19099	19143	19187	19231	19275	19320	19364	19409	19454	4	9	13	18	22	26	31	35	40
29	19498	19543	19588	19634	19679	19724	19770	19815	19861	19907	5	9	14	18	23	27	32	36	41
30	19953	19999	20045	20091	20137	20184	20230	20277	20324	20370	5	9	14	19	23	28	32	37	42
31	20417	20464	20512	20559	20606	20654	20701	20749	20797	20845	5	10	14	19	24	29	33	38	43
32	20893	20941	20989	21038	21086	21135	21184	21232	21281	21330	5	10	15	19	24	29	34	39	44
33	21380	21429	21478	21528	21577	21627	21677	21727	21777	21827	5	10	15	20	25	30	35	40	45
34	21878	21928	21979	22029	22080	22131	22182	22233	22284	22336	5	10	15	20	25	31	36	41	46
35	22387	22439	22491	22542	22594	22646	22699	22751	22803	22856	5	10	16	21	26	31	37	42	47
36	22909	22961	23014	23067	23121	23174	23227	23281	23336	23388	5	11	16	21	27	32	37	43	48
37	23442	23496	23550	23605	23659	23714	23768	23823	23878	23933	5	11	16	22	27	33	38	44	49
38	23988	24044	24099	24155	24210	24266	24322	24378	24434	24491	6	11	17	22	28	34	39	45	50
39	24547	24604	24660	24717	24774	24831	24889	24946	25003	25061	6	11	17	23	29	34	40	46	51
40	25119	25177	25236	25293	25351	25410	25468	25527	25586	25645	6	12	18	23	29	35	41	47	53
41	25704	25763	25823	25882	25942	26002	26062	26122	26182	26242	6	12	18	24	30	36	42	48	51
42	26303	26363	26424	26485	26546	26607	26669	26730	26792	26853	6	12	18	21	31	37	43	49	55
43	26915	26977	27040	27102	27164	27227	27290	27353	27416	27479	6	13	19	25	31	38	44	50	56
44	27542	27606	27669	27733	27797	27861	27925	27990	28054	28119	6	13	19	20	32	39	45	51	58
45	28184	28249	28314	28379	28445	28510	28576	28642	28708	28774	7	13	20	26	33	39	46	52	59
46	28840	28907	28973	29040	29107	29174	29242	29309	29376	29444	7	13	20	27	34	40	47	54	60
47	29512	29580	29648	29717	29785	29854	29923	29992	30061	30130	7	14	21	28	34	41	48	55	62
48	30200	30269	30339	30409	30479	30549	30620	30690	30761	30832	7	14	21	28	35	42	49	56	63
49	30903	30974	31046	31117	31189	31261	31333	31405	31477	31550	7	14	22	29	36	43	50	58	65

## B. ANTILOQARIFMLƏR

№	Müttənaslıbhisəslər																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
50	31623	31696	31769	31842	31916	31989	32063	32137	32211	32285	7	15	22	29	37	44	52	59	66
51	32359	32434	32509	32584	32659	32735	32809	32885	32961	33037	8	15	23	30	38	45	53	60	68
52	33113	33189	33266	33343	33420	33497	33574	33651	33729	33806	8	15	23	31	39	46	54	62	69
53	33884	33963	34041	34119	34198	34277	34356	34435	34514	34594	8	16	24	32	40	47	55	63	71
54	34674	34754	34834	34914	34995	35075	35156	35237	35318	35400	8	16	24	32	40	48	56	65	73
55	35481	35563	35645	35727	35810	35892	35975	36058	36141	36224	8	16	25	33	41	50	58	66	74
56	36308	36392	36475	36559	36644	36728	36813	36898	36983	37068	8	17	25	34	42	51	59	68	76
57	37154	37239	37325	37411	37497	37584	37670	37757	37844	37931	9	17	26	35	43	52	61	69	78
58	38019	38107	38194	38282	38371	38459	38548	38637	38726	38815	9	18	27	35	44	53	62	71	80
59	38905	38994	39084	39174	39264	39355	39446	39537	39628	39719	9	18	27	36	45	54	63	72	82
60	39811	39902	39994	40087	40179	40272	40365	40458	40551	40644	9	19	28	37	46	55	65	74	83
61	40738	40832	40926	41020	41115	41210	41305	41400	41495	41591	9	19	28	38	47	57	66	76	85
62	41687	41783	41879	41976	42073	42170	42267	42364	42462	42560	10	19	29	39	49	58	68	78	87
63	42658	42756	42855	42954	43053	43152	43251	43351	43451	43551	10	20	30	40	50	60	70	80	89
64	43652	43752	43853	43954	44055	44157	44259	44361	44463	44566	10	20	30	41	51	61	71	81	91
65	44668	44771	44875	44978	45082	45186	45290	45394	45499	45604	10	21	31	42	52	62	73	83	94
66	45709	45814	45920	46026	46132	46238	46345	46452	46559	46666	11	21	32	43	53	64	75	85	96
67	46774	46881	46989	47098	47206	47315	47424	47534	47643	47753	11	22	33	44	54	65	76	87	98
68	47863	47973	48084	48195	48306	48417	48529	48641	48753	48865	11	22	33	45	56	67	78	89	100
69	48978	49091	49204	49317	49431	49545	49659	49774	49888	50003	11	23	34	46	57	68	80	91	103
70	50119	50234	50350	50466	50582	50699	50816	50933	51050	51168	12	23	35	47	58	70	82	93	105
71	51286	51404	51523	51642	51761	51880	52000	52119	52240	52360	12	24	36	48	60	72	84	96	108
72	52481	52602	52723	52845	52966	53088	53211	53333	53456	53580	12	24	37	49	61	73	85	98	110
73	53703	53827	53951	54075	54200	54325	54450	54576	54702	54828	13	25	38	50	63	75	88	100	113
74	54954	55081	55208	55336	55463	55590	55719	55847	55976	56105	13	26	38	51	64	77	90	102	115

75	56234	56364	56494	56624	56754	56855	57016	57148	57280	57412	13	26	39	52	66	79	92	105	118
76	57544	57677	57810	57943	58076	58210	58345	58479	58614	58749	13	27	40	54	67	80	94	107	121
77	58884	59020	59156	59293	59429	59566	59704	59841	59979	60117	14	27	41	55	69	82	96	110	123
78	60256	60395	60534	60674	60814	60954	61094	61235	61376	61518	14	28	42	56	70	84	98	112	126
79	61659	61802	61944	62087	62230	62373	62517	62661	62806	62951	14	29	43	58	72	86	101	115	130
80	63096	63241	63387	63533	63680	63826	63973	64121	64269	64417	15	29	44	59	74	88	103	118	132
81	64565	64714	64863	65013	65163	65313	65464	65615	65766	65917	15	30	45	60	75	90	105	120	135
82	66069	66222	66374	66527	66681	66834	66988	67143	67298	67453	15	31	46	62	77	92	108	123	139
83	67608	67764	67920	68077	68234	68391	68549	68707	68865	69024	16	32	47	63	79	95	110	126	142
84	69183	69343	69503	69663	69823	69984	70146	70307	70469	70632	16	32	48	64	81	97	113	129	145
85	70795	70958	71121	71285	71450	71614	71779	71945	72111	72277	17	33	50	66	83	99	116	132	149
86	72444	72611	72778	72946	73114	73282	73451	73621	73790	73961	17	34	51	68	85	101	118	135	152
87	74131	74302	74473	74645	74817	74989	75162	75336	75509	75683	17	35	52	69	87	104	121	138	156
88	75858	76033	76208	76384	76560	76736	76913	77090	77268	77446	18	35	53	71	89	107	125	142	159
89	77625	77804	77983	78163	78343	78524	78705	78886	79068	79250	18	36	54	72	91	109	127	145	163
90	79433	79616	79799	79983	80168	80353	80538	80724	80910	81096	19	37	56	74	93	111	130	148	167
91	81283	81470	81658	81846	82035	82224	82414	82604	82794	82985	19	38	57	76	95	113	132	151	170
92	83176	83368	83560	83753	83946	84140	84333	84528	84723	84918	19	39	58	78	97	116	136	155	175
93	85114	85310	85507	85704	85901	86099	86298	86497	86696	86896	20	40	60	79	99	119	139	158	178
94	87096	87297	87498	87700	87902	88105	88308	88512	88716	88920	20	41	61	81	102	122	142	162	183
95	89125	89331	89536	89743	89950	90157	90365	90573	90782	90991	21	42	62	83	104	125	146	166	187
96	91201	91411	91622	91833	92045	92257	92470	92683	92897	93111	21	42	64	85	106	127	149	170	191
97	93325	93541	93756	93972	94189	94406	94624	94842	95060	95280	22	43	65	87	109	130	152	174	195
98	95499	95719	95940	96161	96383	96605	96828	97051	97275	97499	22	44	67	89	111	133	155	178	200
99	97724	97949	98175	98401	98628	98855	99083	99312	99541	99770	23	46	68	91	114	137	160	182	205

## İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT

1. В.Н.Алексеев - Курс качественного химического полу-микроанализа. 1958.
2. В.Н.Алексеев – Качественный анализ. 1954.
3. И.П.Алимарин, В.Н.Архангельская – Качественный полу-микроанализ. 1949.
4. В.Бетгер – Основы качественного анализа. 1930.
5. Р.Блок, Р.Лестранж, Г.Цвейг – Хроматография на бумаге. 1954.
6. А.Т.Пилипенко, И.В.Пятницкий – Аналитическая химия. Изд. "Химия", М., 1990.
7. Я.И.Коренман – Практикум по аналитической химии. Воронеж, 2000.
8. Н.И.Блок – Качественный химический анализ. 1952.
9. С.Д.Бесков, О.А.Слизковская – Аналитическая химия. 1956.
10. А.М.Васильев – Сборник задач по аналитической химии. 1951.
11. А.А.Гринберг – Введение в химию комплексных соединений. 1945.
12. Н.П.Глинка – Задачи и упражнения по общей химии. 1949.
13. Н.Л.Глинка – Общая химия. 1955.
14. А.Ə.Verdizadə, N.A.Verdizadə – Vəsfı analiz praktiku-mu. B., 1972.
15. Т.Əfəndiyev – Vəsfı kimiyəvi analiz. 1957.
16. Л.Кертман – Качественный химический полумикро-анализ. 1949.
17. И.М.Коренман – Курс общей химии. 1952.
18. D.N.Qəmbərov, T.İ.Əmrahov – Analitik kimya. B., 1998.
19. А.П.Крешков, А.А.Ярославцев – Качественный анализ. 1954.
20. Н.П.Комар – Основы качественного химического ана-лиза. 1955.

21. Ю.Ю.Лурье – Справочник по аналитической химии. Изд. "Химия", М., 1965.
22. Ю.А.Золотов – Очерки аналитической химии. Изд. "Химия", М., 1977.
23. Э.Ю.Янсон, Я.К.Путнинь – Теоретические основы аналитической химии. М., "Высшая школа", 1980.
24. Материалы по истории отечественной химии. 1950.
25. Б.В.Некрасов – Курс общей химии. 1952.
26. Б.П.Надеинский – Введение в аналитическую химию. 1953.
27. Б.П.Надеинский – Теоретическое обоснование и расчеты в аналитической химии. 1856.
28. В.А.Назаренко, Н.С.Полуэктов – Полумикрохимический анализ минералов и руд. 1950.
29. В.И.Петрашен – Качественный химический анализ. 1948.
30. В.М.Пешкова, З.Ф.Шахова – Качественный анализ анионов. 1950.
31. А.Ə.Verdizadə, N.A.Verdizadə – Vəsfı kimyəvi analizın nəzəri əsasları. B., 1973.
32. К.А. Селезнев – Качественный анализ. 1951.
33. Н.В.Şahıaxtınski – Mıqdarı kimyəvi analiz. 1953.
34. Ф.П.Тредвелл – Курс аналитической химии, том I. 1946.
35. Н.А.Тананаев – Капельный метод. 1954.
36. С.А. Шапиро – Качественный анализ. 1553.
37. N.A.Verdizadə, Ə.Z.Zalov, K.Ə.Quliyev – Analitik kimya cədvəl və sxemlərdə. B., 2000.
38. N.A.Verdizadə, Ə.N.Qurbanov, H.İ.İbrahimov – Analitik kimyanın nəzəri əsasları. B., 1997.

## ADLAR GÖSTƏRİCİSİ

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Alimarin İ.P. 68            | Hüseynov İ.Q. 73,75       |
| Arrenius S. 105,107,112,115 | Hüseynzadə S.M. 79        |
| Aslanov Q.A. 72             | Xarlamov İ.P. 69          |
| Babko A.K. 67,68,70,424     | İbrahimov H.İ. 80         |
| Bankovski Y.İ. 70           | İovski A.A. 64            |
| Barkovski V.F. 68           | İlinski M.A. 65, 380, 424 |
| Basargin N.N. 70            | İskəndərov M.H. 80        |
| Bağbanlı İ.L. 73,75,424     | Jivopistsev V.P. 70       |
| Belikov V.Q. 70             | Kablukov İ.A. 104,112     |
| Berselius 73,146            | Kalinkin İ.P. 70          |
| Bertolle 97,98              | Kirxhoff Q. 64            |
| Blank A.B. 68               | Klaus K.K. 64             |
| Blok N.İ. 45                | Klobukov N. 63            |
| Blüm İ.A. 68                | Klyaçko Y.A. 45,72        |
| Brensted 150                | Knorre Q. 424             |
| Bulatov M.İ. 70             | Komar N.P. 68             |
| Bunzen R. 63                | Korenman İ.M. 70          |
| Busev A.İ. 71,424           | Korenman Y.İ. 71          |
| Butlerov A.M. 64            | Kossel V. 268,272         |
| Çernixov Y.A. 72            | Kreşkov A.P. 45           |
| Çuqaev L.A. 65,380,424      | Kulon 269                 |
| Debay P. 115                | Kurnakov N.S. 65,424      |
| Dımov A.M. 72               | Kuznetsov V.İ. 69,70      |
| Dolmanova İ.F. 69           | Qanapolski V.İ. 70        |
| Dyulon 147                  | Qey-Lüssak 63,146         |
| Evreinov P.İ. 64            | Qəmbərov D.H. 76          |
| Əhmədli M.Q. 75,424         | Qromova M.İ. 70           |
| Ələkbərov R.A. 75           | Qroznı İ. 60              |
| Əliyeva R.Ə. 77             | Quldberq K.M. 99          |
| Əlizadə T.D. 74,78          | Quliyev K.Ə. 80           |
| Əmrahov T.İ. 80             | Qurbanov Ə.N. 80          |
| Hemfri Devi 146             | Lavuazye 146              |
| Hükkel E. 115               | Ley Q. 424                |

Libix Y. 63  
 Loqinov N.Y. 45  
 Lomonosov M.V. 60  
 Lauri 150  
 Lovits T.E. 62  
 Lukaçina İ.V. 68  
 Lyuis Q.N. 118,119,121  
 Mehdiyev M.M. 80  
 Mendeleyev D.İ. 64,104  
 Menşutkin N.A. 43,65  
 Mixaylenko Y.İ. 97  
 Minin A.A. 70  
 Nadeinski B.P. 45  
 Nazarenko V.A. 68  
 Nemodruk A.A. 69  
 Ostvald 114  
 Peşkova V.M. 69,70  
 Petrov V.V. 63  
 Pilipenko A.T. 67,68,70  
 Pısarcevski L.V. 66  
 Podvalnaya L.P. 69  
 Pyatnitski İ.V. 67  
 Pyotr I 60  
 Rüstəmov N.X. 73,77  
 Savvin S.B. 69,424  
 Severgin V.M. 63,424  
 Sırokovski V.S. 72  
 Smit 149  
 Svet M.S. 11  
 Raul F. 118  
 Rendel M. 119,121  
 Robert Boyl 62  
 Şabanov Ə.L. 78  
 Şahtaxtinski H.B. 72,424  
 Şapiro S.A. 45  
 Şirəliyeva S.M. 80  
 Talipov Ş.T. 72  
 Tananayev N.A. 9,66,402  
 Tananayko M.M. 68  
 Tenar 146  
 Vaaqe P. 99  
 Varvinski İ.İ. 64  
 Verdizadə A.Ə. 45,74,179,424  
 Verdizadə N.A. 70,74,79  
 Verner A. 424  
 Yasimirski K.B. 69  
 Yolçiyev A.B. 80  
 Zalov Ə.Z. 80  
 Zolotov Y.A. 71,424

## FƏNN GÖSTƏRİCİSİ

- Addend 427
- Adsorbent 11
- Adsorbsiya 11
- Alizarin
  - flüor ionu üçün reaktiv 506
  - məhlulunun hazırlanması 577
- Alovun rənglənməsi 14
  - barium ilə 228
  - kalium ilə 473
  - natrium ilə 476
- Alüminium 321
  - analizi 559
  - ərintiləri 557
  - ionunun reaksiyaları 321
- Amil-asetat efiri 526
- Amfiprot həlledicilər 157
- Amfoterlik 264
  - elektrostatik nəzəriyyəsi 268
  - koordinasiya nəzəriyyəsi 273
  - rolu 275
- Ammonium
  - duzları 476
    - məhlullarının hazırlanması 574
  - ionunun reaksiyaları 477
    - kənar edilməsi 480
  - polisulfid 341
    - məhlulunun hazırlanması 579
  - sulfid 319,322,328,336,382,386,396,456,461
  - tetradanohidrarqat
    - kobalt üçün reaktiv 456
    - məhlulunun hazırlanması 577
  - sink üçün reaktiv 337
- Analitik kimya
  - inkışaf tarixi 60-80
  - mahiyyəti 4
  - reagent 6
  - reaksiya 6
  - siqnal 6,7
  - üsulları 4-12



## Analiz 6

- anionların, bax anionlar
- ardıcıl üsul 21
- damcı üsul 8,9
- element üsul 13
- fərdi üsul 21
- fiziki üsul 10
- funksional üsul 13
- xromotoqrafik üsul 11,12
- kationların, bax kationlar
- qram-üsul 7
- quru üsul 13
- lüminisent üsul 11
- makroüsul 7
- mikrokristaloskopik üsul 7,8
- mikroqram-üsul 7
- mikroüsul 7
- milliqram üsul 7
- nanoqram-üsul 7
- pikoqram-üsul 7
- pirokimyəvi üsul 13
  - alovun rənglənməsi 14
  - əritmə 13
  - rəngli muncuqların alınması 14
- santiqram-üsul 7
- spektral üsul 10,11
- submikro-üsul 7
- ultramikro-üsul 7
- vəsfı 4
- yarımmikrokimyəvi üsul 7
  - texnikası və cihazları 81-95
- yaş üsul 15
- Anilin-xloridin hazırlanması 577
- Anionlar 490
  - qarışığının analizi 528
  - I-III qrup 530
  - $PO_4^{4-}$ ,  $AsO_4^{3-}$  və  $AsO_3^{3-}$  530
  - $S^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  və  $SO_4^{2-}$  532
  - $Cl^-$ ,  $Br^-$  və  $J^-$  533
  - fərdi üsulla 537

- I qrup 545
- II qrup 546
- flüoridlərin 560
- silikatların 563
- sulfatların 559
- sulfidlərin 561
- və kationlar 548
  - maddə suda həll olduqda 548
  - maddə suda həll omladıqda 549
  - maddələrin turş əridicilərlə parçalanması 553
  - maddələrin qələvi əridicilərlə parçalanması 554
- təsnifatı 490
- I qrup 490,527
  - reaksiyaları 491
- II qrup 507,527
  - reaksiyaları 507,527
- III qrup 520
  - reaksiyaları 520,527
- Antiloqarifmlər 592
- Aproton həlledicilər 157
- Arsen 343
- Arsenat-ion, reaksiyaları 347
- Arsenit-ion, reaksiyaları 344
- Asetat turşusu 526
  - ionunun reaksiyaları 526
- Atom kütlələri 580
  - və onların loqarifmləri 583
  
- Baritli su 498
- Barium 223
  - ionunun reaksiyaları 223
- Benzidin
  - xrom üçün reaktiv 334
  - manqan üçün reaktiv 401
- Berlin abısı 388
- Bixromat ionunun reaksiyaları 333
- Bismut 408
  - ionunun reaksiyaları 408
- Borat turşusu 499
  - ionunun reaksiyaları 499

- Bromid turşusu 509
  - ionunun reaksiyaları 510
- Bromlu su, hazırlanması 577
- Bufer məhlullar 137
  - hazırlanması 141
  - qarıışıqlar 137
- Buxarlandırma 90
  
- Cihazlar 81
- Civə 170
  - ionunun reaksiyaları 171
  
- Çaxır turşusu 469
- Çini qablar 85
  - kasa 85
  - bütə 86
- Çökmə
  - hissə-hissə (fraksiyalı) 211
  - sonradan, bax sonradan çökmə
  - kollektor ilə 286
  - hidroksidlərin 205
  - zəif turşunun duzlarının 208
  - qüvvətli turşunun duzlarının 209
- Çöküntülər
  - başqa çöküntülərə çevrilməsi 217
  - əmələ gəlməsi 202
  - həllolması 213
  - yuyulması 94
- Çöküntünün yuyulması 94
  - həll edilməsi 95
  - qızardılması 95
- Çuqayev reaktivi, bax dimetilqliksim
  
- Daxili kompleks birləşmələr 434
- Damcı lövhəsi 85
  - kağız üzərində reaksiyalar, bax reaksiyalar
  - alüminiumun 323
  - barium 227
  - gümüş 168
  - kadmium 447

- kalium 473
- kobalt 459
- maqnezium 407
- manqan 402
- nikel 464
- stibium 415
- stronsium 230
- Debay və Hükkelin qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəsi 115
- Dendridlər 8
- Dəmir 384
  - ərintiləri, bax ərintilər dəmir ionunun reaksiyaları 386,390
- Dərəcəsi
  - disperslik 277
  - dissosiasiya 105,115,581
  - hidroliz, bax hidroliz dərəcəsi
- Difenilamin
  - məhlulun hazırlanması 577
  - nitrat ionu üçün reaktiv 522
- Difenilkarbazid
  - civə üçün reaktiv 453
  - məhlulunun hazırlanması 577
- Difeniltiokarbazon (və ya Ditizon)
  - qurğuşun üçün reaktiv 179
  - reaktivinin hazırlanması 577
  - sink üçün reaktiv 338
- Diffuz təbəqə 280
- Dimetilqlioksim 434
  - dəmir üçün reaktiv 392
  - məhlulunun hazırlanması 577
  - nikel üçün reaktiv 463
- Dipikrilamin
  - kalium üçün reaktiv 473
  - məhlulunun hazırlanması 577
- Dipol molekullar 111
  - məsafə 111
- Dispers sistem 277
  - faza 277
  - mühit 277
- Dispersion üsul, bax kolloid dispersion üsul

## Dissosiasiya

amfoter hidroksidlərin 265

dərəcəsi, bax dərəcəsi dissosiasiya

elektrolitik 103

ikiqat duzların 425

komplekslərin 426

sabiti, bax sabiti dissosiasiya

termodinamik, bax sabiti həqiqi və ya termodinamik

suyun, bax suyun dissosiasiyası

Ditiooksamid, bax rubean turşusu

Ditizon (və ya difeniltiokarbazon)

qurğuşun üçün reaktiv, bax difeniltiokarbazon

məhlulun hazırlanması 577

sink üçün reaktiv bax difeniltiokarbazon

Durulaşdırma həddi 20

Durulaşdırma qanunu, bax qanun Ostvaldın durulaşdırma

Duzlaayırma 282

Duzlar

daxili kompleks 434

əsasi 405,408,412

kompleks 423,426

Elektrik-dipol molekullar, bax dipol molekullar

Elektrolitlər 16

Emulsiya 278

Etil-asetat efiri 526

Əhəngli su

hazırlanması 574

karbonat ionunun təyini 498

Ərintilər

alüminium 556

analizi 559

dəmir 556

analizi 557

qalay 556

analizi 558

qurğuşun 556

analizi 558

maqnezium 556

analizi 559

mis 556  
analizi 557  
Əritmə 13  
Əsasların dissosiasiya dərəcəsi 581

Faza 189  
Fenolftalein 143  
Fenol qırmızı 144  
Fəallıq 118  
    əmsalı 118  
    göstəricisi 132  
    hasili, bax hasili fəallıqlar  
    hidrogen ionlarının 132  
    hidroksil ionlarının 132  
    ionların 118  
Flüorid turşusu 505  
    ionunun reaksiyaları 505  
Fosfat turşusu 502  
    ionunun reaksiyaları 502  
Fosformolibden turşusu  
    məhlulunun hazırlanması 579  
    stibium üçün reaktiv 415  
Fraksiyalı çökdürmə, bax çökdürmə  
Fuksin  
    bromid ionu üçün reaktiv 512  
    məhlulunun hazırlanması 579

Gel 282  
Gipsli su  
    hazırlanması 575  
    stronsium üçün reaktiv 229  
Gümüş 165  
    ionunun reaksiyaları 166

Hamam  
    hava 91  
    su 89  
Hasili  
    fəallıqlar 190  
Həllolma 189

- suyun ion 126
- Heksaxloro-platinat turşusu 473
- Heterogen sistemlər 189
- Həllədicilər
  - amfiprot (amfoter), bax amfiprot həllədicilər
  - aproton, bax aproton həllədicilər
  - protofil 157
  - protogen 158
- Həllolma
  - çöküntülərin 213
  - eyniadlı ionların təsiri 198
  - eyniadlı ionu olmayan duzların təsiri 200
  - hasil, bax hasil həllolma
- Hidrat nəzəriyyə, bax Mendeleyevin hidrat nəzəriyyəsi
- Hidratlar 24
- Hidrogen
  - normal elektrod, bax normal
  - göstəricisi (pH) 132
    - ionlarının fəallıq ( $p_aH$ ), bax fəallıq
    - təyini 142
    - duzların məhlullarının 258
    - hesablanması 258
  - peroksid 334,398,579
  - sulfid 38,319,336,342, 344,382,403,409,413,444,448,451
- Hidroksidlər, çökmə pH, bax çöküntülər
- Hidroksonium 112
- Hidroliz 243
  - dərəcəsi 251
  - əhəmiyyəti 262
  - sabit 251
- Xlorid turşusu 507
  - ionunun reaksiyaları 507
- Xlorlu su, bax su xlorlu
- Xrom 325
  - ionunun reaksiyaları 328
  - peroksid 326
- Xromat ionlarının reaksiyaları 333
- Xromatoqrama 12

## Xromatoqrafiya 11

İlinski reaktiv, bax reaktiv İlinski  
kobalt üçün 459

### İndikator

keçid sahə 143  
turşu əsas 142  
universal 145

### İon

atmosferi və ya buludu 117  
eyniadlı 109,198  
fəallığı, bax fəallıq ionların  
hidratı 112  
qüvvəsi 118  
rabitə 427  
solvatı 113

### İon hasili

çətin həll olan elektrolitlərin 198  
suyun, bax suyun ion hasili

### Kadmium 447

ionunun reaksiyaları 447

### Kalium 469

dihidrostibiat (natrium üçün reaktiv) 474  
ionunun reaksiyaları 469

### Kalsium 230

ionunun reaksiyaları 231

### Kapilyar pipet 83

### Karbon qazı, təyini 498

### Karbonat turşusu 497

ionunun reaksiyaları 497

### Kationlar

I qrup 39,42,43,96

qarışıqın analizi 180,482  
reaksiyaları 161-180

ümumi xarakistikası 160

II qrup 40,42,43,189

qarışıqın analizi 233,482  
reaksiyaları 221-233

ümumi xarakteristikası 219



- III qrup 40,42,43,243
  - qarışıqın analizi 352
  - reaksiyaları 318-352
  - ümumi xarakteristikası 317
- IV qrup 40,42,43,363
  - qarışıqın analizi 416
  - reaksiyaları 383-416
  - ümumi xarakteristikası 381
- V qrup 41,42,43,423
  - qarışıqın analizi 465
  - reaksiyaları 439-465
  - ümumi xarakteristikası 438
- VI qrup 42,467
  - qarışıqın analizi 480
  - reaksiyaları 469-480
  - ümumi xarakteristikası 467
- Təsnifatı
  - ammonyak-fosfat 43
  - hidrogen-sulfid 39
  - turşu-qələvi 41
- Koaqulyasiya 282
- Kobalt 454
  - ionunun reaksiyaları 455
  - nitrat
    - məhlulunun hazırlanması 575
    - sink üçün reaktiv 337
- Kolloid
  - dəyirman 279
  - hidrofil 281
  - hidrofob 281
  - niofil 281
  - liofob 281
  - sistemlər 277
- Kompleks birləşmələr
  - analizdə əhəmiyyəti 437
  - davamlılıığı 431
  - davamsızlıq sabiti 432
  - əmələ gətirici 426
  - quruluşu 428
  - ümumi məlumat 423

- Koordinasion doymamış birləşmə 431  
Koordinasiya ədədi 426  
rabitəsi 428  
Kosselin kimyəvi rabitənin elektrostatik nəzəriyyəsi,  
bax nəzəriyyəsi Kosselin  
Kristallar  
İzomorf 284  
qarışıq 284  
Kütlələrin təsiri qanunu, bax qanun kütlələrin təsiri
- Qalay 340  
ərintiləri, bax ərintilər, qalay  
ionunun reaksiyaları 340
- Qalvanik  
element 365  
sxemi 366
- Qanun  
ekvivalentlər 31  
Kulon 269  
kütlələrin təsiri 99,264  
Ostvaldın durulaşdırma 114
- Qaz  
kameronası 85  
lampası 85
- Qazlar 95,498
- Qoşaçökmə 284
- Qram-ekvivalent 30
- Qrup reaktivi (reagenti) 18  
anionların  
I qrupu 490  
II qrupu 507  
kationların  
I qrupu 160  
II qrupu 219  
III qrupu 317  
IV qrupu 381  
V qrupu 438
- Qurğuşun 174  
ərintiləri, bax ərintilər, qurğuşun  
ionunun reaksiyaları 175

Lakmus 143  
Liqand (bax addend)  
Loqarıfmlər 588

Makroanaliz 7  
Maqnezium 404  
    ərintiləri, bax ərintilər maqnezium  
    ionunun reaksiyaları 404  
Maqneziumlu qarışıq  
    arsenat ionu üçün reaktiv 349  
    fosfat ionu üçün reaktiv 503  
    hazırlanması 578  
Maqan 394  
    ionunun reaksiyaları 395  
Metaborat turşusu 499  
Metal və ərintilərin analizi 555  
    əlvan 556,558  
    qara 556,557  
    nadir 557  
    nəcib 557  
    yüngül 556,559  
Metallar  
    analizi 555,558  
    gərginlik sırası 376  
Metil bənövşəyi 144  
    qırmızı 144  
    narıncı 144  
    sink üçün reaktiv 338  
    stibium üçün reaktiv 415  
Məhlullar 22,278  
    doymamış 23  
    doymuş 23  
    ifrat doymuş 23  
    ion qüvvəsi, bax ion qüvvəsi  
    kolloid 278  
        alınmasının kondensləşdirmə üsulu 279  
    dispersləşdirmə üsulu 279  
    qatılığı 23  
        faizlə 23  
        həcm payı 28

- kütlə 24
- mol 28
- molyar 28
- normal 30
- titrli 36
- Mendeleyevin hidrat nəzəriyyəsi 104,112
- Mikroanaliz 7
- Mikrokristalloskopik təyin
  - arsenat ionu 352
  - bariumun 227
  - bismutun 410
  - kaliumun 473
  - natriumun 476
  - nitrat-ionu 522
  - stronsiumun 230
- Milliqram analiz 7
- Millimikron 278
- Minimum tapıntı 19
- Mis 442
  - ərintiləri, bax ərintilər mis ionunun reaksiyaları 443
- Mitsella 280
- Molekullar, kosselə görə quruluşu, bax nəzəriyyəsi Kosselin
- Molekulların kütlələri və onların loqarifmləri 588
- Molibden mayesi
  - arsen üçün reaktiv 350
  - fosfat ionu üçün reaktiv 503
  - göyü 415
  - hazırlanması 578
- Morin
  - alüminium üçün reaktiv 324
  - məhlulun hazırlanması 578
- Natrium 474
  - alizarin sulfoturşu 323
  - reksanitro-kobaltiat
    - kalium ionu üçün reaktiv 472
    - məhlulun hazırlanması 578
  - hidrotartrat 469
  - ionunun reaksiyaları 474

- nitroprussid 494
  - məhlulunun hazırlanması 578
  - sulfid ionu üçün reaktiv 517
  - sülfid ionu üçün reaktiv 494
  - məhlulunun hazırlanması 578
- $\alpha$ -naftilamin
  - nitrit-ion üçün reaktiv 525
  - rodizonat 230,492
- Nernst tənliyi 372
- Nessler reaktivini
  - ammonium üçün reaktiv, bax reaktiv Nessler hazırlanması, bax reaktiv Nessler
- Nəzəriyyəsi
  - Debay və Hükkelin qüvvətli elektrolitlər 115
  - Kosselin kimyəvi rəbitənin elektrostatik 268
  - Lyuiss 156
  - proton 149
  - solvasistem 147
  - turşuların hidrogen 147
  - turşuların oksigen 146
- Nikel 460
  - ionunun reaksiyaları 461
- Nitrat turşusu 520
  - ionunun reaksiyaları 520
- Nitrit turşusu 522
  - ionunun reaksiyaları 523
- Nitron 522
- $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftol (İlinski reaktivini) bax reaktiv İlinski
- Nişasta, məhlulun hazırlanması 578
- Normal
  - hidrogen elektrodu 369
  - oksidləşmə potensialı 371
- Okklyuziya 284
- Oksalat turşusu 504
  - ionunun reaksiyaları 504
- Oksidləşdiricilər 292
- Oksidləşmə 286
  - potensialı 363
  - normal 369,372

- reduksiya cütü 367
- reaksiyaların istiqaməti 374
- Oksixinolin
  - məhlulunun hazırlanması 579
  - maqnezium üçün reaktiv 407
- Ostvaldın qanunu, bax qanun, Ostavaldın durulaşdırma
- Para-nitrobenzol-azorezorsin
  - məhlulun hazırlanması 578
  - maqnezium üçün reaktiv 407
- Peptidləşmə 283
- Pexromat turşusu 332
- Permanqanat ionu, reaksiyaları 403
- Pərdələnmə 438
- Pərdələyici maddələr 438
- pH, bax hidrogen göstəricisi
- Pipet üçün ştativ, bax ştativ pipet üçün
- Polyar molekullar 111
- Potensialı
  - oksidləşmə - reduksiya 371
  - oksidləşmə, bax oksidləşmə potensialı
  - normal, bax oksidləşmə potensialı normal
  - red-oks 371
- Proses
  - hidratlaşma 24
  - solvatlaşma 24
- Protofil həlledicilər bax həlledicilər protofil
- Protolitik həlledicilər, bax həlledicilər protolitik
- Proton nəzəriyyə, bax nəzəriyyə proton
- Rabitə
  - donor-akseptor, bax koordinasiya rabitəsi
- Reagentlər
  - hazırlanma qaydası 574
  - qrup, bax qrup reaktiv
- Reaksiya tənlikləri
  - ion 17
  - oksidləşmə-reduksiya 298
- Reaksiyalar
  - alovun rənglənməsi, bax alovun rənglənməsi
  - analitik 13

aparılma şəraiti 19  
aparılma üsulları 13  
ayrılma 17  
dönər 97  
dönərliyi 96  
həssaslığı 19  
xarici əlamət 16  
istişaməti 96  
kağız üzərində damcı-8  
qrup 18  
quru üsul 13  
    aluminiumun təyini 325  
    xromun təyini 334  
    kobaltın təyini 460  
mikrokristaloskopik, bax mikrokristaloskopik reaksiyalar  
oksidləşmə-reduksiya 298  
    qatılığın və mühitin təsiri 373,374  
    istişaməti 374  
seçici 18  
spesifik və ya məxsusi 18  
yaş üsul 15  
Reaksiyası  
    Qutsayt 351,416  
    Petraşen 406  
    Tananayev 407  
Reaktiv  
    Çuqayev 463  
    İlinski ( $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftol) 459  
        hazırlanması 579  
        kobalt üçün reaktiv 459  
    Nessler  
        ammonium üçün reaktiv 478  
        hazırlanması 579  
    şüşəsi 81  
        farfor 85  
Red-oks potensiallar 371  
Reduksiya 286  
Reduksiyaedicilər 288  
Rezorsin 505  
Rinman yaşılı 338

Rodanid turşusu 518  
ionunun reaksiyaları 518  
Rubean turşusu (ditioksamid)  
kobalt üçün reaktiv 460  
nikel üçün reaktiv 464

Saat şüşəsi 85  
Sabiti  
davamsızlıq 432  
dissosiasiya 103,113,115,582 .  
həqiqi və ya termodinamik 125  
hidroliz 252  
parçalanma, bax davamsızlıq  
tarazlıq 100

Sedimentasiya 281  
Sentrifuqa 88  
Sentrifuqalama 92  
Silikat turşusu 500  
ionunun reaksiyaları 501  
Sink 335  
ionunun reaksiyaları 335  
Sink-uranil-asetat  
məhlulun hazırlanması 579  
natrium üçün reaktiv 468,475

Sintez 6  
Sınaq şüşəsi üçün ştativ, bax ştativ sınaq şüşəsi üçün  
Solvatlar 24  
Sonradan çökmə 285  
Spektral üsul 10  
Stabilizator 281  
Standart elektrod 369  
Stibium 411  
ionunun reaksiyaları 413  
Stronsium 228  
ionunun reaksiyaları 228  
Su hamamı, bax hamam, su  
bromlu 329  
hazırlanması 577  
əhəngli, bax əhəngli su  
gipsli, bax gipsli su



xlorlu 329,510,514  
Submikroanaliz 7  
Subultramikroanaliz 7  
Sulfanil turşusu 525  
Sulfat turşusu 491  
    ionunun reaksiyaları 491  
Sulfid turşusu 515  
    ionunun reaksiyaları 516  
Sulfit turşusu  
    ionunun reaksiyaları  
Suspendiya 278  
Suyun  
    dissosiasiyası 126  
    ion hasilı 126  
Süzmə 93  
Şpatel 86  
Ştativ  
    sınaq şüşəsi üçün 83  
    pipet üçün 84  
Şüşə çubuq 85

Tarazlıq  
    dinamik 100  
    kimyəvi 100  
    sabiti, bax sabiti tarazlıq  
Tartrat turşusu, bax çaxır turşusu  
Tenar göyü 325  
Tetraborat ionun reaksiyaları 499  
Tənliyi Nemst, bax Nemst tənliyi  
    ion, bax reaksiya tənlikləri ion  
    oksidləşmə reduksiya, bax reaksiya tənlikləri,  
    oksidləşmə-reduksiya  
Timol göyü 144  
Timolftalein 144  
Tioduzlar 341,342,345,348  
Tionalid  
    qurğuşun üçün reaktiv 180  
Tiosulfat turşusu 495  
    ionunun reaksiyaları 495  
Tumbul abısı 391

## Turşular

dissosiasiya dərəcəsi 581

hidrogen nəzəriyyəsi, bax nəzəriyyəsi, turşuların hidrogen məhlulların hazırlanması 573

oksigen nəzəriyyəsi, bax nəzəriyyəsi, turşuların oksigen proton nəzəriyyəsi, bax nəzəriyyəsi, proton solvasistem nəzəriyyəsi, bax nəzəriyyəsi, solvasistem

## Ultramikroanaliz 7

Universal indikator, bax indikator universal

Vernerin koordinasiya nəzəriyyəsi 426

## Yarımmikroanaliz 7

Yenidənçökmə 285

Yodid turşusu 512

ionunun reaksiyaları 513

Yodlu su, hazırlanması 578

Yuyucu cihaz 87

Zərhəl 456,462

## MÜNDƏRİCAT

MÜQƏDDİMƏ .....	3
I FƏSİL. GİRİŞ.....	4
1.1. Analitik kimyanın mahiyyəti və vəsfi kimyəvi analizin üsulları .....	4
1.2. Analitik reaksiyalar və onların aparılması üsulları .....	13
1.3. Reaksiyanın həssaslığı və aparılma şəraiti.....	19
1.4. Fərdi və ardıcıl analiz üsulları .....	21
1.5. Məhlullar .....	22
Suallar və çalışmaları.....	37
1.6. Vəsfi yarım-mikrokimyəvi analizdə kationların təsnifatları ilə elementlərin dövrü sisteminin əlaqəsi.....	39
1.7. Analitik kimya laboratoriyasında işləmək qaydaları.....	53
1.8. Tələbələrin analitik laboratoriyada vəzifələri .....	55
1.9. Turşular və qələvilərlə işləmək qaydası .....	56
1.10. Zərərli və zəhərli maddələrlə işləmək qaydası.....	56
1.11. Yanıcı və oddan qorxulu maddələrlə işləmək qaydası ..	57
1.12. Bədbəxt hadisə zamanı ilk yardım .....	57
1.13. Yanğının söndürülməsi .....	58
1.14. Laboratoriya jurnalı .....	59
1.15. Analitik kimyanın qısa inkişaf tarixindən.....	60
II FƏSİL. VƏSFI YARIMMİKROKİMYƏVİ ANALİZİN TEXNİKASI VƏ ƏSAS ƏMƏLİYYATLARI.....	81
2.1. Vəsfi yarım-mikrokimyəvi analizin texnikası və cihazları..	81
2.2 Yarım-mikrokimyəvi analizin ən əsas əməliyyatlarının aparıma texnikası .....	89
III FƏSİL. BİRİNCİ QRUP KATIONLARI .....	96
3.1. Kütlələrin təsiri qanunu vəsfi analizin əsası kimi .....	96
3.1.1. Reaksiyaların dönrəliyi. Reaksiyanın istiqaməti .....	99
3.1.2. Kütlələrin təsiri qanununun dönrə reaksiyalara tətbiqi.	
3.1.3. Elektrolitik dissosiasiya nəzəriyyəsi və onun vəsfi analizdə əhəmiyyəti. Zəif elektrolitlərin dissosiasiya sabiti .....	103
3.1.4. Qüvvətli elektrolitlər nəzəriyyəsi .....	114
3.1.5. Fəallıq. Fəallıq əmsalı. Məhlulun ion qüvvəsi.....	118
3.1.6. Real məhlullara tətbiq edilən tənlik.....	124
3.1.7. Suyun ion hasilı.....	126

3.1.8. Hidrogen və hidroksil ionlarının fəallıq göstəricisi .....	132
3.1.9. Bufer məhlullar .....	137
3.1.10. Vəsfı analizdə mühitin pH-nın təyini .....	142
3.1.11. Turşular və əsasların təbiəti haqqında anlayış və müasir təsəvvürlər .....	146
3.1.12. Turşuların qüvvəsinə differensial təsirinə görə susuz həlledicilərin təsnifatı .....	157
3.2. Birinci qrup kationlarının reaksiyaları və analizin gedişi ..	160
3.2.1. Birinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	160
3.2.2. Qrup reaktivinin təsiri .....	161
3.2.3. Gümüş .....	165
3.2.4. Cıvə .....	170
3.2.5. Qurğuşun .....	174
3.2.6. I qrup kationları qarışığı analizinin ardıcıl gedişi .....	180
3.3. Birinci kollokviuma aid sual və çalışmaları .....	182
<b>IV FƏSİL. İKİNCİ QRUP KATIONLARI</b> .....	189
4.1. Kütlələrin təsiri qanunu və heterogen proseslər .....	189
4.1.1. Həllolma hasilı .....	189
4.1.2. Maddənin həll olmasına əsasən həllolma hasilinin hesablanması .....	192
4.1.3. Maddənin həllolma hasilinə əsasən həllolmasının hesablanması .....	194
4.1.4. Az həll olan elektrolitin həll olmasına eyni adlı ionların təsiri. Duz effekti .....	198
4.1.5. Çöküntülərin əmələ gəlməsi. Tam çökməyə müxtəlif amillərin təsiri .....	202
4.1.6. Hissə-hissə (fraksiyalı) çökdürmə .....	211
4.1.7. Çöküntülərin həllolması .....	213
4.1.8. Çətin həll olan birləşmələrin başqa çətin həll olan birləşmələrə çevrilməsi .....	217
4.2. İkinci qrup kationlarının reaksiyaları və analizin gedişi ...	219
4.2.1. İkinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	219
4.2.2. Qrup reaktivinin təsiri .....	221
4.2.3. Barium .....	223
4.2.4. Stronsium .....	228

4.2.5. Kalsium .....	230
4.2.6. İkinci qrup kationları qarışığının analizi.....	233
4.2.7. Birinci və ikinci qrup kationlar qarışığının analizinin ardıcıl gedişi .....	235
4.3. İkinci kollokviuma aid sual və çalışmaları .....	238
<b>V FƏSİL. ÜÇÜNCÜ QRUP KATIONLARI .....</b>	<b>243</b>
✓ 5.1. Kütlələrin təsiri qanunu və hidroliz prosesi.....	243
5.1.1. Duzların hidrolizi .....	243
5.1.2. Hidroliz dərəcəsi və hidroliz sabiti .....	251
5.1.3. Hidrolizə uğrayan duzların məhlullarının [H] və pH-ın hesablanması.....	258
5.1.4. Vəfsi analizdə hidrolizin əhəmiyyəti .....	262
✓ 5.2. Kütlələrin təsiri qanunu və amfoterlik.....	264
5.2.1. Amfoter hidroksidlərin dissosiasiyasının elektrostatik nəzəriyyəsi.....	268
5.2.2. Amfoterliyin koordinasiya nəzəriyyəsi.....	273
5.2.3. Vəfsi analiz praktikasında amfoterliyin rolu.....	275
5.3. Kolloid sistemlər .....	277
5.4. Qoşaçökmə .....	283
5.5. Oksidləşmə-reduksiya prosesləri .....	286
5.5.1. Mühüm reduksiyaedicilər .....	288
5.5.2. Mühüm oksidləşdiricilər .....	292
5.5.3. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları tənliklərinin düzəldilməsi.....	298
5.5.4. Çalışmalar .....	315
5.6. Üçüncü qrup kationlarının reaksiyaları və analizinin gedişi .....	317
5.6.1. Üçüncü analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	317
5.6.2. Qrup reaktivinin təsiri.....	318
5.6.3. Alüminium .....	321
5.6.4. Xrom .....	325
5.6.5. Sink .....	335
5.6.6. Qalay.....	340
5.6.7. Arsen .....	343
5.6.8. Üçüncü qrup kationları qarışığının analizi .....	352
5.7. Üçüncü kollokviuma aid sual və çalışmaları.....	354

VI FƏSİL. DÖRDÜNCÜ QRUP KATİONLARI .....	363
6.1. Oksidləşmə potensialı .....	363
6.2. Oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarının istiqaməti.....	374
6.3. Üzvi reaktivlərin vəsfi analizdə tətbiqi .....	380
6.4. Dördüncü qrup kationlarının reaksiyaları və analizin gedişi .....	381
6.4.1. Dördüncü analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	381
6.4.2. Qrup reaktivinin təsiri.....	383
6.4.3. Dəmir .....	384
6.4.4. Manqan .....	394
6.4.5. Maqnezium .....	404
6.4.6. Bismut .....	408
6.4.7. Stibium .....	411
6.4.8. IV qrup kationları qarışığı analizinin ardıcıl gedişi .....	416
6.5. Dördüncü kollokviuma aid sual və çalışmalar .....	419
VII FƏSİL. BEŞİNCİ QRUP KATİONLARI .....	423
7.1. Kütlələrin təsiri qanunu və kompleks birləşmələr .....	423
7.1.1. Kompleks birləşmələr haqqında ümumi məlumat .....	423
7.1.2. İkiqat və kompleks duzlar.....	424
7.1.3. Komplekslərin davamlılığı .....	431
7.1.4. Daxili kompleks birləşmələr.....	434
7.1.5. Kompleksmələgəlmənin kimyəvi analizdə əhəmiyyəti. ....	437
7.2. Beşinci qrup kationlarının reaksiyaları və analizin gedişi .....	438
7.2.1. Beşinci analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	438
7.2.2. Qrup reaktivinin təsiri.....	439
7.2.3. Mis.....	442
7.2.4. Kadmium.....	447
7.2.5. İkivalentli civə.....	449
7.2.6. Kobalt.....	454
7.2.7. Nikel.....	460
7.2.8. Beşinci qrup kationları qarışığının analizi .....	465
VIII FƏSİL. ALTINCI QRUP KATİONLARI.....	467
8.1. Altıncı qrup kationlarının reaksiyaları və analizin gedişi .....	467

8.1.1. Altıncı analitik qrup kationlarının ümumi xarakteristikası .....	467
8.1.2. Kalium.....	469
8.1.3. Natrium .....	474
8.1.4. Ammonium duzları və $\text{NH}_4^+$ ionu .....	476
8.1.5. Altıncı qrup kationları qarışığının analizi .....	480
8.1.6. Üçüncü, dördüncü və beşinci qrup kationlar qarışığı analizinin ardıcıl gedişi .....	481
8.1.7. I-VI qrup kationlarının analizinin ardıcıl gedişi .....	482
8.1.8. Beşinci kollokviuma aid sual və çalışmalar .....	486
<b>IX FƏSİL. ANİONLAR.....</b>	<b>490</b>
9.1. Birinci qrup anionları .....	490
9.2. İkinci qrup anionları.....	507
9.3. Üçüncü qrup anionları .....	520
9.4. Birinci, ikinci və üçüncü qrup anionları qarışığının analizi planı .....	528
9.5. Birinci, ikinci və üçüncü qrup anionları qarışığının analiz gedişi .....	530
9.5.1. Fosfat, arsenat və arsenit ionları qarışığı analizinin gedişi .....	530
9.5.2. Sulfid, tiosulfat, sulfid və sulfat ionları qarışığı analizinin gedişi.....	532
9.5.3. Xlorid, bromid və yodid ionları qarışığı analizinin gedişi .....	533
9.5.4. İlkin yoxlamalar.....	536
9.5.5. Anionların fərdi üsulla təyini .....	537
9.5.6. Birinci qrup anionları qarışığının makrokimyəvi analizi.....	545
9.5.7. İkinci qrup anionları qarışığının makrokimyəvi analizi.....	546
9.6. Kation və anion qarışığının analizinin gedişi .....	548
9.6.1. Analiz edilən maddə suda həll olduqda analizinin gedişi.....	548
9.6.2. Analiz edilən maddə suda həll olmadıqda analizinin gedişi .....	549
9.6.3. Bərk maddələrin turş əridicilərlə parçalanması.....	553
9.6.4. Bərk maddələrin qələvi əridicilərlə parçalanması .....	554

9.6.5. Metal və ərintilərin analizi (hidrogen-sulfid üsulu ilə) ..	555
9.6.6. Əlvan metalların və onların ərintilərinin analizi.....	558
9.6.7. Sulfatların analizi .....	559
9.6.8. Flüoridlərin analizi .....	560
9.6.9. Sulfidlərin analizi .....	561
9.6.10. Silikatların analizi (hidrogen-sulfid üsulu ilə) .....	563
9.6.11. Altıncı kollokviuma aid suallar və çalışmaları.....	565
<b>ƏLAVƏLƏR.....</b>	<b>573</b>
Cədvəl 20. Bəzi turşular və onların məhlullarının hazırlanma qaydası .....	573
Cədvəl 21. Bəzi reaktivlər və onların məhlullarının hazırlanma qaydası .....	574
Cədvəl 22. Bəzi elementlərin atom kütlələri.....	580
Cədvəl 23. Bəzi turşu və əsasların dissosiasiya dərəcəsi .....	581
Cədvəl 24. Bəzi zəif elektrolitlərin dissosiasiya sabiti .....	582
Cədvəl 25. Atomların, atom qruplarının, molekulların kütlələri və onların loqarifmləri .....	583
Cədvəl 26. Onluq loqarifmanın beş rəqəli mantissası .....	588
<b>İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT.....</b>	<b>596</b>
Adlar göstəricisi.....	598
Fənn göstəriciləri.....	600

Yığılmağa verilmiş 20.11.2002

Çapa imzalanmış 01.02.2003

Formatı 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> Şərti çap vərəqi 39

Sifariş № 015, Sayı 1000

Qiyməti müqavilə ilə



**POLYGRAPHIC  
PRODUCTION**

Tel/Fax: 47 75 04, Tel.: 47 75 05

mətbəəsində çap olunmuşdur.