

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
SUMQAYIT DÖVLƏT UNİVERSİTETİNİN NƏZDİNDƏ  
SUMQAYIT DÖVLƏT TEXNİKİ KOLLECI**

**«Analitik kimya-1»**

fənnindən mühazirələr

Orta ixtisas təhsili müəssisələrində  
fənnin tədrisi üçün nəzərdə tutulub

**Tərtib edən:** Kərimova Sevda Gülağa qızı

**SUMQAYIT-2020**

## Mühazirə-1

### **Analitik kimyanın inkişaf tarixi, predmeti. Vəsfı analizın üsul və vəzifələri. Kationların təsnifatı.**

Elmin tarixinə marağ o zaman artır ki, onun inkişafı durğunlaşır, və ya inkişafı evolyusiya ilə, yəni yavaş gedir. İnkişaf sürətli olduqda isə, yəni bir kəşf digərini qabaqlayanda, ya da yeni metodları bir birinin ardınca yoxlamaq və ya reallaşdırmaq lazım gələndə isə, tarixə fikir verilmir. Belə fikirlərdə bəlkə də məntiq var, ancaq elmin tarixini hər bir halda öyrənmək lazımdır. Elmin tarixini bilmək onu öyrənəni metodoloji silahlandırır. Bu bilik elmə həvəsi artırır, ona daha yaxın edir. Bir sıra alimlər belə güman edirlər ki, elmin tarixinin öyrənilməsi sonrakı inkişafın aləti rolunu oynayır. Məsələn, rus alimi V.İ. Vernadski yazırdı ki, elmin tarixi yeni nailiyyət üçün vasitədir. Analitik kimyanın kimya elminin əsası olduğu fikrini bir çox tarixçilər irəli sürür. Yeni elementlər nüvə reaksiyalarının köməyi ilə alınana qədər onların kəşfi elə analitik kimyanın məsələlərindən idi, ancaq bu halda da analitik kimyanın metodologiyası olmadan keçinmək mümkün deyil. Analitik kimya uzun tarixi yol keçmişdir. Bu yolu aşağıdakılara ayırd etmək olar: qədim dövr, əlkimya dövrü (IV—XVI əsr), yatrokimya dövrü (XVI—XVII əsr), flagiston dövrü (XVII—XVIII əsr), elmi kimya dövrü (XIX—XX əsr), müasir dövr.

**Qədim dövr.** Qədim dövrdəki analiz tarixi məlum deyil. İlk analitik cihaz olan tərəzi lap qədimdən bəllidir. Bu dövrdə ərintiləri, filizləri, qiymətli metalları analiz edirdilər. Roma tarixçisi Pliniy qızılın analizi metodikasını təsvir etmişdir, ondan əvvəl isə imperator Vavilon qızılı dəyərləndirmişdir. Pliniy palıd qozaları ekstraktını reaktiv kimi istifadəsi haqqında məlumat vermişdir. Ekstraktla hopdurulmuş papirusun köməyi ilə misi dəmirdən ayırırdılar (dəmir-sulfat məhlulunda papirus qaralırdı). Qədimdə xüsusi çəkiyə görə qatılığı təyin edə bilirdilər. Xüsusi çəki anlayışı hələ Arximedın dövründən məlumdur.

**Əlkimya dövrü.** Əlkimyaçılar dövründə iri həcmli eksperimental işlər yerinə yetirilib ki, bu da kimyəvi çevrilmələr texnikasının inkişafını təmin edərək maddələrin xassələri haqqında geniş konkret informasiyaların yığılmasına səbəb olmuşdur. Maddələrin ayırd edilməsinin çoxlu üsulları tapılmışdır. Qızıl və gümüşün “əyarlanmış ərintiyə” əsaslanan təyini üsulları işlənmişdir. Əyar daş üsulu sonra da inkişaf etdi, onun mahiyyəti o idi ki, qızıl məmulatlarının üzərində cızıqlar qoyulur. Cızığın rəngi və qalınlığı qızılın miqdarından asılıdır.

**Yatrokimya dövrü.** Yatrokimya dövründə maddələrin, onları məhlula keçirməklə, təyini mümkün olan yeni üsullar meydana gəldi. Məsələn, gümüşün xlorid ionu ilə reaksiyaları kəşf edildi. "Analitik kimyanın tarixi" kitabının müəllifləri F.Sabadvari və A.Robinsonun yazdıqlarına görə bu dövrdə sonralar vəsfi analizin klassik sxeminin işlənilib hazırlanmasında istifadə olunan çoxlu kimyəvi reaksiyalar kəşf edilmişdir. Monax Vasiliy Valentin "çöküntü", "çökmə" kimi ifadələri elmə gətirmişdir.

Analitik kimya tarixində elmə "kimyəvi analiz" terminini gətirən ingilis alimi R.Boyl (XVII əsr) mühüm yer tutur. "Kimyəvi analiz" terminini ilk dəfə Boyl F.Klodiya yazdığı (1654-cü il) məktubunda işlətməmişdir. Boyl sisteməlik olaraq bitkilərin (lakmus, bənövşə) ekstraktından və heyvan hüceyrələrindən məhlulların turşuluğu və əsaslığını müəyyən etmək üçün istifadə edirdi.

**Flagiston dövrü.** XVIII əsrdə qazların öyrənilməsi sahəsində xeyli iş görülmüşdür. Qaz analizinin yaradıcıları Q.Kavendiş (suyun mürəkkəb maddə olduğunu göstərmişdir), C.Pristli, K.Şeele, C.Blek olmuşdur. Oksigenin, hidrogenin kəşfi onların adı ilə bağlıdır. İsveç alimi K.Şeele turşəng turşusunu alaraq kalsium üçün reaktiv kimi təklif etmişdir. XVIII yüzilliyin görkəmli analitiklərindən olan A.Marqraf kimyəvi analizdə mikroskopdan istifadə etməyə başlamış və yeni üsullar, o cümlədən gümüş ionunun xlorid ionu ilə təyini vermişdir. XVIII əsrin dahi analitiklərindən biri də İsveç alimi T.Berqmandır. O, ilk dəfə vəsfi və miqdari analizlərin fərqi göstərdi və ona qədər olan analizdə lehimləyici borunun tətbiqinə dair materialları ümumiləşdirdi. O zamanlar lehimləyici boru analitik tədqiqat üçün mühüm alət idi, onun köməyilə bir çox mineralların vəsfi tərkibi müəyyənlanmış, bir sıra elementlər kəşf edilmişdir. Berqmanın karbon və fosforun dəmirə təsirinin müəyyən edilməsində böyük əməyi olmuşdur.

**Elmi kimya dövrü.** XVIII əsrin sonu, XIX əsrin əvvəli A.L.Lavuazyenin flagiston nəzəriyyəsinə son qoyan kəşfləri (yanmanın oksigen nəzəriyyəsi, maddə kütləsinin saxlanması qanunu, element və birləşmələr arasındakı fərq) ilə xarakterizə olunur. Bu dövrdə analitik kimyanın fundamental bazası olan stexiometrik qanunlar meydana gəlmişdir. Belə tədqiqatların başlanğıcında alman alimi İ.V.Rixter durur. Tələbəlik illərində müəllimi olan filosof E.Kantın dediyi "təbiət elmlərində həqiqi elmlilik onda olan riyaziyyat qədərdir" sözləri ona böyük təsir göstərmişdir. Rixter dissertasiyasını kimyada riyaziyyatın istifadəsinə həsr etmişdir. Rixter "stexiometriya" terminini işlətməmiş, atom kütlələrini təyin etməyə

başlamışdır. J.Prustun irəli sürülmüş kimyəvi birləşmələrin müəyyən sabit tərkibə malik olması ideyası (sonralar C.Dalton tərəfindən inkişaf etdirilmişdir) fransız kimyaçısı K.Bertole tərəfindən etirazla qarşılanmışdır. O, iki elementdən ibarət maddənin kimyəvi tərkibi istənilən sərhəddə və nisbətdə dəyişilə bilər nəzəriyyəsini çap etdirmişdir. Kimya tarixçilərinin yazdığına görə, əgər bu nəzəriyyə düzgün olsaydı, bu həmin dövrün miqdarı analizin nəzəri bazasını məhv edərdi. Sadə nisbətlər qanunu (C.Dalton), atom kütlələrinin şkalası – bunlar həqiqətən də miqdarı analizin əsasını təşkil etdi. Məşhur İsveç kimyaçısı Y.Berselius Rixterin yolunu davam etdirərək oksidlərin analizinin əsasında o zaman məlum olan elementlərin simvollarını, kimyəvi formullarını vermiş, stexiometriyanın qanunları əsasında analitik hesablamalar aparmışdır. Berselius təyinatın səhvlərini dəyərləndirmiş, dəqiq çəki metodlarını işləyib hazırlamışdır. Platin metallarının təyini metodikası da ona məxsusdur. İsveç alimi yeni vəsfi analiz sxemini yaratmağa çalışırdı. XIX əsrin birinci yarısında fransız kimyaçısı J.B.Düma (1831) azotun təyini metodunu təklif etmişdir, amma hal-hazırda İ.Keldalın (1883) metodu daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çox sonralar Avstriya alimi F.Preql mikroanaliz üsulunu işləyib hazırlamış və buna görə Nobel mükafatına layiq görülmüşdür (1923).

XIX əsrin məşhur kitablarından Q.Rozenin “Analitik kimyaya dair təlimatlar” (1829) və K.Frezeniusun “Vəsfi kimyəvi analizə dair təlimatlar”-nı (1841) qeyd etmək olar. XIX əsrin sonunda Rusiyada N.A.Menşutkinin “Analitik kimya” dərsliyi geniş yayılmışdır. Bu kitab 16 dəfə nəşr olunmuşdur. Analitik reaktivlər (turşəng turşusu, palıd qozaları və bənövşə ekstraksiyaları) ənənəvi olaraq üzvi və qeyri-üzvi olmaqla iki yerə ayrılmışdır. XIX əsrin ikinci yarısında analiz üçün istifadə olunan üzvi birləşmələrin sayı artır. Nitrit ionunu təyin etmək üçün Qriss reaktivini (naftilamin ilə sulfanil turşu qarışığı nitrit ionu ilə qırmızı rəng verir) (1879) təklif olunur. M.A.İlinski (1885) kobalt üçün 1-nitrozo-2-naftolu vəsfi reaktiv kimi istifadə etmişdir. Nikeli təyin etmək üçün dimetilqlioksim tətbiq edən L.A.Çuqayevin işləri böyük əhəmiyyət kəsb etdi. Əgər tərəzini analitik cihaz hesab etmək olarsa, onda analiz üçün istifadə vasitələrinin çoxdan məlum olduğunu hesab etmək olar. Elektroqrametriyanın istifadəsinin ilk cəhdlərini keçən əsrin əvvəllərinə aid edirlər. Bu metodla 1964-cü ildən miqdarı (mis, nikel, gümüş) təyinatlar aparırdılar. Atom-emission spektral analiz işləyib hazırlanması mühüm hadisələrdən idi (Almaniya, XIX əsrin əsr analitik kimyanın inkişafında yeniliklərlə

zəngindir. Xromatoqrafiyanın kəşfi (rus biokimyəçisi M.S.Svet, 1903) əhəmiyyətli hadisə idi və müxtəlif xromatoqrafik üsulların yaranması prosesi indiyə qədər davam edir. Paylanma xromatoqrafiyası sahəsindəki işlərinə görə A.Martin və R.Sindc, elektroforez və adsorbsiya analizinə dair işlərinə görə A.Tizelius Nobel mükafatına layiq görüldülər. "Komplekson" adlanan poliaminpolikarbon turşularının (titrant kimi) istifadəsinə əsaslanan üsul – kompleksometrik titrləmənin inkişafı titrimetrik metodlarına mühüm əlavə oldu. Demək olar ki, bütün metodlar bir turşunun - etilendiamintetrasirkə turşusunun istifadəsinə əsaslanırdı. Bu istiqamətin inkişafında İsveçrə kimyaçısı Q.Şvarsenbax, eləcə də çex alimi R.Prşibilin (30-60-cı illər) böyük xidmətləri olmuşdur. Fiziki və kimyəvi analizin çoxlu yeni üsulları meydana gəlir: kütləspektrometrik, rentgen, nüvə-fiziki, elektrokimyəvi metodların yeni üsulları, fotometrik metodlar (xüsusilə də üzvi reaktivlərdən istifadə etməklə). Atom-adsorbsiya metodunun işlənilib hazırlanması və geniş yayılması (A.Uolş, K.Alkemade, B.Lvov, 50-ci illər) xüsusilə qeyd olunmalıdır. Analitik kimyanın Rusiyada inkişafı haqqında yuxarıda qeyd olunmuşdur. Bunlara Peterburq elmlər akademiyasının üzvlərinin – M.V.Lomonosov, T.E.Lovis, V.M.Severgin, Q.İ.Hess, F.F.Beylşteyn kimyəvi analizlə məşğul olmalarını əlavə etmək olar. Analitik kimya Sovet dövründə dövlət əhəmiyyətli bir çox elmi-texniki problemlərin (atom enerjisinin tətbiqi, yarımkəçiricilər və s.) həllinə müvəffəqiyyətlə kömək edirdi. Bu dövr üçün böyük elmi nailiyyətlər də məlumdur. N.A.Tananayev vəsvi analizin damcı metodunu işləyib hazırlamışdır. Kompleksəmələgəlmənin və onun fotometrik analizdə tətbiqinin öyrənilməsində, üzvi analitik reaktivlərin öyrənilməsi və alınmasında, analizin elektrokimyəvi metodlarının inkişafında sovet alimlərinin (İ.P.Alimarin, A.K.Babko, N.P.Komar və b.) böyük xidməti olmuşdur. Bütün dünyada qəbul olunan nailiyyət olan atom-adsorbsion metodun elektrotermik variantını B.Lvov təklif etmişdir. Xromatoqrafiya, ekstraksiya və digər ayrılma metodlarının inkişafı üçün xeyli iş görülmüşdür. Metalların, geoloji obyektlərin analizi sahəsində, yüksək təmiz maddələrin alınması, analizin avtomatlaşdırılması sahələrində də ciddi nailiyyətlər əldə olunmuşdur. Analitik kimyanın bu günü xeyli analiz metodları arsenalının, xüsusilə də, fiziki və bioloji istiqamətində genişlənməsi, analizin avtomatlaşdırılması və riyaziləşməsi, lokal, dağıdıcı olmayan, distansion, fasiləsiz analiz yolları və vasitələrinin yaradılması, analiz nümunələrində komponentlərin mövcud olma formaları haqqında məsələlərin həllinə yanaşma, analizin dəqiqliyi, ekspressliyi (tez yerinə

yetirilməsi), həssaslığının yüksəldilməsi üçün yeni imkanların meydana gəlməsi, analiz olunan obyektlər dairəsinin genişləndirilməsi kimi dəyişikliklərlə xarakterizə olunur. Analitik kimya sadəcə bir elm sahəsi deyil, bu elm cəmiyyətin həyatında böyük praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Analitik kimya kimyəvi analiz üçün şərait yaradır və onun həyata keçirilməsini təmin edir. Kimyəvi analiz olmadan xalq təsərrüfatının aparıcı sahələri, təbiəti mühafizə sistemləri və sağlam sakinlər, müdafiə kompleksi fəaliyyət göstərə bilməz, elmin bir çox sahələri inkişaf edə bilməz.

Analitik kimya – maddələrin kimyəvi tərkibinin təyini və qismən kimyəvi quruluşu haqqında elmdir. Analitik kimyanın metodları – maddə nədən ibarətdir, onun tərkibinə hansı komponentlər daxildir, suallarına cavab verməyə imkan verir. Bu metodlar çox vaxt verilmiş komponentin maddədə hansı formada iştirak etdiyini müəyyən etməyə imkan verir, məsələn elementin oksidləşmə dərəcəsini müəyyən edir.

Kimyəvi analiz dedikdə, bir obyektin kimyəvi tərkibi haqqında məlumat verən təsirlərin cəmini başa düşürük. Analiz metodu dedikdə, təyin olunan komponentlərdən və analiz olunan obyektədən asılı olmayaraq, kifayət qədər universal və nəzəri əsaslandırılmış tərkibin təyini üsulu nəzərdə tutulur.

Maddə və materialların kimyəvi analizinin (kimyəvi tərkibinin təyini) məqsədi – kimyəvi elementlər və onların birləşmələrinin aşkar edilməsi, identifikasiyası, ayrılması və təyini, eləcə də maddələrin kimyəvi tərkibini müəyyənləşdirməkdir. Komponentlərin identifikasiyası, maddə və ya maddələr qarışığının keyfiyyət – vəsfi tərkibinin təyini vəsfi analizin predmetidir. Kationlar və anionlar müxtəlif təsnifatlara görə analitik qruplara ayırılaraq edilir. Kationların ən geniş yayılmış təsnifatı hidrogen-sulfid və turşu-qələvi analiz metodudur. Hər iki təsnifat ionların hidrogen və duzlarının həllolmasına əsaslanır. Hər kation qrupunun uyğun qrup reaktivləri var. Qrup reaktivləri kimi elə reaktiv seçilir ki, onun bu qrupa daxil olan ionların hamısı ilə eyni şəraitdə reaksiyaya girərək, bu kationları kifayət qədər dəqiq ayırmaq və təyin etmək xassələri olsun.

**Hidrogen-sulfid təsnifatı** – klassik üsuldur. Bu üsul sulfid, hidrogen-sulfid, karbonat və xloridlərin həll olmalarının müxtəlifliyinə əsaslanır. Qrup reaktivləri olaraq xlorid turşusu, hidrogen-sulfid, ammonium-sulfid, ammonium-karbonat götürülür. Hidrogen-sulfid

üsulunda kationlar beş analitik qrupa bölünür. Bəzi kationların hidrogen-sulfid üsulu ilə təsnifatı aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Kationların analitik qrupu

**(hidrogen-sulfid metodu)**

Qruplar	Kationlar	Qrup reaktivi
I	$\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , ( $\text{Mg}^{2+}$ )	-
II	$\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (ammonyak məhlulunda)
III	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Zn}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ (ammonyak məhlulunda)
IV	$\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , As (III), As(V)	$\text{H}_2\text{S}$ (0,3 N HCl məhlulunda)
V	$\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$	HCl

**Turşu-qələvi təsnifatı** – kationların xlorid və sulfatlarının suda həll olmalarının, hidrosidlərinin suda, qələvinin artığında və ammonyakın suda məhlulunda həll olmalarının müxtəlifliyinə əsaslanır. Bu təsnifatda qrup reaktivi olaraq xlorid və sulfat turşuları, qələvi və ammonyakın suda məhlulundan istifadə edilir. Kationlar altı analitik qrupa bölünür. Onların turşu-qələvi təsnifatı ixtisarla aşağıdakı cədvəldə göstərilir.

**Kationların analitik qrupu**

**(turşu-qələvi metodu)**

Qruplar	Kationlar	Qrup reaktivi	Qısa xarakteristika
I	$\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$	-	-
II	$\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$	HCl	Xloridləri suda və duru turşularda həll olmur
III	$\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Sulfatları suda və duru turşularda həll olmur

IV	Al <sup>3+</sup> ,Cr <sup>3+</sup> , Zn <sup>2+</sup> ,As(III), As(V)	NaOH (artığı)	Hidroksidləri qələvinin artığında həll olur
V	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> ,Mn <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ,Bi <sup>3+</sup>	NaOH	Hidroksidləri qələvinin artığında və ammonyakda həll olmur



## Mühazirə-2

### **Analitik reaksiyanın həssaslığı və spesifikliyi. Fərdi ardıcıl analiz üsulları**

Analitik kimyada istifadə olunan reaksiyaların mühüm göstəricilərindən biri də həssaslıqdır. Reaksiya nə qədər həssas olarsa, analiz edilən maddənin bir o qədər az miqdarını asanlıqla təyin etmək olar. Reaksiyanın həssaslığı bir-biri ilə 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 ( $1\gamma=0,000001\text{q}=0,001\text{mq}$ ) Əgər təyin ediləcək maddənin qatılığı bu həddən azdırsa, analitik formanın qatılığı o qədər az olacaqdır ki, analitik siqnal qeyd oluna bilməyəcək. Reaksiyanın həssaslığını təyin edərkən analiz edilən məhlulun qatılığını təyin etmək lazımdır. Bununla əlaqədar olaraq reaksiyanın həssaslığı həm də durulaşma həddi ilə əlaqədardır. Durulaşma həddik – maddənin məhlulda təyin edilən kütləsinin həlledicinin kütləsinə və ya həcminə olan nisbətində deyilir. Əgər təyin ediləcək ionun qatılığı durulaşma həddindən az olarsa, onu təyin etmək mümkün olmur. Fiziki metodlar vasitəsilə bərk nümunələrdə elementlər  $10^{-15}$  q minimum tapıntı ilə təyin edilə bilər. Kimyəvi metodlarda üzvi birləşmələri tətbiq etməklə minimum tapıntını aşağı salmaq mümkün olur (xüsusilə, üzvi birləşmə təyin edilən ionla qarışıq - liqand komplekslər əmələ gətirdikdə).

Analitik kimyanın əsas xüsusiyyəti odur ki, o nümunənin ümumi yox, xüsusi, spesifik, xarakterik xassələrini öyrənir ki, bu da bir çox analitik metodların seçiciliyini təmin edir. Fizika, riyaziyyat, biologiya və texnikanın müxtəlif sahələrindəki nailiyyətlər ilə sıx bağlılıq, əsasən də analiz üsullarında analitik kimyanı elmlərin kəsişdiyi fənn kimi formalaşdırır.

Analitik kimyada ayırma və təyinetmə üsulları ilə yanaşı eyni zamanda onları özündə birləşdirən hibrid metodlar da var. Bu metodları kimyəvi analiz metodlarına (qravimetriya və titrimetriya), fizikikimyəvi analiz (elektrokimyəvi, fotometriya), fiziki analiz (spektral, nüvə-fiziki və s.) və bioloji analiz metodlarına ayırd edirlər. Bəzən metodları kimyəvi

reaksiyalara əsaslanan kimyəvi, fiziki hadisələrə əsaslanan fiziki və ətraf mühitdəki dəyişikliklərə orqanizmin reaksiyasından istifadə edilən bioloji olmaqla üç yerə ayırd edirlər.

Bütün təyin metodları maddə tərkibinin maddənin ölçülə biləcək bu və ya digər xassəsindən asılılığına əsaslanır. Ona görə də analitik kimyanın mühüm istiqamətlərindən biri bu və ya digər asılılıqları tapıb analitik məsələlərin həlli üçün onlardan istifadə etməkdir. Bu halda tərkib və xassə arasında əlaqəni tapmaq, xassəni qeydetmə üsulunu işləmək (analitik siqnal), digər komponentlərin siqnallarını kənarlaşdırmaq, mane olan müxtəlif amillərin təsirini aradan qaldırmaq (məsələn, temperaturun fluktuasiyası) lazımdır. Analitik siqnalın qiyməti komponentin qatılığı və ya miqdarını xarakterizə edən vahidlə ölçülür. Ölçülən xassələr, məsələn kütlə, həcm və şüaudma ola bilər.

Kimyəvi və fiziki-kimyəvi metodların nəzəriyyəsi analizdə geniş istifadə olunan bir neçə reaksiyalar (turşu-əsas, oksidləşmə-reduksiya, kompleksmələgəlmə) və vacib proseslər (çökmə, həllolma, ekstraksiya) əsasında formalaşır.

Bu məsələlərə diqqət uyğun metodların praktiki əhəmiyyəti və analitik kimyanın inkişaf tarixi ilə bağlıdır. Qeyd olunmalıdır ki, kimyəvi üsulların tətbiqi get-gedə azalır, fiziki-kimyəvi və fiziki üsulların tətbiqi genişlənir, sonuncu metodların nəzəriyyələrinin təkmilləşdirilməsi və analitik kimyanın ümumi nəzəriyyəsində ayrı-ayrı üsulların nəzəri aspektlərinə inteqrasiya etməsi getdikcə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çöküntünün əmələ gəlməsi zamanı, onun çökməsindən əlavə, rəngi, forması (kristal və ya amorf) da analitik siqnal ola bilər. Analitik reaksiyaları IJUPAK tövsiyələrinə əsasən, spesifik (xüsusi) və seçici (selektiv) metodlar, reaksiyalar və reagentlərə ayırırlar. Spesifik metod, reaksiya və reagentlər verilmiş şəraitdə yalnız bir maddəni; seçici metod, reaksiya və reagentlər isə az miqdar maddəni təyin etməyə imkan verir. Analitik reaksiyaların mühüm xarakteristikası onun seçiciliyidir. Seçiciliyə müəyyən üsullardan istifadə etməklə, reaksiyası şəraitinə uyğunlaşdırılma və düzgün seçim etməklə nail olmaq olar. Reaksiyanın getmə şəraiti faktorlarına pH, temperatur, kənar və təyin olunan ionların qatılığı, həlledicinin təbiəti (su, üzvi və ya üzvisulu mühit) aiddir. pH-ı, qatılığı dəyişməklə, maskalanma ilə, elementin oksidləşmə dərəcəsini və temperaturu dəyişməklə reaksiyalar və ya reagentləri daha seçici və ya daha spesifik etmək olar. Seçiciliyinə görə reaktivləri 3 qrupa aid edirlər:

1. Spesifik reaktivlər – məsələn, nişasta yodun, NaOH və ya KOH  $\text{NH}_4^+$ -ün təyininə spesifik reaktivlərdir.
2. Selektiv reaktiv – məsələn, ammoniyak mühitində dimetilqlioksim Fe(II), Co(II), Ni(II), Zr(IV) və Th(IV) ilə reaksiyalarında selektiv reaktivdir.
3. Qrup reaktivlər – məsələn, HCl Ag(I), Hg(I), Tl(I), Pb(II)-ni xloridlər şəklində çökdürür və onlar üçün qrup reaktividir.

Xüsusi və ya spesifik reaktivlərlə bir maddə (ion) təyin edilir. Selektiv reaktivlər az miqdar maddə və ya ionla reaksiyaya girərək onları təyin edir, qrup reaktivlər isə müəyyən qrup ionları çökdürməklə başqa maddələrdən tamamilə ayırır. İonlarla az həll olan birləşmə əmələ gətirən qrup və selektiv reaktivlərin vəsfi kimyada böyük əhəmiyyəti vardır. Onlardan kationların analitik qruplara bölünməsində istifadə olunur. Verilən qrup reaktivlər vasitəsilə çökdürülən ionlar analitik qrupu əmələ gətirir. Real obyektlər həmişə çoxkomponentli, bir çox hallarda isə çoxfazalıdır. Hər bir ionu təyin etmək üçün

1. məxsusi reaksiya şəraiti yaradılmalı,
2. kənar ionların maneəsi aradan qaldırılmalı,
3. analitik siqnal qeyd olunmalıdır.

Bunun iki həlli yolu var: *sistemli* və *fərdi* analiz.

**Sistemli analiz** – qrup reaktivinin köməyi ilə müəyyən qrup maddələri çökdürüb, başqa maddələrdən ayırmaqla həmin maddələri analiz etməyə əsaslanır. Sistemli analiz ən optimal analiz qaydasıdır. Hər bir qrup maddələr qrup reaktivini vasitəsi ilə yoxlanılır, onların analiz olunan materialda olub-olmaması analizin aparılma vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır.

Xüsusi və spesifik reaktivlərin köməyi ilə sistemli analizdən fərqli olan fərdi (kəsirli) analiz qaydası adlanan analiz aparılır. Bu zaman analiz olunan obyekt ayrı-ayrı qruplara bölünmür, bu və ya digər ion ümumi məhlulda təyin edilir. Bu metodun öz sadəliyi və üstünlüyündən başqa, müəyyən şəraitdə mənfi cəhətləri də var, təyin olunan materialda çoxlu sayda maddələr olduqda spesifik reaktivlər artıq öz xüsusiyyətini itirir. Buna görə də çox elementli materialın analizində qrup reaktivlərindən istifadə etməklə ionlar müəyyən qrup halında ayrılır və onlar bu qrup daxilində analiz edilir. Kənar təsir göstərən ionlar pərdələmə üsulları ilə ayrılır, daha selektiv və spesifik reaktivlər tətbiq edilir.

**Fərdi analiz** imkanları üzvi reaktivlər tətbiqindən sonra genişlənib. Bu reaktivin bir hissəsi təyin reaksiyalarının seçiciliyini artırmaq üçün sintez edilmişdir. Üzvi reaktivlərin geniş imkanları onların çoxluğu, müxtəlifliyi, yəni uyğun reaktivin tapılma imkanının çox olması, eyni zamanda onların müxtəlif xassəli - davamlı, həll olan uçucu, rəngli, oksidləşmə-reduksiya xassələrinə və digər xüsusiyyətlərə malik kompleks əmələgətirmələri ilə bağlıdır.

Fərdi analiz qrup reaktivi ilə ayrılmış ionların təyini üçün tətbiq edilir.

*Beləliklə, vəsfi kimyəvi analiz - əməliyyatları ardıcılıqla yerinə yetirməklə ionların əvvəlcə analitik qrupda, sonra ayrılıqda sistemli və ya fərdi metodlarla təyini*

*dir.* Həm sistemli, həm də fərdi analiz metodlarını yerinə yetirərkən analitik ionların qatılığını məhlulda idarə etmək tarazlıqda olan reaksiyalarda tarazlığın yerdəyişməsi ilə mümkün olur. Analitik kimyada homogen və heterogen tarazlıq proseslərindən istifadə olunur. Homogen tarazlığa dissosiasiya, oksidləşmə-reduksiya, hidroliz, neytrallaşma, kompleksəmələgəlmə reaksiyaları aiddir. Bu tarazlıqların hesablanması kütlələrin təsiri qanununa, oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarında oksidləşmə-reduksiya potensialına əsaslanır. Heterogen tarazlığa həll olma və çökmə, iki maye faza arasında ekstraksiyalı paylanma, və xromatoqrafik proseslər aiddir. Heterogen tarazlığın vəziyyətinin hesablanması fazalar arasındakı paylanma sabiti və həllolma hasilinə əsaslanır. Analitik kimyada istifadə olunan reaksiyaların mühüm göstəricilərindən biri də həssaslıqdır. Reaksiya nə qədər həssas olarsa, analiz edilən maddənin bir o qədər az miqdarını asanlıqla təyin etmək olar. Reaksiyanın həssaslığı bir-biri ilə 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 ( $1\gamma=0,000001q=0,001mq$ )

### **Mühazirə-3**

#### **Kationların qruplaşması. I və II analitik qrup kationlarının səciyyəvi reaksiyaları**

I qrup kationlarına  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  ionları daxildir. Digər qrup kationlarından fərqli olaraq, natrium, kalium və ammonium duzları

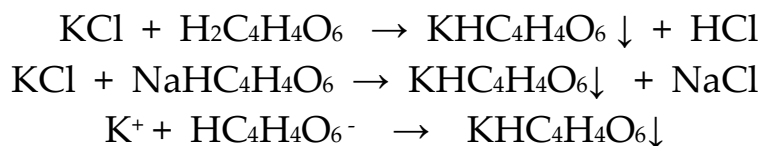
suda yaxşı həll olur.  $K^+$ ,  $Na^+$  və  $NH_4^+$  kationları rəngsizdir. NaOH və KOH qüvvətli,  $NH_4OH$  isə zəif əsasdır.  $NH_4OH$  otaq temperaturunda ammoniyak və suya parçalanır. Zəif turşuların Na və K duzları, ammoniumun isə bütün duzları hidrolizə uğrayır.

I qrup kationlarının qrup reaktiv, yəni, bu qrupun bütün kationlarını eyni vaxtda çökdürən reaktiv, yoxdur. Ammonium duzları qızdırıldıqda asanlıqla parçalanır. Bu xüsusiyyətdən istifadə edərək ammonium duzlarını I qrupun digər kationlarının duzlarından kənar edirlər.

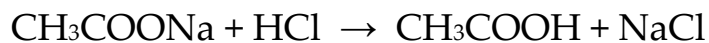
### **$K^+$ kationunun təyini reaksiyaları**

*CrAlovun rənglənməsi.* Kaliumun uçucu duzları rəngsiz qaz alovunu bənövşəyi rəngə boyayır.

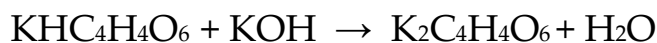
$H_2C_4H_4O_6$  –çaxır turşusu və ya  $NaHC_4H_4O_6$  –natrium-tartrat məhlulda kifayət qədər olduqda, kalium-hidrotartrat, ağ kristallik çöküntü şəklində ayrılır:



Çöküntü mineral turşularda həll olur. Ona görə də reaktiv kimi çaxır turşusu istifadə edildikdə, reaksiya natrium-asetatın  $CH_3COONa$  iştirakı ilə aparılır.

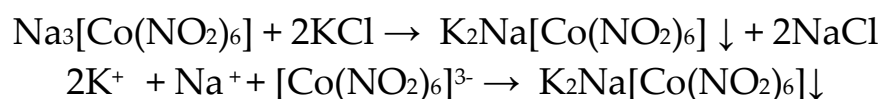


Qələvilərin duru məhlullarında suda həllolan normal duzlar əmələ gəlir:



Deməli, reaksiyanı neytral və ya zəif turş mühitdə aparmaq lazımdır. Temperaturun artması ilə  $KHC_4H_4O_6$  –in həllolması artır. Buna görə də, reaksiya soyuq mühitdə aparılmalıdır. Bu çöküntü ifrat doymuş məhlul əmələ gətirir. Kristalların əmələ gəlməsini sürətləndirmək üçün mexaniki təsir (sürtmək, çalxalamaq) tələb olunur. Reaksiyanın həssaslığı azdır.  $NH_4^+$  ionu bu təyin reaksiyasına mane olur, belə ki, reaktiv bu ionla ağ kristallik çöküntü əmələ gətirir.

*Natrium -heksanitrokobaltat(III)* – $Na_3[Co(NO_2)_6]$  neytral və ya zəif turş mühitdə sarı rəngli kristallik kalium – natriumheksanitrokobaltatı (III) çökdürür:

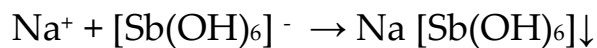
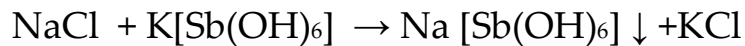


Ammonium duzları ilə də müvafiq çöküntü alınır, bu səbəbdən reaksiyanı bu duzları kənar etməklə aparmaq lazımdır. Bu  $K^+$  ionu üçün ən xarakterik reaksiya olmaqla çox həssasdır.

### **Na<sup>+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

*Alovun rənglənməsi.*  $Na^+$  duzları rəngsiz qaz alovunu sarı rəngə boyayır. Reaksiya çox həssasdır. İşin gedişi  $K^+$  ionları üçün olduğu kimidir.

*Kalium-heksahidroksostibiat (V) -  $K[Sb(OH)_6]$*  natrium duzları ilə neytral və ya zəif əsası mühitdə ağ kristallik çöküntü əmələ gətirir:

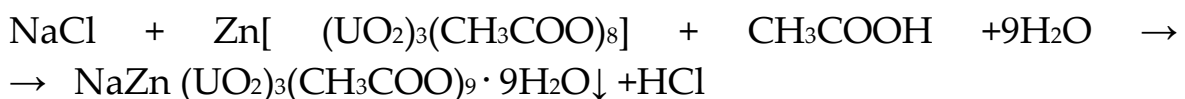


Reaksiyanı turş mühitdə aparmaq olmaz. Belə ki, reaktiv hidroliz edərək, amorf çöküntü – metastibiat turşusuna çevrilir. Təyinat qüvvətli qələvi mühitində də mümkün deyil. Çünki, bu halda çöküntü həll olur. Natrium – heksahidroksostibiyanın (V) suda az da olsa həll olmasını nəzərə alaraq,  $Na^+$  ionunun təyini qatı məhlullarda (0.5N-dan az olmayaraq) aparmaq lazımdır.  $Na[Sb(OH)_6]$  –in həllolması temperaturun artması ilə artır. Bu səbəbdən reaksiyanı soyuqda aparırlar.  $Na^+$  məhluluna reaktiv əlavə etdikdən sonra sınaq şüşəsinin divarlarını şüşə çubuqla sürtmək lazımdır.

*Mikrokristalloskopik reaksiya.* Uranil asetat  $UO_2(CH_3COO)_2$  Na duzu məhlulunda sarı kristallik çöküntü verir:

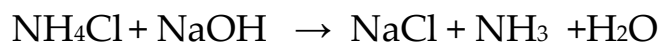


Reaktiv kimi sink-uranilasetatdan  $Zn[(UO_2)_3(CH_3COO)_8]$  da istifadə etmək olar.

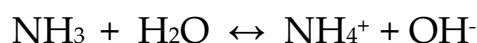


### **$NH_4^+$ kationunun təyini reaksiyaları**

Ammonium duzu məhluluna qələvi ( $NaOH$  və ya  $KOH$ ) əlavə etdikdə ammoniyak ayrılır:



Ayrılan ammoniyakı qırmızı və ya bənövşəyi lakmus kağızı (nəm) vasitəsilə təyin etmək olar:



Əmələ gələn  $OH^-$  ionu lakmusu göy rəngə boyayır.  $NH_4^+$  duzlarının qatılığı kifayət qədər olduqda ayrılan ammoniyakı iyinə əsasən də təyin etmək olar.

Nessler reaktivi ( $K_2 [HgJ_4]$ ) və  $KOH$  qarışığı).  $NH_4^+$  duzları ilə qırmızı – qonur çöküntü verir:

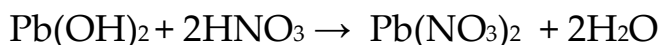
$K^+$  və  $Na^+$  ionları təyinatına mane olmur. Reaksiya çox həssasdır və  $NH_4^+$  ionu üçün səciyyəvidir. Əmələ gələn çöküntünün rənginin intensivliyi  $NH_4^+$  ionlarının qatılığından asılıdır.

## II analitik qrup kationları

II analitik qrup kationlarına  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$ ,  $Ag^+$  ionları daxildir. Bu kationların duzlarının hamısı, demək olar ki, suda pis həll olur. Onların yalnız nitratları və bəzi asetatları (gümüş-asetat və qurğuşun 2-asetat) yaxşı həll olur.  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$ ,  $Ag^+$  kationları rəngsizdir.  $Ag^+$  və  $Hg^+(I)$  hidroksoidləri davamsız birləşmələrdir, alınan kimi uyğun oksid və suya parçalanır. Qurğuşun 2-hidroksid  $Pb(OH)_2$  çətin həll olan zəif elektrolitdir və amfoter xassəlidir.

*Dissosiasiya etdikdə  $H^+$  və  $OH^-$  ionları əmələ gətirən hidroksoidlər amfoter hidroksoidlər adlanır:*

$Pb^{2+} + 2OH^- \leftrightarrow Pb(OH)_2 + 2H_2O \leftrightarrow 2H^+ + [Pb(OH)_4]^{2-}$   $Pb(OH)_2$ -ə turşu əlavə etdikdə  $H^+$  ionlarının qatılığı artır. LeSatelye prinsipinə görə bu zaman  $Pb(OH)_2$ -in turşu kimi dissosiasiyası azalır, əsas kimi isə qüvvətlənir. Nəticədə,  $Pb(OH)_2$  həll olaraq kationu  $Pb^{2+}$  olan duz əmələ gətirir:



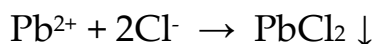
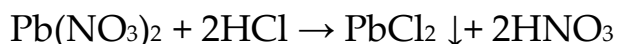
$Pb(OH)_2$  -ə əsas əlavə etdikdə məhlulda  $OH^-$  ionlarının qatılığı artır. Sistemin tarazlığı pozulur.  $Pb(OH)_2$  - in dissosiasiyası turşu tipli olur. Əsasla qarşılıqlı təsir nəticəsində hidrokso duzlar əmələ gəlir:



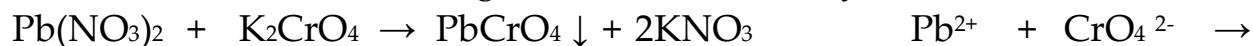
II qrup kationlarının duzları hidrolizə uğrayır və məhlulda mühit turş olur.  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$  və  $Hg^{2+}$  ionları kompleksəmələgətirmə qabiliyyətinə malikdir.  $Ag^+$  ionları  $NH_3$ ,  $CN^-$ ,  $SO_3^{2-}$ , və s. ilə kompleks ion əmələ gətirir. Bu xüsusiyyətinə görə  $Ag^+$  duzlarını ( $AgCl$ ,  $AgBr$  və s) həll olan kompleks duzlar şəklində məhlula keçirmək olur. Bundan analitik kimyada geniş istifadə edilir. II analitik qrup kationları üçün qrup reaktivi duru xlorid turşusu və ya onun duzlarıdır. Qrup reaktivi ilə təsir etdikdə ağ çöküntü -  $PbCl_2$ ,  $AgCl$ ,  $HgCl_2$  – məhluldan ayrılır.  $Pb^{2+}$  ionları xlorid turşusu ilə tam çökmür. Bir neçə qrup ionlarının birlikdə analizində  $Pb^{2+}$  III qrupa düşür və  $H_2SO_4$  ilə çökdürülür.  $Pb^{2+}$  və  $Hg^{2+}$  ionlarının bütün həll olan birləşmələri zəhərli dir.

### **$Pb^{2+}$ kationunun təyini reaksiyaları**

Xlorid turşusu və digər həllolan xloridlər orta qatılıqlı məhlullardan  $Pb^{2+}$  - ionunu  $PbCl_2$  – ağ çöküntü şəklində ayırır. Bu çöküntü isti suda yaxşı həll olur:



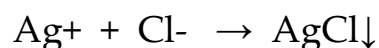
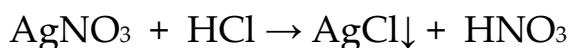
*Kalium-xromat*  $K_2CrO_4$  və ya *natrium-xromat*  $Na_2CrO_4$   $Pb^{2+}$  duzlarının məhluldan  $PbCrO_4$  – sarı rəngli çöküntü şəklində ayırır:



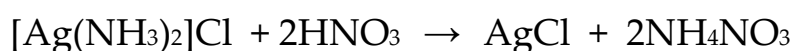
$PbCrO_4 \downarrow$  Çöküntü sirkə turşusunda həll olmur, lakin nitrat turşusunda və qələvilərdə həll olur. Reaksiya həssasdır və  $Pb^{2+}$  ionları üçün səciyyəvidir.

### **$Ag^+$ kationunun təyini reaksiyaları**

1. *Xlorid turşusu və həll olan xloridlər* neytral və turş məhlullardan  $Ag^+$  ionlarını ağ rəngli kəsmikvarı çöküntü –  $AgCl$  şəklində ayırır:

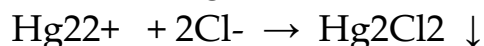
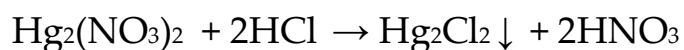


Çöküntü ammoniyakın artığında asanlıqla həll olaraq, kompleks duz əmələ gətirir:  $AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$  Bu duz məhluluna qatı nitrat turşusu ilə təsir etdikdə parçalanır, yenidən  $AgCl$  çökür:

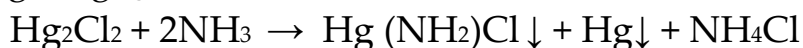


### **$Hg^{2+}$ (I) kationunun təyini reaksiyaları**

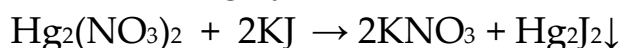
*Xlorid turşusu və həll olan xloridlər*  $Hg_2^{2+}$  ionunu civə 1-xlorid  $Hg_2Cl_2$  (kalomel) – ağ rəngli çöküntü şəklində ayırır:



Ammonyaklı su çöküntünü qara rəngə boyayır. Belə ki, qara rəngli  $Hg$  çökür:



*Kalium-yodid*  $KJ$  – civə (I) duzları məhlulundan  $Hg_2J_2$  – civə 1-yodidi çökdürür. Çöküntünün rəngi yaşıl olur:



Çöküntü asanlıqla civə 2-yodid və civəyə parçalanır, çöküntünün rəngi qaralır:



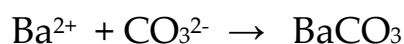
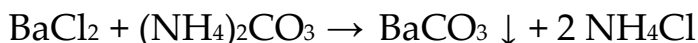
## Mühazirə-4

### III və IV analitik qrup kationların səciyyəvi reaksiyaları

III analitik qrupa ikivalentli metal ionları:  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  və  $Ca^{2+}$  daxildir. Bu kationlar rəngsizdir. Onların halogenli birləşmələri, nitratları və asetatları suda yaxşı həll olur. Hidroksidləri qüvvətli elektrolitlərdir və onların həll olması  $Ba(OH)_2 \rightarrow Sr(OH)_2 \rightarrow Ca(OH)_2$  sırasında azalır.  $BaSO_4$ ,  $CrSO_4$  və  $CaSO_4$  suda pis həll olur, bu səbəbdən də qrup reaktivi sulfat ( $H_2SO_4$ ) turşusudur. Ən pis həll olan  $BaSO_4$ , daha yaxşı həll olan  $CaSO_4$ -dir. Sulfat turşusu bu ionlar olan məhlulə əlavə edildikdə  $BaSO_4$  dərhal çökür (hətta duru məhlullarda), bir qədər sonra  $SrSO_4$ ,  $CaSO_4$  isə yalnız kalsium duzlarının qatı məhlullarında çökür.  $CaSO_4$ -ün çökməsi tam olmur.

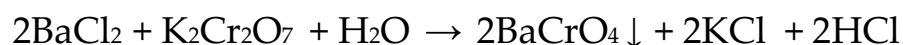
### $Ba^{2+}$ kationunun təyini reaksiyaları

*Alovun rənglənməsi.* Bariumun uçucu duzları qaz lampasının alovunu sarıyaşıl rəngə boyayır. Ammonium – karbonat  $(NH_4)_2CO_3$  və ya digər həll olan karbonatlar barium duzları ilə ağ rəngli çöküntü –  $BaCO_3$  verir:

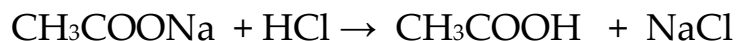


Çöküntü duru mineral turşularda və sirkə turşusunda həll olur ( $H_2SO_4$  –dən başqa, çünki bu halda həll olmayan  $BaSO_4$  əmələ gəlir). Çökməni zəif əsasi mühitində - ammonyak məhlulunda aparmaq lazımdır.

*Kalium-dixromat (bixromat)  $K_2Cr_2O_7$  həmçinin barium məhlullarından sarı çöküntü  $BaCrO_4$  ayırır:*



$BaCrO_4$  çöküntüsü qüvvətli turşularda həll olur, ona görə də reaksiya axıra qədər getmir ( $HCl$  əmələ gəlir). Əgər məhlulə natrium–asetat əlavə edilsə, xlorid turşusu zəif sirkə turşusu ilə əvəz olunar:

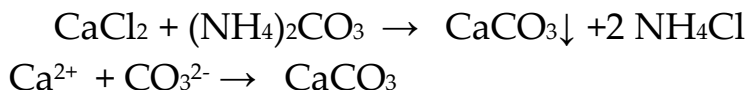


Bu halda reaksiya sona qədər gedir.

### **Ca<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

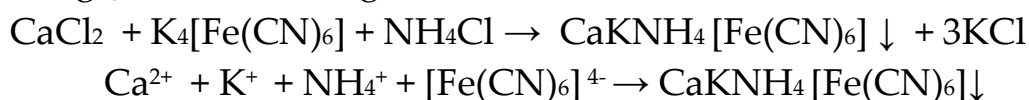
*Alovun rənglənməsi.* Kalsiumun uçucu duzları rəngsiz qaz alovunu kərpici-qırmızı rəngə boyayır.

*Ammonium – karbonat* (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kalsium duzlarını ağ çöküntü şəklində ayırır:



Ca<sup>2+</sup> -un tam çökməsi üçün çökdürücünü artıqlaması ilə götürmək lazımdır. Çöküntü duru mineral turşularda və sirkə turşusunda həll olur. Çökdürməni ammoniyak mühitində aparmaq lazımdır.

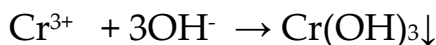
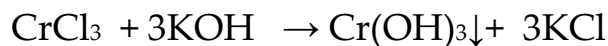
*Kalium – heksasianoferrat (II)* (sarı qan duzu) kalsium duzları ilə zəif-qələvi mühitdə ağ çöküntü əmələ gətirir:



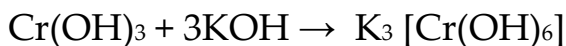
Çöküntü sirkə turşusunda həll olmur. Məhlulda Ba<sup>2+</sup> ionu iştirak edərsə, Ca<sup>2+</sup> təyin etmək üçün bu reaksiyadan istifadə etmək məqsədəuyğun deyil. Çünki, Ba<sup>2+</sup> -də K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] ilə çöküntü verir. IV analitik qrupa Al<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, As (III) və As (V) daxildir. Arsen (III) birləşmələri, əsasən arsenitlər (AsO<sub>2</sub><sup>-</sup>), arsen (V) – arsenatlar (AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) şəklində olur. Alüminium, sink və xrom(III)-un sulfatları, nitrat, xlorid, bromid və yodidləri suda yaxşı həll olur. Al<sup>3+</sup> və Zn<sup>2+</sup> ionları rəngsizdir, Cr(III) birləşmələri isə yaşıl və ya bənövşəyi rəngli olur. IV qrup kationlarının hidrokksidləri çətin həll olan zəif elektrolitlərdir. Bundan başqa, onlar amfoter xassəlidir. Bu xassədən sistemativ analizində gedişində istifadə olunur. Qrup reaktivi artıq miqdarda götürülmüş NaOH-dır. Al(OH)<sub>3</sub>, Cr(OH)<sub>3</sub> və Zn(OH)<sub>2</sub> natriumhidrokksidin artıq miqdarında həll olaraq, Na[Al(OH)<sub>4</sub>], Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>], Na<sub>3</sub>[Cr(OH)<sub>6</sub>] şəklində məhlula keçir. IV qrup kationlarının hidrokksidləri zəif əsaslar olduğundan, onların duzları məhlullarda hidrolizə uğrayır. Çox zəif turşudan əmələ gəlmiş duzları - sulfidlər, karbonatlar, sianidlər isə dönməyən hidrolizə uğrayır və sulu məhlulda mövcud ola bilmir. Al<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup> və Zn<sup>2+</sup> ionları kompleksmələgətirmə qabiliyyətinə malikdir. Xrom və arsen birləşmələri üçün oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları xarakterikdir, analiz zamanı bundan istifadə edilir. Cr<sup>3+</sup> kationunun səciyyəvi reaksiyalarından biri onun sarı rəngli CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionuna qədər oksidləşməsi reaksiyasıdır.

### Cr<sup>3+</sup> kationunun təyini reaksiyaları

Qələvilər xrom (III) duzlarını məhluldan bozuntul-yaşıl rəngli amorf çöküntü Cr(OH)<sub>3</sub> şəklində ayırır:

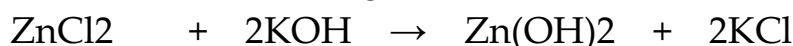


Cr(OH)<sub>3</sub> amfoter olduğundan qələvilərdə həll olur:



### Zn<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları

Qələvilər sink duzlarını məhluldan ağ çöküntü - Zn(OH)<sub>2</sub> şəklində ayırır:

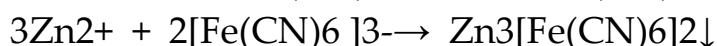
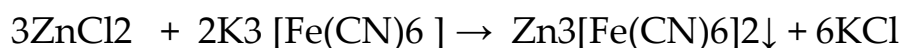


Zn<sup>2+</sup> + 2OH<sup>-</sup> → Zn(OH)<sub>2</sub>      Zn(OH)<sub>2</sub> amfoter xassəlidir.

Duru turşularda və qələvilərdə həll olur:



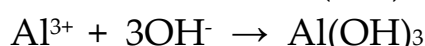
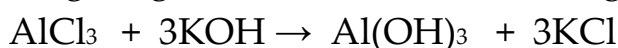
Qırmızı qan duzu (kalium-heksasiano-ferrat (III) – K<sub>3</sub> [Fe(CN)<sub>6</sub>] – Zn<sup>2+</sup> duzları ilə qəhvəyi-sarı rəngli sink– heksasianoferrat (III) Zn<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>2</sub> çöküntüsünü verir:



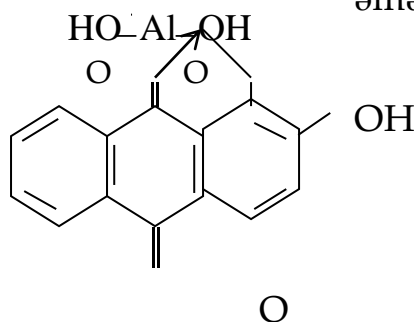
Çöküntü xlorid turşusunda və ammoniyakda həll olur.

### Al<sup>3+</sup> kationunun təyini reaksiyaları

Qələvilər Al<sup>3+</sup> duzları ilə ağ rəngli Al(OH)<sub>3</sub> çöküntü əmələ gətirir:



Al(OH)<sub>3</sub> amfoter xassəli olduğuna görə qələvinin artığında həll olaraq duz əmələ gətirir: Al(OH)<sub>3</sub> + KOH → K[Al(OH)<sub>4</sub>] Alizarın 1,2-dioksiantraxinon Al(OH)<sub>3</sub> ilə al-qırmızı rəngli alüminium lakı adlanan birləşmə əmələ gətirir:



Bu Al<sup>3+</sup> ionu üçün ən həssas reaksiyalardan biridir. Cr<sup>3+</sup> və Zn<sup>2+</sup> ionları reaksiyanın gedişinə mane olur. Reaksiya yarım-mikrokimyəvi və ya damcı metodu ilə aparılır.

Duru kobalt 2–nitrat məhlulu  $\text{Al}^{3+}$  duzları ilə yandıqda göy rəng verən  $\text{Co}(\text{AlO}_2)_2$  kobalt- alüminium zolu əmələ gətirir:



### Mühazirə-5

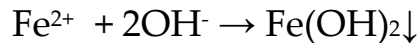
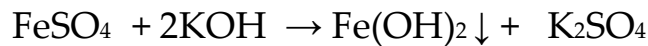
#### V və VI analitik qrup kationlarının səciyyəvi reaksiyaları

V analitik qrup kationlarına  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionları daxildir.  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionları rəngsizdir,  $\text{Fe}^{2+}$  ionları yaşılımtıl,  $\text{Fe}^{3+}$  ionları isə sarı rəngdədir. V qrup kationlarının nitratları, sulfatları və xloridləri suda yaxşı həll olur. Hidroksidləri çətin həll olan zəif elektrolitlərdir. Onlar qələvi artığında və ammonyak məhlulunda həll olmur. Bu xassəsinə görə onlar, IV və VI qrupun hidroksidlərindən fərqlənir. V analitik qrupu üçün qrup reaktivi NaOH-dır. Bu kationların bütün duzları hidrolizə uğrayır. Bu xüsusiyyətdən onları təyin etmək üçün istifadə olunur.  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  ionları yüksək kompleksəmələgətirmə qabiliyyətinə malikdir. Onların bu xassəindən tək-cə təyinatda deyil, həm də  $\text{Fe}^{3+}$  ionlarının maskalanmasında istifadə olunur. Məsələn, bir neçə qrup ionlarının analizində,  $\text{Fe}^{3+}$  ionları rəngsiz oksalat və ya tartrat kompleksi şəklində maskalanır (pərdələnir). V analitik qrup elementləri dəyişkən oksidləşmə dərəcəsinə (Mgdan başqa) malik olduğuna görə onlar üçün oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları xarakterikdir. Bu xassədən  $\text{Mn}^{2+}$  (bənövşəyi  $\text{MnO}_4^-$  ionuna qədər oksidləşir) və  $\text{Bi}^{3+}$  (qara rəngli Bi-a qədər reduksiya olunur) ionunun təyininə istifadə olunur. Yeni çökdürülmüş sulfid və hidroksidlər amorfudur və asanlıqla kolloid hala keçir. Bundan əlavə, kolloid hissəciklər üzərində məhluldakı ionları adsorbsiya edir və nəticədə bu hissəciklər yüklənmiş olur. Bu da kolloid hissəciklərin daha böyük hissəciklər halında birləşməsinə mane olur, çünki eyni yüklü hissəciklər bir-birini dəf edir. Beləliklə, çətin həll olan birləşmələr çökmür, yalnız kolloid məhlul əmələ gətirir. Əgər kolloid məhlula artıqlaması ilə hər hansı bir elektrolit əlavə edilsə, kolloid hissəcik ionlar tərəfindən əhatə olunaraq neytrallaşır. Bu zaman daha iri hissəciklərin birləşməsi baş verir. Əmələ gələn iri hissəciklər asılı vəziyyətdə qala bilməyib çökür – koagulyasiya baş verir. Temperaturun artması koagulyasiya prosesini sürətləndirir. Kolloid məhlul sentrifuqa vasitəsilə ayrılı bilmədiyindən bəzi sulfid və hidroksidlərin kolloid məhlullar əmələ gətirməsi analizi çətinləşdirir. Buna görə də çökdürməni

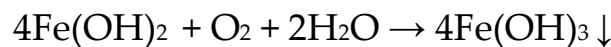
kolloid sistemləri parçalayan şəraitdə - məhlulu qızdırmaqla və elektrolit əlavə etməklə aparmaq lazımdır. Belə çöküntülərin yuyulmasında elektrolit qarışdırılmış isti sudan istifadə edilir. Elektrolit kimi ammonium – xlorid və ya ammonium – nitrat götürülür.

### **Fe<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

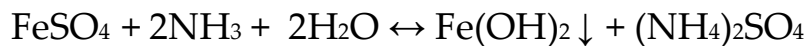
Qələvilər Fe<sup>2+</sup> ionlarını yaşılımtıl rəngli dəmir 2-hidroksid şəklində çökdürür:



Çöküntü havada tündləşir (qonurlaşır), belə ki, Fe(OH)<sub>2</sub> Fe(OH)<sub>3</sub>-ə qədər oksidləşir.

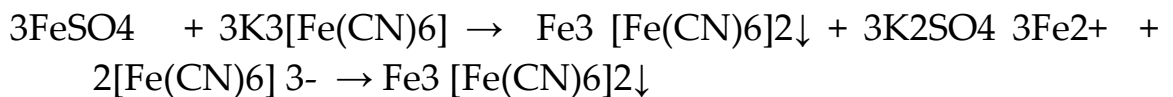


*Ammonyak məhlulu* Fe<sup>2+</sup> ionlarını yaşılımtıl Fe(OH)<sub>2</sub> şəklində çökdürür:



Çökmə tam deyil. Lakin qaldıqca bulantı çoxalır, belə ki, Fe(OH)<sub>2</sub> havanın oksigeni ilə oksidləşir.

*Kalium – heksasianoferrat (III) K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]* (qırmızı qan duzu) Fe<sup>2+</sup> duzları ilə tünd göy rəngli çöküntü - turnbul göyü verir:



Çöküntü turşuda həll olmur, qələvinin təsiri ilə parçalanır. Bu dəmir (II) duzları üçün ən həssas reaksiyadır. Dəmir duzlarının hidrolizinin qarşısını almaq məqsədilə reaksiya turş mühitdə aparılır. Reaktivin artıq miqdarı çöküntüyə yaşıl rəng verdiyini nəzərə almaq lazımdır.

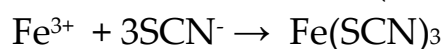
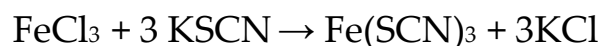
### **Fe<sup>3+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

*Qələvilər və ammonyak məhlulu* Fe<sup>3+</sup> ionu ilə qonur rəngli həlməşik çöküntü – Fe(OH)<sub>3</sub> əmələ gətirir:



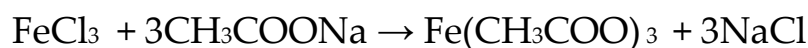
Fe(OH)<sub>3</sub> turşularda həll olur, qələvi artığında isə həll olmur.

*KSCN və ya NH<sub>4</sub>SCN* zəif turş mühitdə Fe<sup>3+</sup> ionu ilə qırmızı qan rəngli birləşmə əmələ gətirir.

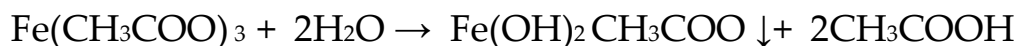


Reaksiya dönər olduğuna görə reaktivi artıqlaması ilə götürmək lazımdır.

*Natrium-asetat* CH<sub>3</sub>COONa Fe<sup>3+</sup> ionu ilə tünd qırmızı rəngli dəmir 3-asetat – Fe(CH<sub>3</sub>COO)<sub>3</sub> əmələ gətirir.

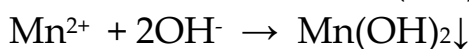
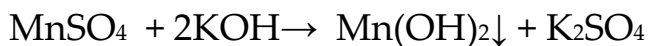


Qızdırıldıqda alınan duzun hidrolizi sürətlənir və qonur rəngli əsasi duz çökür:



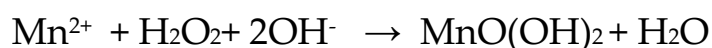
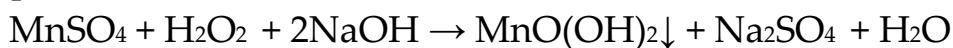
### **Mn<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

*Qələvilər* Mn<sup>2+</sup> duzları ilə ağ rəngli çöküntü – Mn(OH)<sub>2</sub> əmələ gətirir:



Mn(OH)<sub>2</sub>-in havanın oksigeni ilə oksidləşməsi nəticəsində Mn(II) Mn(IV)-ə keçir və çöküntü qonurlaşır.

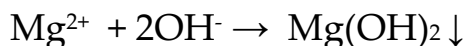
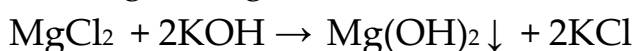
*Hidrogen-peroksid* –H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> qələvi mühitdə Mn<sup>2+</sup> -ni tünd-qonur rəngli Mn<sup>4+</sup> -ə qədər oksidləşdirir:



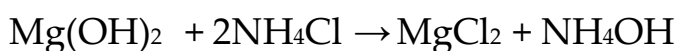
Bromlu su da belə təsir göstərir. Mn(OH)<sub>2</sub> çöküntüsündən fərqli olaraq MnO(OH)<sub>2</sub> duru sulfat turşusunda həll olmur.

### **Mg<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

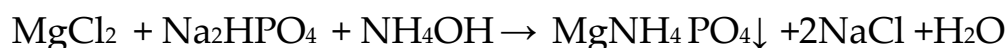
*Qələvilər* Mg<sup>2+</sup> ilə ağ həlməşik çöküntü – Mg(OH)<sub>2</sub> əmələ gətirir:



Məhlulda ammonium duzları iştirak etdikdə çökmə tam olmur. Ammonium duzlarının qatılığı çox olduqda Mg(OH)<sub>2</sub> çöküntüsü əmələ gəlməyə də bilər, çünki Mg(OH)<sub>2</sub> ammonium duzlarının artığında həll olur:



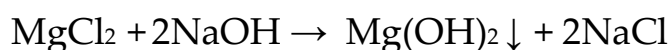
*Natrium-hidrofosfat* – Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> Mg<sup>2+</sup> üçün xarakterik reaktivdir. MgCl<sub>2</sub> iştirak edən məhlullarda, ammonium iştirakı ilə ağ kristallik çöküntü – maqnezium-ammonium fosfat əmələ gətirir:



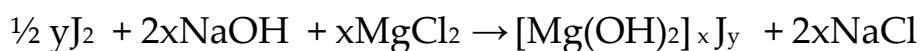
*Petraşen reaksiyası.* Yodlu su qələvi iştirakında Mg<sup>2+</sup> ilə qırmızı-qonur rəngli çöküntü əmələ gətirir. Yodlu suya qələvi əlavə etdikdə aşağıdakı reaksiya baş verir:



Bu məhlula Mg<sup>2+</sup> duzu əlavə etdikdə maqnezium-hidroksid əmələ gəlir:

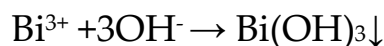
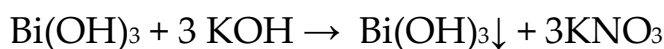


Baş verən prosesləri aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

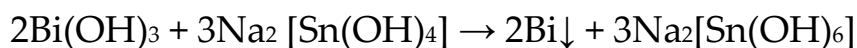


### **Bi<sup>3+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

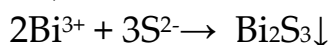
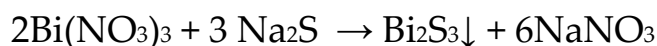
*Qələvilər* Bi<sup>3+</sup> duzları ilə duru turşularda həll olan ağ çöküntü – Bi(OH)<sub>3</sub> əmələ gətirir:



*Natrium-stannit və ya kalium-stannit* qələvi mühitdə Bi<sup>3+</sup> ionlarını bismuta qədər reduksiya edir. Bismut qara rəngli çöküntü şəklində ayrılır:



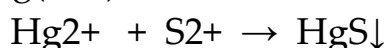
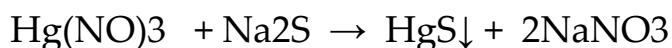
*Natrium-sulfid* - Na<sub>2</sub>S Bi<sup>3+</sup> duzları ilə tünd-qəhvəyi rəngli bismut 3-sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:



Çöküntü qatı xlorid turşusunda və qaynar nitrat turşusunda həll olur. VI analitik qrupa Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> kationları daxildir. Bu kationlarının xlorid, sulfat və nitratları suda yaxşı həll olur. Cu<sup>2+</sup> məhlulları mavi, Co<sup>2+</sup> məhlulları çəhrayı, Ni<sup>2+</sup> məhlulları isə yaşıl rəngli olur. Bu kationların hidrokksidləri çətin həll olan zəif elektrolitlərdir. Cu(OH)<sub>2</sub>, Hg(OH)<sub>2</sub> davamsızdır, Cu(OH)<sub>2</sub> –ni qızdırdıqda, Hg(OH)<sub>2</sub> isə adi otaq temperaturunda uyğun oksid və suya parçalanır. Bu qrupun kationları üçün kompleksəmələgətirmə reaksiyaları xarakterikdir. Qrup reaktivini ammoniyak məhluludur. Ammoniyakın artığında suda həll olan kompleks birləşmələr ([Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [Hg(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>, [Ni(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>, [Cd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>) əmələ gəlir. Mis, civə, kobalt dəyişkən oksidləşmə dərəcəsinə malik olduqlarına görə onlar üçün oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları xarakterikdir. Bu reaksiyalardan bəziləri ayrı-ayrı təyinatlarda istifadə olunur.

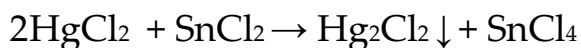
### **Hg<sup>2+</sup> kationunun təyinin reaksiyaları**

*Hidrogen-sulfid* H<sub>2</sub>S və digər həllolan sulfidlər Hg<sup>2+</sup>-ni duzlarının məhlullarından civə-sulfid HgS çöküntüsü şəklində ayırır:

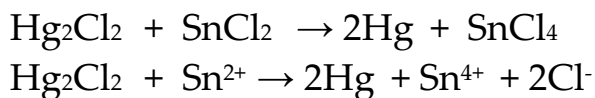


Çöküntü turşularda həll olmur. Lakin qararağında (HNO<sub>3</sub> və 3HCl qarışığı) həll olur.

*Qalay-2-xlorid* SnCl<sub>2</sub> ikivalentli civə duzlarını həll olmayan ağ rəngli civə 1- xloridə qədər reduksiya edir.

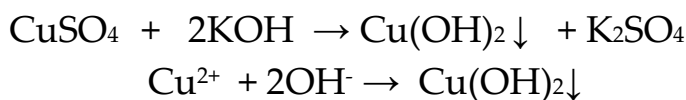


Reaktivin artığında reduksiya davam edir:

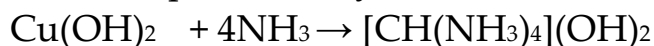


### **Cu<sup>2+</sup> kationunun təyini reaksiyaları**

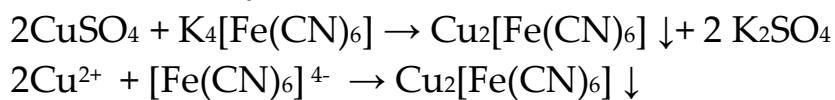
*Qələvilər* Cu(II) duzları məhlulundan soyuq mühitdə mavi rəngli çöküntü Cu(OH)<sub>2</sub> ayırır:



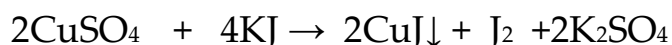
Çöküntü qatı ammonyak məhlulunun təsiri ilə həll olur:



*Kalium- heksasianoferrat (II)* K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] (sarı qan duzu) neytral və ya zəif turş mühitdə Cu(II) duzlarını qırmızı-qonur rəngli çöküntü – mis(II) – heksasianoferrat (II) şəklində ayırır:



Çöküntü duru turşularda həll olmur, ammonyak məhlulunda isə həll olur. *Kalium-yodid* KJ ilə mis(II) duzu arasında reaksiya sərbəst yodun ayrılması və ağ çöküntü – mis(I)-yodid (CuJ) əmələ gəlməsi ilə gedir:





## Mühazirə-6

### Anionların vəsfi analizi, onların qruplaşması. I qrup anionlarının səciyyəvi reaksiyaları

Anionların vəsfi analizi kationların analiz üsulundan fərqlənir. Anionların analitik qruplara bölünməsinin əsasını barium və gümüş duzlarının həllolma müxtəlifliyinə əsaslanır. Anionların qruplara bölünməsinin müxtəlif variantları vardır. Bu dərslikdə geniş yayılmış variantlardan biri –anionların üç analitik qrupa bölünməsi təklif olunur.

Qrup	Anionlar	Qrup reaktivi	Qrupun xarakteristikası
1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Neytral və zəif əsasi mühitdə BaCl <sub>2</sub>	Barium duzları suda həll olmur
2	Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup>	HNO <sub>3</sub> iştirakında AgNO <sub>3</sub>	Gümüşün duzları suda və duru turşularda həll olmur
3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Qrup reaktivi yoxdur	Barium və gümüş duzları suda həll olur

**I qrup anionlar:** fosfat – PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, sulfat – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, sulfit – SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, karbonat – CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, tiosulfat– S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, xromat – CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, dixromat – Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>, borat –

$\text{BO}_2^-$  (və ya tetraborat  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ) və oksalat  $-\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  ionlarıdır. Bu anionlar  $\text{Ba}^{2+}$  ionu ilə suda çətin həll olan duzlar əmələ gətirir. Qrup reaktivi neytral və ya zəif əsasi mühitdə barium-xloriddir ( $\text{BaCl}_2$ ).

**II qrup anionlar:** xlorid –  $\text{Cl}^-$ , bromid –  $\text{Br}^-$ , yodid –  $\text{I}^-$ , sulfid –  $\text{S}^{2-}$  və rodanid –  $\text{SCN}^-$  ionlarıdır. Bu anionlar  $\text{Ag}^+$  ionu ilə suda çətin həll olan, duru nitrat turşusunda həll olmayan duzlar əmələ gətirir. Qrup reaktivi duru nitrat turşusu mühitində gümüş – nitratdır ( $\text{AgNO}_3$ ).

**III qrup anionları:** nitrat –  $\text{NO}_3^-$ , nitrit-  $\text{NO}_2^-$ , asetat –

$\text{CH}_3\text{COO}^-$  ionlarıdır. Bu anionların gümüş və barium duzları suda yaxşı həll olur. Qrup reaktivi yoxdur. Rus alimi N.A.Tananayev anionların oksidləşmə-reduksiya xassələrinə görə təsnifatını vermişdir. Bu təsnifata əsasən anionlar üç qrupa bölünür:

**I qrup** – oksidləşdirici anionlar:  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,

$\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  və s.;

**II qrup** – reduksiyaedici anionlar:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{AsO}_3^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  və s.

**III qrup** – indiferent anionlar:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{BO}_2^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Anionların ümumən qəbul olunmuş sistemli analizi yoxdur. Kationlardan fərqli olaraq, anionları təyin etmək üçün onları əvvəlcədən ayırmaq lazım deyil. Anionlar təyin olunarkən bir-birinə mane olmur. Buna uyğun olaraq qrup reaktivi anionları qruplara bölmək üçün deyil, onları təyin etmək üçün istifadə olunur. Ayırı-ayrı anionları təyin edərkən nəzərə almaq lazımdır ki, barium və gümüş duzları ilə əmələ gələn çöküntülərin xarici görünüşü oxşar olur. Buna görə ayırı-ayrı çöküntülərin turşularda və ya digər reaktivlərdə həllolma dərəcəsinə və xarakterinə xüsusi diqqət yetirmək lazımdır.

### **I qrup anionlarının səciyyəvi reaksiyaları**

I qrup anionlara  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ),  $\text{BO}_2^-$  ( $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ )  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  daxildir. Qrup reaktivi neytral və ya zəif əsasi mühitdə  $\text{BaCl}_2$ -dir. Belə ki, bu anionların barium duzları ( $\text{BaSO}_4$ -dən başqa) turşularda həll olur.

$\text{Ag}^+$  ionu bu anionlarla ( $\text{SO}_4^{2-}$  və  $\text{CrO}_4^{2-}$  -dan başqa) suda çətin, duru nitrat turşusunda asan həll olan duzlar əmələ gətirir.  $\text{CrO}_4^{2-}$  anionları sarı,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  narıncı rəngdə, qalan anionlar isə rəngsiz olur.

### **$\text{SO}_4^{2-}$ – ionunun təyini reaksiyaları.**

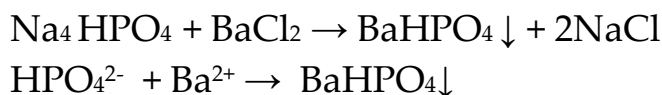
*Barium-xlorid*- BaCl<sub>2</sub> duru sulfat məhlullarından ağ çöküntü – BaSO<sub>4</sub> ayırır:

$BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaCl$      $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$   
BaSO<sub>4</sub> turşularda həll olmur. Bu xassəsi ilə də o, digər I qrup anionlarının barium duzlarından fərqlənir. *Qurğuşun 2-asetat* (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb və *qurğuşun 2-nitrat* Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> sulfat məhlulundan qurğuşun 2-sulfat - PbSO<sub>4</sub> ağ rəngli çöküntü ayırır:

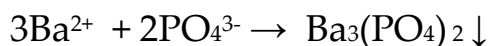
$Pb(NO_3)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow PbSO_4\downarrow + 2NaNO_3$      $Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4\downarrow$   
Çöküntü nitrat turşusunda həll olmur. Qələvi məhlullarında, eləcə də, qatı ammonium-asetatda çətinliklə həll olur.

### **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – fosfat ionunun təyini reaksiyaları.**

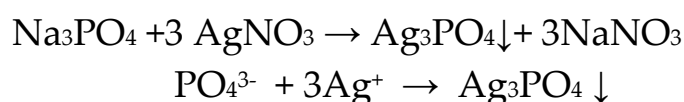
*Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> neytral mühitdə fosfat məhlulundan barium - hidrofosfatın amorf çöküntüsünü ayırır. Təcrübədə hidrofosfat duzlarından istifadə olunur.



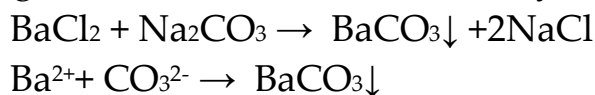
Çöküntü mineral turşularda (sulfat turşusundan başqa) və sirkə turşusunda həll olur. Reaksiyanı zəif turş mühitdə Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> məhlulu ilə aparsaq, Ba<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> çöküntüsü ayrılır



*Gümüş-nitrat* AgNO<sub>3</sub> fosfat ionu ilə sarı gümüş-fosfat çöküntüsü verir. Bu çöküntü nitrat turşusunda və ammoniyak məhlulunda asan həll olur. Tam çökmə yalnız neytral və zəif qələvi mühitdə mümkündür:



**CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> karbonat ionunun reaksiyaları.** CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionu karbonat turşusunun anionudur. Bu turşu zəif turşudur, sərbəst halda məlum deyil, belə ki, tamamilə CO<sub>2</sub> və suya parçalanır. *Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> karbonat məhlullarından soyuqda ağ çöküntü – barium -karbonat ayırır:



Çöküntü duru xlorid, nitrat və sirkə turşularında asanlıqla həll olur, qaynatdıqda kristallaşır.

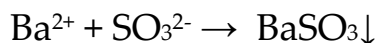
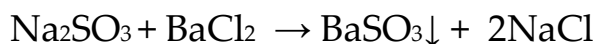
*Turşular* bütün karbonatları parçalayaraq, karbon-dioksidin ayrılmasına səbəb olur:



Bu reaksiya karbonatlar üçün xarakterikdir. Belə ki, SO<sub>2</sub>-nin ayrılması belə (sulfitlərin parçalanmasından) şiddətlə getmir.

**SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - sulfid ionunun reaksiyaları.** SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - sulfid turşusunun anionudur. Davamsız turşudur, sərbəst halda qismən SO<sub>2</sub> və suya parçalanır. Sulu məhlullarda sulfitlər yavaş-yavaş oksidləşir.

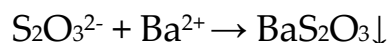
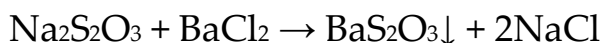
*Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> neytral mühitdə sulfitləri ağ çöküntü – barium sulfid şəklində çökdürür:



Çöküntü duru xlorid və nitrat turşusunda həll olur.

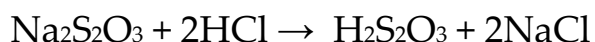
*Natrium-hidroprussid* Na<sub>2</sub>[Fe(CN)<sub>5</sub>NO] sulfitlərin neytral məhlullarını çəhrayı-qırmızı rəngə boyayır. Sink-sulfat məhlulunun artığında rəng al-qırmızı olur. Məhlula azca sarı qan duzu K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>5</sub>] əlavə etdikdə reaksiyanın həssaslığı artır.

**S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> tiosulfat ionunun reaksiyaları.** S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> - H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> –ün anionudur. H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> davamsız turşudur və sərbəst halda mövcud deyil. Qələvi metal duzları davamlıdır, lakin suda hidrolizə uğrayır. Tiosulfatlar qüvvətli reduksiyaedicilərdir. *Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> tiosulfat ionu ilə ağ çöküntü – bariumtiosulfat əmələ gətirir:

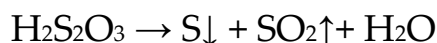


Çöküntü isti suda, həmçinin duru mineral turşularda (sulfat turşusundan başqa) həll olur. BaS<sub>2</sub>O<sub>3</sub> asanlıqla doymuş məhlul əmələ gətirir.

*Mineral turşular* tiosulfat turşusunu onun duzlarından çıxarır.



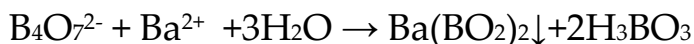
Tiosulfat turşusu əmələ gələn kimi parçalanır və məhlul bulanır:



Bu reaksiyaya əsasən sulfitlərin iştirakı ilə tiosulfatları təyin etmək olar. Belə ki, sulfid turşusu parçalandıqda yalnız SO<sub>2</sub> ayrılır, kükürd əmələ gəlmir.

**BO<sub>2</sub><sup>-</sup> və B<sub>4</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> borat ionlarının reaksiyaları.** Ortoborat turşusu – H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> rəngsiz kristallik maddədir, zəif elektrolitdir. Borat turşusunun duzları ortoborat turşusu deyil, metaborat – HBO<sub>2</sub> və ya tetraborat – H<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> turşusuna uyğun gəlir.

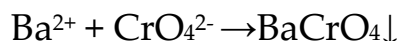
*Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> qatı boraks məhlulları ilə ağ çöküntü – barium - metaborat əmələ gətirir ki, bu da sirkə, xlorid və nitrat turşularında həll olur:



**CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> -xromat ionlarının reaksiyaları.** Xromat ionu xromat turşusunun (H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) anionudur. Turş mühitdə o, bixromat ionuna keçir:  $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

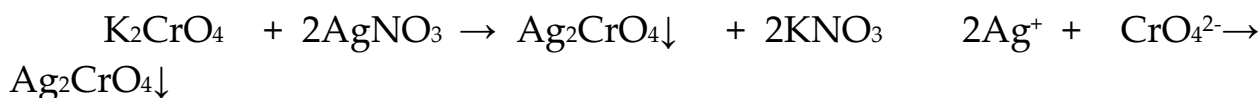
Bixromat məhluluna qələvi əlavə etdikdə tarazlıq sola doğru dəyişir.

*Barium-xlorid* BaCl<sub>2</sub> xromatlarla sarı barium-xromat çöküntüsü əmələ gətirir:  $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaCrO}_4 \downarrow + 2\text{KCl}$



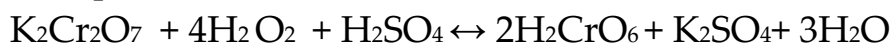
Çöküntü mineral turşularda həll olur, sirkə turşusunda həll olmur. Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> ionu BaCrO<sub>4</sub>-i CH<sub>3</sub>COONa -un iştirakı ilə əmələ gətirir.

*Gümüş-nitrat* AgNO<sub>3</sub> -in xromatlarla qarşılıqlı təsirindən qırmızı-qonur rəngli gümüş-xromat çöküntüsü alınır:



Bixromatlar Ag<sup>+</sup> ionu ilə çöküntü əmələ gətirmir.

*Hidrogen-peroksid* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> turş mühitdə bixromatları göy rəngli H<sub>2</sub>CrO<sub>6</sub> turşusuna qədər oksidləşdirir:



Bu reaksiya CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> və Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> ionlarını identifikasiya etməyə imkan verir. H<sub>2</sub>CrO<sub>6</sub> məhlulda davamsızdır, parçalanaraq xrom (III) duzlarını əmələ gətirir və göy rəng yaşıl rəngə keçir. Üzvi həlledicilərdə bu turşu daha davamlıdır.

**C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> - oksalat ionunun reaksiyaları.** C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionu- oksalat turşusunun (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) anionudur. Bu turşu suda yaxşı həll olan zəif elektrolitdir.

*Barium -xlorid* BaCl<sub>2</sub> xromatlarla sarı barium-xromat çöküntüsü əmələ gətirir:  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaC}_2\text{O}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$  C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> + Ba<sup>2+</sup> → BaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ↓ Çöküntü xlorid və nitrat turşularında, qızdırdıqda isə sirkə turşusunda

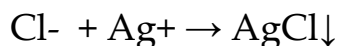
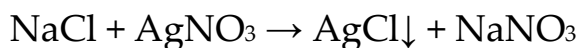
## Mühazirə-7

### II analitik qrup anionların səciyyəvi reaksiyaları

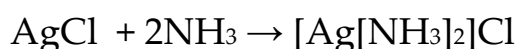
II qrup anionlarına Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, J<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup> və SCN<sup>-</sup> ionları aiddir. Bu anionlar Ag<sup>+</sup> ionu ilə suda çətin həll olan, nitrat turşusunda həll olmayan duzlar əmələ gətirir. Qrup reaktivi nitrat turşusunun iştirakı ilə AgNO<sub>3</sub>dir. Bu şəraitdə AgNO<sub>3</sub> I qrup anionları ilə çöküntü vermir.

**Cl<sup>-</sup> – xlorid ionunun reaksiyaları.** Cl<sup>-</sup> ionu xlorid turşusunun anionudur. Bu qüvvətli turşudur. Onun qələvilərlə əmələ gətirdiyi duzlar hidrolizə uğramır. Xloridlərin əksəriyyəti suda yaxşı həll olur, gümüşxlorid, civə(I) –xlorid və qurğuşun 2-xlorid çətin həll olan birləşmələrdir.

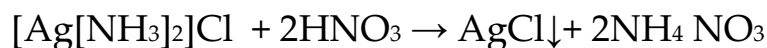
*Gümüş-nitrat* AgNO<sub>3</sub> Cl<sup>-</sup> ionu ilə ağ rəngli gümüş-xlorid çöküntüsü əmələ gətirir:



Çöküntü nitrat turşusunda həll olmur, ammoniyak məhlulunda isə asan həll olaraq kompleks birləşmə əmələ gətirir:



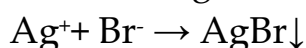
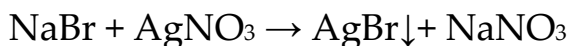
Diammingümüş – xlorid məhluluna qatı nitrat turşusu əlavə etdikdə çöküntü yenidən ayrılır:



AgCl çöküntüsü natrium-tiosulfat (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) məhlulunda yaxşı həll olur.

**Br<sup>-</sup> - bromid ionunun reaksiyaları.** Br<sup>-</sup> ionu bromid turşusunun anionudur. Həll olmalarına və xassələrinə görə bromidlər xloridlərə yaxındır.

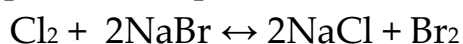
*Gümüş-nitrat* AgNO<sub>3</sub> Br<sup>-</sup> ionu ilə sarımtıl rəngli gümüşbromid çöküntüsü verir:



Çöküntü nitrat turşusunda həll olmur, ammoniyak məhlulunda pis, natrium-tiosulfat məhlulunda yaxşı həll olur.



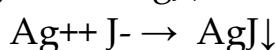
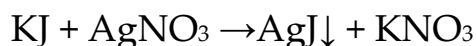
*Xlorlu su* bromid məhluluna əlavə edildikdə sərbəst brom ayrılır ki, bu da xloroformda həll olaraq həlledici qatını narıncı rəngə boyayır:



Xlorlu suyun artığında BrCl əmələ gəlməsi nəticəsində rəng itir: Bu reaksiya Br<sup>-</sup> ionları üçün səciyyəvidir.

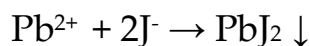
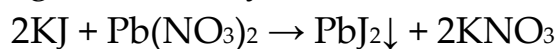
**J<sup>-</sup> yodid ionunun reaksiyaları.** J<sup>-</sup> ionu yodid turşusunun anionudur. Bu turşu HCl və HBr kimi qüvvətli turşudur. Yodidlərdən gümüş, civə, qurğuşun (II) və mis(I) duzları suda çətin həll olandır.

*Gümüş-nitrat* AgNO<sub>3</sub> yodidlərdən açıq-sarı rəngli çöküntü – gümüş-yodid AgJ ayırır:



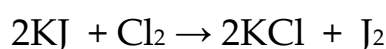
Çöküntü nitrat turşusunda və ammoniyak məhlulunda həll olmur, natrium-tiosulfat məhlulunda pis həll olur.

1. Qurğuşun (II)-nitrat və ya asetat yodid məhlullarından qurğuşun 2-yodid - sarı rəngli çöküntü ayırır:



Bu çöküntü isti suda həll olur, soyutduqda yenidən qızılı pulcuqlar şəklində ayrılır.

2. *Xlorlu su* yodid məhlullarından sərbəst yod ayırır ki, bu da karbon disulfid və ya xloroformu qırmızı-bənövşəyi, nişastanı isə göy rəngə boyayır.

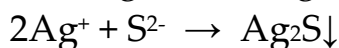
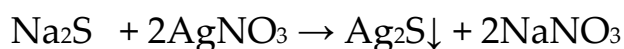


3. *Dəmir (III) – xlorid* və digər oksidləşdiricilər (məsələn,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) J- ionunu sərbəst yoda qədər oksidləşdirir:



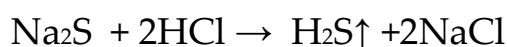
**S<sup>2-</sup> - sulfid ionunun reaksiyaları.** S<sup>2-</sup> ionu zəif sulfid turşusunun anionudur. S<sup>2-</sup> ionu asanlıqla oksidləşir.

1. *Gümüş-nitrat*  $\text{AgNO}_3$  S<sup>2-</sup> ionu ilə qara rəngli gümüş –sulfid çöküntüsü əmələ gətirir:



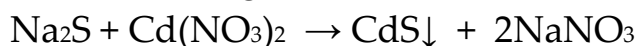
$\text{Ag}_2\text{S}$  duru nitrat turşusunda həll olmur, lakin qaynatdıqda həll olur. Ammoniyak məhlulunda həll olmur.

2. *Xlorid turşusunu*  $\text{Na}_2\text{S}$  məhluluna əlavə etdikdə hidrogen-sulfid ayrılır. Ayrılan hidrogen-sulfid lax yumurta qoxusuna görə asan təyin olunur:



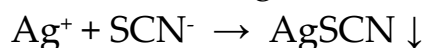
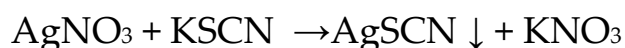
Qurğuşun 2-asetat məhlulu ilə isladılmış filtr kağızı  $\text{H}_2\text{S}$ -in təsiri ilə qaralır.

3. *Kadmiumun həll olan duzları* sulfidlərlə parlaq-sarı rəngli çöküntü - kadmium-sulfid ( $\text{CdS}$ ) əmələ gətirir:



**SCN<sup>-</sup> rodanid ionunun reaksiyaları.** SCN<sup>-</sup> - rodanid (tiosianid) HSCN turşusunun anionudur. Bu qüvvətli turşudur.

1. *Gümüş-nitrat*  $\text{AgNO}_3$  rodanid ionları ilə ağ rəngli (gümüşrodanid)  $\text{AgSCN}$  çöküntüsü verir:



Çöküntü ammonyak məhlulunda həll olur, duru nitrat turşusunda həll olmur.

2. Üçvalentli dəmir duzları rodanid ionları ilə qırmızı-qan rəngli dəmir 3- rodanid verir:



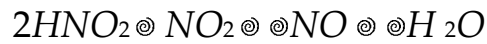
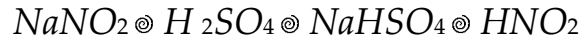
### Mühazirə-8

#### III qrup anionların səciyyəvi reaksiyaları

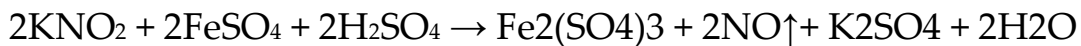
III analitik qrup anionlarına nitrit  $\text{NO}_2^\ominus$ , nitrat  $\text{NO}_3^\ominus$  və asetat  $\text{CHCOO}^\ominus$  ionları daxildir. Bu anionların gümüş və barium duzları 3 suda həll olur. Bu qrupun qrup reaktivi yoxdur.



$\text{NO}^*$  - nitrit ionunun reaksiyaları.  $\text{NO}^*$  ionu nitrit turşusunun anionudur. Nitrit turşusu davamsız və zəif turşudur. Nitritlər turşu ilə müqayisədə davamlıdır, suda həll olur. Gümüş-nitrit soyuq suda pis, qızdırdıqda isə yaxşı həll olur. *Duru sulfat turşusu* nitritləri soyuqda qonur rəngli azot – dioksidə parçalayır:

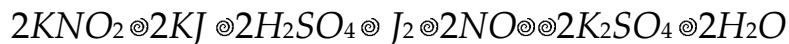


*İkivalentli dəmir duzları* nitritləri turş mühitdə azot - monooksidə qədər reduksiya edir:



Azot-monooksid  $\text{FeSO}$  ilə qonur rəngli davamsız kompleks birləşmə əmələ gətirir:

*Kalium – yodid KJ* turş mühitdə nitritlər ilə sərbəst yoda qədər oksidləşir:

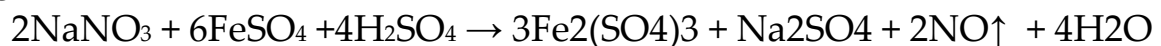


*Kalium–permanqanat*  $\text{KMnO}_4$  məhlulu sulfat turşusu mühitində  $50^\circ\text{C}$ – $60^\circ\text{C}$ -də nitritləri nitratlara qədər oksidləşdirir:

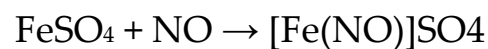
Reaksiya kalium–permanqanatın rəngsizləşməsi ilə gedir. Bu reaksiya vasitəsilə nitritləri nitratlardan fərqləndirmək olar.

$\text{NO}_3^*$  – **nitrat ionunun reaksiyaları**.  $\text{NO}_3^*$  – nitrat ionu nitrat turşusunun anionudur. Nitrat turşusu qüvvətli oksidləşdiricidir. Nitratlar suda həll olur.

*Dəmir 2–sulfat*  $\text{FeSO}_4$  nitrat turşusu və ya duzları ilə oksidləşərək azot – monooksid  $\text{NO}$  əmələ gətirir. Reaksiya qatı  $\text{H}_2\text{SO}_4$  -ün iştirakı ilə gedir:



Azot -monooksid  $\text{FeSO}_4$  ilə qonur rəngli birləşmə əmələ gətirir:



$\text{NO}^*$  ionu ilə də eyni birləşmə əmələ gəlməsinə baxmayaraq, reaksiyanın gedişinə əsasən bu ionları ayırmaq olur. Məhlulda nitrit və ya nitrat ionlarından hansı olduğu məlum deyilsə, onda reaksiyanı əvvəlcə *duru*  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilə aparılır. Əmələ gələn qonur rəngli birləşmə  $\text{NO}^*$  ionunun varlığını göstərir. Belə olmadığı halda reaksiya qatı  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilə təkrar edilir. Əmələ gələn qonur rəngli həlqə  $\text{NO}_3^*$  ionunun olduğunu göstərir.

$CH_3COO^-$  ①asetat ionunun reaksiyaları.  $CH_3COO^-$  ①asetat ionu zəif turşu olan  $CH_3COOH$  ①sirkə turşusunun anionudur. Əksər duzları suda həll olur.

*Sulfat turşusu*  $H_2SO_4$  sirkə turşusunu duzlarından sıxışdırıb çıxardıqda (əsasən qızdırdıqda) onu xarakterik iyinə görə təyin etmək olar:

*Etil spirti* sirkə turşusu və onun duzları ilə qatı sulfat turşusunun iştirakında xarakterik iyli etilasetat efiri əmələ gətirir:

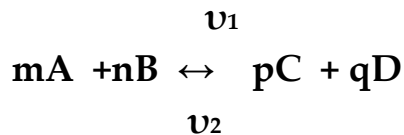


Analoji reaksiya amil spirti ilə də gedir.

## Mühazirə-9

Homogen sistemlərdə kimyəvi tarazlıq. Zəif elektrolit məhlulların tarazlıqları

Müxtəlif metodlarla analizi yerinə yetirərkən məhlulda ionların qatılıqları tənzim edilə bilər. Belə tənzim etmə tarazlıqda olan reaksiyalar əsasında tarazlığın yerdəyişməsi ilə mümkün olur. İki növ tarazlıq sistemləri var – homogen və heterogen. Homogen sistemlərə - dissosiasiya, oksidləşmə-reduksiya, hidroliz, neytrallaşma, kompleksmələgəlmə reaksiyaları aiddir. Bu tarazlığın miqdarı göstərilməsi kütlələrin təsiri qanununa, oksidləşmə-reduksiya potensialı üçün Nernst tənliyinə əsaslanır.



Kütlələrin təsiri qanununa görə düzünə gedən reaksiyanın sürəti

$$v_1 = k_1 [\text{A}]^n [\text{B}]^m$$

əksinə reaksiyanın sürəti isə

$$v_2 = k_2 [\text{C}]^p [\text{D}]^q \quad \text{ilə}$$

ifadə edilə bilər.

Burada [A], [B], [C], [D] uyğun maddələrin qatılığı;  $k_1$  və  $k_2$  sürət sabiti;  $n$ ,  $m$ ,  $p$ , və  $q$  stexiometrik əmsallardır. Reaksiyanın ilk anlarından  $v_1$  böyük qiymətə malik olur. Reaksiya davam etdikcə başlanğıc maddələrin qatılığı azalır və  $v_1$ -də azalır, əksinə C və D qatılıqları artır, buna uyğun  $v_2$ -də artır. Müəyyən zamandan sonra  $v_1 = v_2$  olur. Buna reaksiyanın *tarazlıq halı* deyilir.

$$v_1 = v_2 ; \quad k_1 [\text{A}]^n [\text{B}]^m = k_2 [\text{C}]^p [\text{D}]^q$$

buradan

$$K_c = k_1 / k_2 \cdot [\text{C}]^p [\text{D}]^q / [\text{A}]^n [\text{B}]^m \quad \text{olur.}$$

[A]<sup>n</sup>[B]<sup>m</sup>

$K_c$  – dönən reaksiyanın tarazlıq sabitidir.  $k_c$  – reaksiyaya daxil olan maddələrin qatılığından asılı deyildir, sabit temperatur və təzyiqdə onun qiyməti sabit qalır. Tarazlıq sabitinin qiymətinə görə düzünə və əks istiqamətdə gedən reaksiyalardan hansının üstünlük təşkil etməsi haqqında fikir söyləmək olar.  $K_c \geq 1$  olduqda düzünə,  $K_c < 1$  olduqda isə əks istiqamətdə gedən reaksiya üstünlük təşkil edər. Tarazlıq sabitinin qiymətindən istifadə edərək analitik reaksiyaları tənzim etmək olar, yəni onun sona çatması üçün lazım olan şəraiti (başlanğıc qatılığı,

temperaturu, təzyiqi, pH-ı və s.) hesablayıb tapmaq olar. Tarazlıq sabitinin belə hesablanması ideal məhlullara tətbiq oluna bilər. Burada ionlar arasında heç bir qarşılıqlı təsir nəzərə alınmır. Real məhlullarda ionların qatılığı onların həqiqi kimyəvi fəallığına uyğun gəlmir. Adətən, bu fəallıq nəzərdə tutulduğundan aşağı olur. İonun fəallığı ( $\alpha$ ) dedikdə, onun kimyəvi reaksiyalarda iştirak edən effektiv qatılığı nəzərdə tutulur. Məsələn, 0,2 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  məhlulunda  $\text{H}^+$  və  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarının fəallığı 0,1737 – dir. Bu o deməkdir ki, bu ionlar kimyəvi reaksiyalarda 0,2M qatılıqda deyil, 0,1737M qatılıqda təsir göstərir. İon fəallığının məhlulun qatılığına nisbətində *fəallıq əmsalı* deyilir: Fəallıq əmsalı məhlulun ion qüvvəsindən asılıdır. Bu asılılıq sadələşmiş halda aşağıdakı kimi göstərilir:

$$\lg f = -0,5 Z^2 \mu$$

burada:  $Z$  – ionun yükü,  $\mu$  isə məhlulun ion qüvvəsidir. Bu kəmiyyət məhlulda mövcud olan elektrik sahəsi gərginliyini müəyyən edir. Məhlulun ion qüvvəsi Amerika alimləri Q.J.Lyuis və M.Rendal formulu vasitəsilə hesablanır:

$$\mu = 1/2 \sum C_n Z_n^2$$

Məhlulun ion qüvvəsinin hesablanmasına dair misal göstərək: 0,01 M KCl məhlulu üçün

$$\mu = 1/2 [0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2] = 0,01$$

Deməli, binar elektrolitlər üçün məhlulun ion qüvvəsi onların ümumi qatılığına bərabərdir:  $\mu = C$

Məsələn, 0,01 M  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  məhlulu üçün

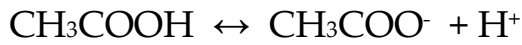
$$\mu = \frac{1}{2} [0,01 \cdot 2 \cdot 3^2 + 0,03 \cdot 2^2] = 15 C = 15 \cdot 0,01 = 0,15$$

Reaksiyanın tarazlıq sabiti  $K > 1$  olduqda reaksiya gedir,  $K = 1 \div 1 \cdot 10^{-4}$  olduqda reaktivin artığında gedir,  $K < 1 \div 1 \cdot 10^{-4}$  olduqda isə reaksiya getmir. Analitik kimyanın ən mühüm qanunauyğunluğu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

*Məhlulda kimyəvi reaksiyalar zəif elektrolitlər, davamlı komplekslər və çətin həll olan çöküntülər alınması istiqamətində* gedir. Kimyəvi tarazlıq sabitinə əsaslanaraq reaksiyanın analiz üçün nə dərəcədə yararlı olması haqqında nəticə çıxarmaq olar. Miqdari analizdə tətbiq olunan reaksiyaların tarazlıq sabitləri  $K \geq 10^8$  olmalıdır.

### Zəif elektrolit məhlulların tarazlıqları

Zəif elektrolitlərin suda dissosiasiyası dönən prosesdir. Bütün dönən kimyəvi proseslər kimi dissosiasiya prosesində də kimyəvi tarazlıq yaranır və kütlələrin təsiri qanununa tabe olur:



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$K_a$  - elektrolitin dissosiasiya sabitidir. Dissosiasiya sabiti ilə dissosiasiya dərəcəsi arasında aşağıdakı asılılıq var:

*İon tarazlığına eyniadlı ionların təsiri*

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

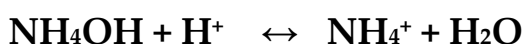
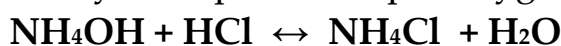
Kütlələrin təsiri qanununu öyrənərkən məlum oldu ki, kimyəvi tarazlığı pozmaq üçün, kimyəvi reaksiyada iştirak edən maddələrdən birinin qatılığını dəyişdirmək kifayətdir. Bunu dissosiasiyaya tətbiq etmək olar:

Məsələn,  $\text{NH}_4\text{OH}$  məhluluna eyniadlı ion  $\text{NH}_4^+$  ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) əlavə etsək, dissosiasiya geri dönər. Bu zaman  $\text{OH}^-$  ionlarının qatılığı azalmalıdır, çünki  $\text{NH}_4^+$  ionları  $\text{OH}^-$  ionlarını özünə birləşdirərək zəif dissosiasiya edən  $\text{NH}_4\text{OH}$  molekulları əmələ gətirir. Təcrübədə bu dəyişikliyi yoxlamaq məqsədilə  $\text{NH}_4\text{OH}$  məhlulunda mühitin əsaslığını təsdiq etmək üçün oraya 1-2 damcı fenolftalein məhlulu əlavə edək. Məhlul moruğu rəngə boyanır, sonra həmin məhlula bir neçə  $\text{NH}_4\text{Cl}$  kristalları əlavə edərək qarışdıraraq. Bu zaman moruğu rəngin azalması və nəhayət itməsi məhlulda  $\text{OH}^-$  ionlarının azalması ilə izah olunur. Məhlulda  $\text{OH}^-$  ionunun azalmasını  $K_a$  vasitəsilə hesablamaq olar:

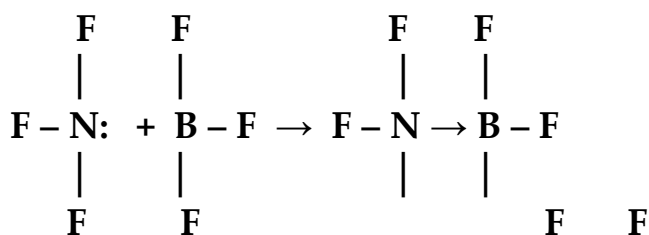
$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

Məhlula  $\text{NH}_4^+$  ionları əlavə etsək, kəsrin surəti artır və nəticədə kəsrin qiyməti dissosiasiya sabitindən fərqlənir.

Beləliklə, zəif elektrolit məhlullarına eyniadlı ionu olan elektrolit əlavə etsək, zəif elektrolitin dissosiasiya dərəcəsi azalır. Dissosiasiya tarazlığının dəyişməsinə təkcə eyniadlı ionların təsiri ilə deyil, eləcə də tarazlıqda iştirak edən bu və ya digər ionun başqa bir ion vasitəsilə zəif dissosiasiya edən molekullara çevrilməsi ilə də həyata keçirmək olar. Məsələn, əgər  $\text{NH}_4\text{OH}$  molekulunun dissosiasiyası nəticəsində alınan  $\text{OH}^-$  ionları  $\text{H}^+$  ionlar ilə birləşərək zəif elektrolit olan  $\text{H}_2\text{O}$ -ya çevrilsə, onda yuxarıda göstərilən kəsrin surəti azalar və kəsrin qiyməti K-dan az olar,  $\text{NH}_4\text{OH}$  dissosiasiya dərəcəsi artar. Əgər tarazlıqda olan sistemdən bu və ya digər maddəni reaksiya mühitindən çıxarsaq, onda proses həmin maddənin əmələgəlmə istiqamətində gedər. Analitik reaksiyalar məhlulda molekullar arasında deyil, ionlar arasında gedir. Ona görə də həmin reaksiya tənliklərini ion şəklində yazmaq daha məqsədəuyğundur:



Reaksiyanın ion tənliyini yazmaq üçün qüvvətli elektrolitləri ion formasında, zəif elektrolitləri isə molekul formasında yazmaq lazımdır.



**əsas**

**turşu**

Elektron cütünü verən maddələr Lyuis əsasları (məsələn,  $\text{NF}_3$ ), elektron cütünü qəbul edən maddələr Lyuis turşuları (məsələn,  $\text{BF}_3$ ) adlanır.

## Mühazirə-10

### Fəallıq. Fəallıq əmsalı

İonlar arasındakı qüvvə məhlulların elektrik keçiriciliyinə, donma və qaynama temperaturlarının qiymətinə təsir edir. Bunları qiymətləndirmək üçün aktivlik anlayışından (a) istifadə edilir. Reaksiyaların getməsi aktiv ionları hesabına baş verir. Məs; 0,1 N HCl məhlulunda H<sup>+</sup> və Cl<sup>-</sup> ionlarının aktivliyi 0,0814-ə bərabərdir, yəni HCl-un 0.1N qatılığı reaksiyada iştirak edir. Aktivliyin həqiqi qatılığa olan nisbəti aktivlik əmsalı (f<sub>a</sub>) adlanır:

$$f_a = \frac{0,0814}{0,1} = 0,814 \quad \text{Ümumi şəkildə: } f_a = \frac{a}{c} \text{ olar.}$$

Onda  $a = f_a \cdot C$  olur.

Aktivlik əmsalı anlayışını ilk dəfə Danimarka alimi Byerrum vermişdir (1918). Çox qatı olmayan məhlullar üçün  $\alpha < C$  olur. Qüvvətli elektrolitlər üçün  $\alpha > C$  qəbul etmək olar. Tarazlıq sabitinin belə hesablanması ideal məhlullara tətbiq oluna bilər. Burada ionlar arasında heç bir qarşılıqlı təsir nəzərə alınmır. Real məhlullarda ionların qatılığı onların həqiqi kimyəvi fəallığına uyğun gəlmir. Adətən, bu fəallıq nəzərdə tutulduğundan aşağı olur. İonun fəallığı (a) dedikdə, onun kimyəvi reaksiyalarda iştirak edən effektiv qatılığı nəzərdə tutulur. Məsələn, 0,2 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> məhlulunda H<sup>+</sup> və SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarının fəallığı 0,1737 –dir. Bu o deməkdir ki, bu ionlar kimyəvi reaksiyalarda 0,2M qatılıqda deyil, 0,1737M qatılıqda təsir göstərir.

İon fəallığının məhlulun qatılığına nisbətində *fəallıq əmsalı* deyilir:  $a$

$$f = \frac{a}{C} \quad (1)$$

Yuxarıdakı misalda  $f = \frac{0,1737}{0,2} = 0,868$

tənliyindən ionun fəallığını tapmaq olar:  $a = f \cdot C$  Real məhlullar üçün tarazlıq sabiti

$$a^c = a^a \cdot D = f^{[C]} \cdot f^{[D]} \text{ düsturu ilə ifadə}$$

$$K_T =$$

$$a_A^a \cdot a_B^b \cdot f[A]^a \cdot f[B]^b \text{ olunur.}$$

Burada:  $K_T$  - tarazlığın termodinamiki sabitidir. Tarazlığın termodinamiki sabiti ( $K_T$ ) ilə tarazlığın qatılıq sabiti ( $K_c$ ) arasında aşağıdakı asılılıq vardır.

$$K_T = K_C = f^{c-a-b}$$

$$f_A \approx f_B$$

Fəallıq əmsalı məhlulun ion qüvvəsindən asılıdır. Bu asılılıq sadələşmiş halda aşağıdakı kimi göstərilir:

$$\lg f \approx -0,5 Z^2 \mu$$

burada:  $Z$  – ionun yükü,  $\mu$  isə məhlulun ion qüvvəsidir. Bu kəmiyyət məhlulda mövcud olan elektrik sahəsi gərginliyini müəyyən edir. Məhlulun ion qüvvəsi Amerika alimləri Q.J.Lyuis və M.Rendal formulu vasitəsilə hesablanır:

$$\mu = 1/2 \sum C_n Z_n^2$$

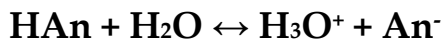
### Mühazirə-11

#### Turşu və əsaslar haqqında nəzəriyyələr.

Kütlələrin təsiri qanununa əsasən turşu və əsasların protoliz reaksiyalarının tarazlıq sabitləri arasında sadə asılılıq var. Turşu



məhlullarında tarazlığın vəziyyəti termodinamiki sabitlərlə xarakterizə olunur.

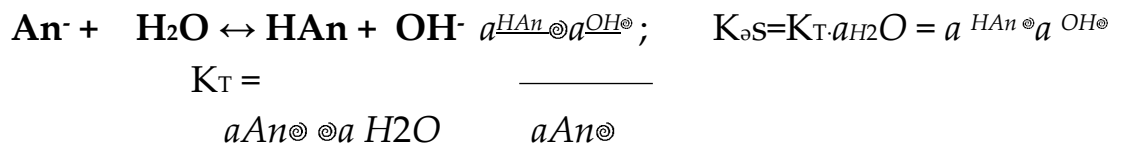


$$K_T = \frac{a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{An}^-}}{a_{\text{HAn}} \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Suyun fəallığı sabit kəmiyyət olduğundan

$$K_t = K_T \cdot a_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{An}^-}}{a_{\text{HAn}}} \quad a_{\text{HAn}} K_t$$

– turşuluq sabitidir. Əsaslıq sabiti  $K_{\text{əs}}$  analoji olaraq çıxarılır.



$K_{\text{əs}}$  – əsaslıq sabitidir. Turşuluq və əsaslıq sabitləri çox vaxt müvafiq sabitlərin göstəriciləri ilə verilir:

$$pK_t = -\lg K_t; \quad pK_{\text{əs}} = -\lg K_{\text{əs}}$$

Bu sabitlər turşuların və əsasların qüvvəsi haqda təsəvvür yaradır. Qoşulmuş (bir-biri ilə bağlı) əsas və turşuların tarazlıq sabitlərinin hasilini tapsaq,  $K_t \cdot K_{\text{əs}} = a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{OH}^-}$ , fəallığı qatılıqla əvəz etsək,

$$K_t \cdot K_{\text{əs}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_{\text{su}} \text{ olar.}$$

Burada  $K_{\text{su}}$  – suyun ion hasilidir.

*Sulu məhlullarda bir-birinə qoşulmuş turşu və əsasların dissosiasiya sabitinin hasilinə suyun ion hasilini deyildir.*  $K_t$  və ya  $K_{\text{əs}}$  görə  $K_{\text{su}}$  asanlıqla tapmaq olar. Suyun dissosiasiya sabitinin qiyməti  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,8 \cdot 10^{-16}$  təcrübi yolla tapılmışdır. 1 litr suda suyun miqdarı  $1000/18,015 \approx 55,5$  mol-dur.

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

buradan  $K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,5 \approx 10^{-14}$  olar. Distillə suyunda  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$ . Deməli, suda  $\text{H}^+$  və ya  $\text{OH}^-$  ionlarının qatılığının az və ya çox olması onun bu və ya digər xassəsini xarakterizə edir. Məsələn, mühit turşu xassəyə malikdirsə,  $\text{OH}^-$  ionlarının qatılığı  $10^{-7}$ -dən az olmalıdır, əksinə əsasi xassəyə malikdirsə,  $\text{H}^+$  ionlarının qatılığı  $10^{-7}$ -dən az olmalıdır. Çünki  $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$  hasilidir.

**Hidrogen göstəricisi pH**

Çox vaxt turşu və əsasların qatılıqlarının  $[H^+]$  və  $[OH^-]$  əvəzinə onların mənfi loqarifmləri işlədilir.

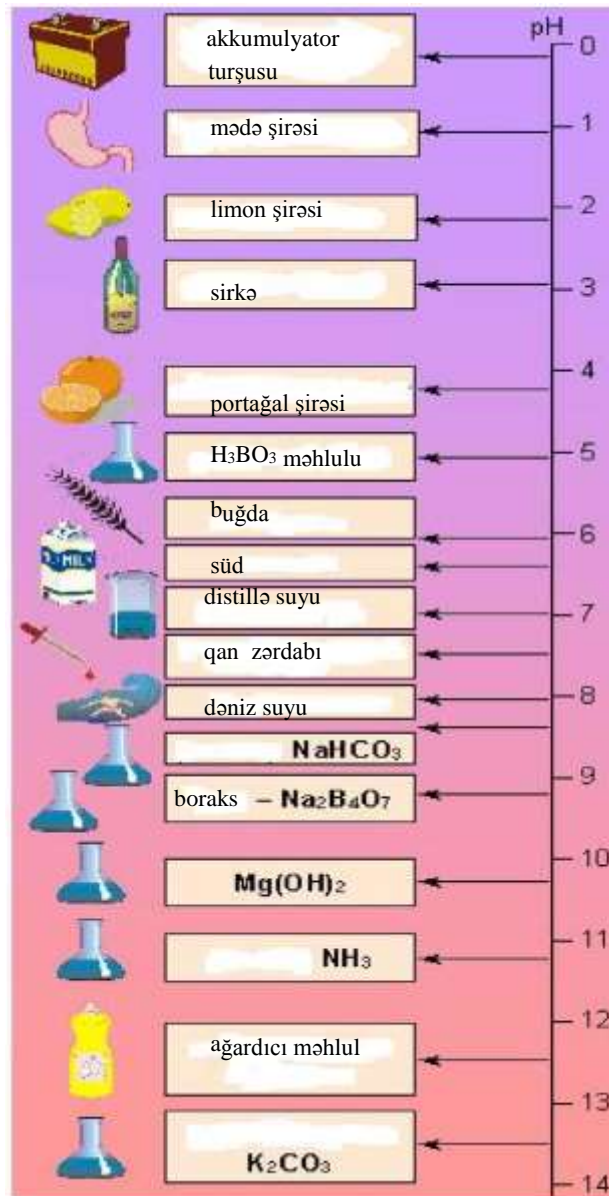
$$pH = -\lg[H^+] \quad pOH = -\lg[OH^-]$$

Təmiz su üçün  $pH = -\lg 10^{-7} = 7$ ,  $pOH = -\lg 10^{-7} = 7$ , Suyun ion hasilini  $K_{su} = [H^+][OH^-]$  loqarifmləsək,

$$-\lg[H^+][OH^-] = -\lg 10^{-14}$$

$$pH + pOH = 14$$

Hesablamalarda sonuncu tənlikdən istifadə olunur.  $pH < 7$  mühitin turş,  $pH > 7$  əsasi,  $pH = 7$  neytral olduğunu göstərir. Cədvəldə rast gəlinən bəzi maddələrin  $pH$  göstərilmişdir.



## Mühazirə-12

### Bufər məhlulları və onların vəsfi analizdə tətbiqi

Məhlulda kimyəvi reaksiyaların bu və ya digər istiqamətdə getməsinə hidrogen ionları qatılığının böyük təsiri vardır. Hidrogen ionlarının istənilən qatılığını əldə etmək və həmin qatılığı müəyyən həddə saxlamaq üçün bufer məhlullardan istifadə olunur. Bufer məhlullar, adətən, aşağıdakı qarışıqlardan ibarət olur.

*Zəif turşu və onun qüvvətli əsasla əmələ gətirdiyi duz məhlulu.*

Məsələn, asetat buferi:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$

*Zəif əsas və onun qüvvətli turşu ilə əmələ gətirdiyi duz məhlulu.*

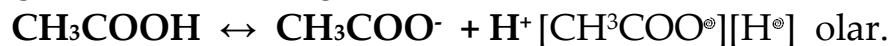
Məsələn, ammonium buferi:  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$

*Zəif çoxəsaslı turşuların qüvvətli əsasla əmələ gətirdiyi duzların məhlulu.*

Məsələn, fosfat buferi:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  və  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$

Bu və ya digər bufer məhlulun pH-ı nəzəri cəhətdən aşağıdakı kimi hesablanır.

*Zəif turşu və onun qüvvətli əsasla əmələ gətirdiyi duz məhlulları.* Tutaq ki,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  və onun duzu  $\text{CH}_3\text{COONa}$  qarışığı verilmişdir.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dissosiasiyası aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Bu tənlik üçün  $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$

Sirkə turşusu məhluluna onun duzu əlavə olunarsa,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ionlarının qatılığının artması ( $\text{CH}_3\text{COONa} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$ ) nəticəsində tarazlıq dissosiasiya etməyən molekul tərəfə yönəlir, dissosiasiya zəifləyir. Dissosiasiya etməmiş molekulların

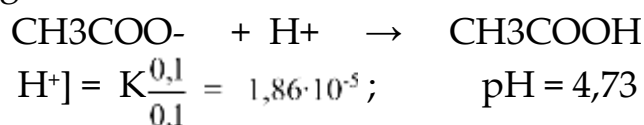
qatılığını məhlulda olan turşunun ümumi qatılığına bərabər götürmək olar.

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx C_{\text{tur}^+} = K_{\text{tur}} [\text{CH}_3\text{COO}^-] \text{ alınar.}$$

$$\text{Yuxarıdakı tənlikdən } [\text{H}^+] = \frac{K_{\text{tur}} [\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

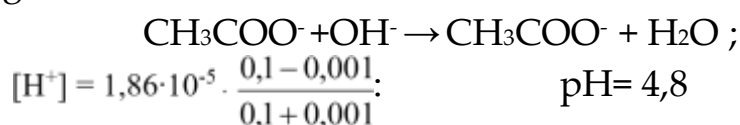
$\text{CH}_3\text{COONa}$  tam dissosiasiya etdiyindən və turşunun dissosiasiyasından əmələ gələn  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionun qatılığı çox az olduğunu nəzərə alaraq demək olar ki, məhlulda olan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionlarının hamısı duzun dissosiasiyasından əmələ gəlmişdir. Duzun hər bir dissosiasiya edən molekulu bir  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionu verdiyindən  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx C_{\text{duz}}$ .

Bufer məhlulların pH-ı sabit saxlamaq qabiliyyəti, onların ayrı-ayrı komponentlərinin məhlula daxil edilən turşu və əsasların  $\text{H}^+$  və ya  $\text{OH}^-$  ionları ilə birləşmələrinə əsaslanır. pH = 4,73 olan, tərkibində 0,1 mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $K=1,86 \cdot 10^{-5}$ ) və 0,1 mol onun duzundan ibarət 1 l məhlula 10 ml (0,01 mol) HCl əlavə edilərsə, turşunun qatılığı artar, duzun qatılığı isə azalar



$$[\text{H}^+] = 1,86 \cdot 10^{-5} \frac{0,1 + 0,001}{0,1 - 0,001}; \quad \text{pH} = 4,64$$

Həmin miqdarda qələvi əlavə edilərsə, duzun qatılığı artar, turşunun qatılığı isə azalar.



Qeyd etmək lazımdır ki, bufer məhlullar, üzərinə turşu və qələvinin yalnız müəyyən miqdarı əlavə edilənə qədər pH-ni sabit saxlaya bilər, yəni bufer tutumuna malikdir.

**Bufer tutumu** 1 l bufer məhlulun pH-nı 1 vahid dəyişə bilən turşu və ya əsasın ekvivalent miqdarı ilə müəyyən edilir. Bufer qarışığını təşkil edən komponentlərin qatılığı çox olduqca, bir o qədər də məhlulun bufer tutumu çox olur.

Bufer məhlullar analitik kimyada geniş istifadə olunur. Vəsfli analizdə bəzi çətin həll olan maddələrin çökdürülməsi pH-ın müəyyən qiymətində mümkün olur. Məsələn,  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarının  $\text{CaKNH}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  duzu şəklində çökməsi müəyyən pH-da mümkündür. Bu məqsədlə  $\text{NH}_4\text{Cl} +$

NH<sub>4</sub>OH buferindən istifadə olunur. Trilon-B vasitəsilə bir çox metalların titrimetrik təyinatında pH-ı 8-10 saxlamaq üçün də ammonium buferi götürülür. Bufer məhlullar, miqdarı analizdə də tətbiq olunur. Məsələn, Al<sup>3+</sup>, Mg<sup>2+</sup> və s. ionların qravimetrik təyinatında bu və ya digər bufer məhlullardan istifadə edilir.

### Mühazirə-13

#### Heterogen sistemlərdə kimyəvi tarazlıq. Kimyəvi analizdə çökmə reaksiyaları

Vəfi analizdə çətin həll olan maddələrin çökməsinə tez-tez rast gəlinir. Ona görə də çöküntülərin çökməsi və həll olması proseslərinin qanunauyğunluqlarını bilmək vacibdir. Kimyəvi stəkana çətin həll olan məsələn, AgCl yerləşdirilir, oraya distillə suyu əlavə edilir. Bu zaman Ag<sup>+</sup> və Cl<sup>-</sup> ionları onları əhatə edən su dipolları tərəfindən cəzb edilərək tədricən kristallardan qoparaq məhlula keçir. Məhlulda Ag<sup>+</sup> və Cl<sup>-</sup> ionları toqquşaraq yenidən AgCl əmələ gətirərək kristalın səthinə çökür. Beləliklə, sistemdə iki bir-birinə əks proses baş verir, bu da həmişə dinamik tarazlığa gətirib çıxarır, yəni vahid zamanda məhlula keçən ionların sayı, çökən ionların sayına bərabər olur. Məhlulda Ag<sup>+</sup> və Cl<sup>-</sup> ionlarının artması qurtardıqda məhlul doymuş olur.  $AgCl \leftrightarrow Ag^+ + Cl^-$  Buradan aydın olur ki, baxılan sistem çətin həll olan duzun çöküntüsü ilə onun doymuş məhluludur. Qeyd edildiyi kimi, iki əks proses gedir:

*İonların çöküntüdən məhlula keçməsi.* Bu prosesin sürəti  $v_1$  çöküntünün vahid səthində olan ionların sayı ilə mütənasibdir. Bu say zaman keçdikcə praktiki olaraq dəyişmir, ona görə də həllolma sürətini sabit temperaturda sabit hesab etmək olar.  $v_1 = k_1$

*Məhluldan ionların çökməsi.* Bu prosesin sürəti Ag<sup>+</sup> və Cl<sup>-</sup> ionlarının qatılığından asılıdır. Kütlələrin təsiri qanununa görə

$$v_2 = k_2 [Ag^+] [Cl^-]$$

Tarazlıq halı üçün  $v_1 = v_2$  olduğundan,  $k_1 = k_2 [Ag^+] [Cl^-]$ , və ya  $k^{-1}$  olar. Beləliklə, çətin həll olan elektrolitin doymuş məhlulunda ionların qatılıqları hasili sabit temperaturda sabit kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət həllolma hasili adlanır. Göstərilən misalda  $h_{AgCl} = [Ag^+] [Cl^-]$ .

Elektrolitdə bir və ya bir neçə eyni ion olarsa, həllolma hasili hesablanarkən bu ionların qatılıqlarının üstü kimi nəzərə alınır. Məsələn:  $hh_{Ag_2S} = [Ag^+]^2[S^{2-}]$ .  $hh_{PbI_2} = [Pb^{2+}][I^-]^2$ .

Ümumi halda,  $A_mB_n$  elektroliti üçün həllolma hasili aşağıdakı kimi ifadə olunur:  $hh = [A]^m [B]^n$  Müxtəlif maddələr üçün  $hh$  qiyməti müxtəlifdir.

$$\text{Məsələn: } hh_{CaCO_3} = 4,8 \cdot 10^{-9}, \quad hh_{AgCl} = 1,56 \cdot 10^{-10}$$

Verilmiş temperaturda birləşmənin həllolma qabiliyyətini bilməklə,  $hh$  hesablamaq olar. Həllolma hasili analitik kimyada mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Onu tətbiq etməklə, vəsfi analizdə ionları düzgün olaraq çökdürürlər. Həllolma hasilinin köməyi ilə çökmə aparılan mühitin qatılığı, çökdürücü, onun miqdarı və çökmə şəraiti müəyyənləşdirilir. Bunlar qravimetrik üsulla miqdarı təyinatda mühüm amillərdir.

### **Çöküntünün əmələ gəlməsi**

Çətin həll olan elektrolitin ionlarının qatılıqları hasili həllolma hasilindən kiçik olarsa, bu məhlul *doymamış* məhluldur. Duz (məsələn,  $AgCl$ ) məhlulunda ionların qatılıqlarının hasili həllolma hasilinə bərabər ( $[Ag^+] \cdot [Cl^-] = hh_{AgCl}$ ) olarsa, məhlul *doymuş* məhluldur. Verilmiş temperaturda az həll olan elektrolitin ionlarının qatılıqlarının hasili onun  $hh$ -dən çox ( $[Ag^+] \cdot [Cl^-] > hh_{AgCl}$ ) olarsa, bu zaman çöküntü ayrılır. Məhlul *ifrat doymuş* məhluldur. İonların qatılıqlarının hasili  $hh_{AgCl}$ -ə bərabər olduqda çöküntünün çökməsi dayanar. Qarışdırılan məhlulların həcmi və qatılığını bilərək alınan duzun çökəcəyi və ya çökməyəcəyini hesablamaq olar.

### **Məhlulların qatılığının təsiri**

Həllolma hasili nisbətən böyük, az həll olan elektroliti onun duru məhlullarından çökdürmək olmur. Məsələn, bərabər həcmərdə  $0,1 M Pb(NO_3)_2$  və  $NaCl$  məhlullarını qarışdırdıqda  $PbCl_2$  çökmür. Çünki eyni həcmələri qarışdırdıqda hər bir ionun qatılığı iki dəfə azalır:  $0,1/2 = 0,05 M$  və ya  $5 \cdot 10^{-2} M$  olur.  $[Pb^{2+}] \cdot [Cl^-]^2 = 5 \cdot 10^{-2} \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2 = 12,5 \cdot 10^{-5}$ . İonların qatılıqları hasili  $hh_{PbCl_2}$ -dən az olduğundan  $PbCl_2$  çökməsi baş vermir.

### **Çökdürücünün miqdarının təsiri**

Tam çökmənin baş verməsi üçün çökdürücünün artıq miqdarından istifadə edirlər. Məsələn,  $BaCO_3$  çökdürülərkən  $BaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 + 2NaCl$  reaksiyasından istifadə olunur. Ekvivalent miqdarda  $Na_2CO_3$  əlavə edildikdə məhlulda qatılığı  $hh$  qiymətinə uyğun  $Ba^{2+}$  ionları qalır.  $Na_2CO_3$  çökdürücüsünün əlavə edilməsi nəticəsində  $CO_3^{2-}$  ionlarının qatılığı artır,

nəticədə  $Ba^{2+}$  ionlarının məhlulda qatılığı azalır ki, bu da  $Ba^{2+}$  ionunun tam çökməsini təmin edir.

### **Eyniadlı ionun təsiri**

Eyniadlı ionları olan qüvvətli elektrolitin iştirakı çətin həll olan elektrolitin həll olmasını azaldır. Əgər  $BaSO_4$  –in doymamış məhluluna az-az  $Na_2SO_4$  məhlulu əlavə edilərsə, ionların qatılıqları hasilinə əvvəlcə  $hh_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ -dən az olan hallarda, tədricən bu qiymətə çatır, sonra artır və çöküntünün ayrılması baş verir.

### **Duz effekti**

Eyniadlı ionu olmayan elektrolitlər də çətin həll olan elektrolitlərin həll olmasına təsir göstərir. Ancaq bu halda həllolma artır. Məsələn,  $PbSO_4$  həll olması  $KNO_3$  və  $NaNO_3$  iştirakında,  $AgCl$  həll olması isə  $Na_2SO_4$  və  $K_2SO_4$  iştirakında artır, çünki kənar ionların çoxluğu məhlulda olan çətin həll olan ionların həm öz aralarında və həm də çöküntünün səthi ilə toqquşmasına mane olur. Bu *duz effekti* adlanır.

**Temperaturun təsiri**  $hh$  – sabit temperaturda sabit kəmiyyətdir. Temperatur artdıqca, onun qiyməti də artır. Ona görə də çökmə soyuq məhlullarda aparılır. İsti məhlullardan çökmədən, yalnız temperaturun çöküntünün xarakterinə müsbət təsiri zamanı, məsələn, kolloid məhlulun əmələ gəlməsinin qarşısını almaq və ya amorf haldan kristal hala keçirmək lazım gəldikdə istifadə olunur.

### **Çöküntülərin həll olması**

$hh$  - ni bilmək çətin həll olan çöküntüləri məhlula keçirmək üçün vacibdir. Fərz edək ki,  $BaCO_3$  çöküntüsünü məhlula keçirmək lazımdır.

Bu çöküntü ilə təmasda olan məhlul  $BaCO_3$  –a görə doymuş məhluldur, yəni  $[Ba^{2+}][CO_3^{2-}] = hh_{BaCO_3}$  Əgər məhlula turşu əlavə olunarsa,  $H^+$  ionları  $CO_3^{2-}$  ionlarını özünə bağlayaraq davamsız karbonat turşusu molekullarını əmələ gətirir:  $2H^+ + CO_3^{2-} \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2$  Bunun nəticəsi olaraq  $CO_3^{2-}$  ionunun qatılığı azalar, ionların qatılıqları hasilinə  $hh_{BaCO_3}$  -dən az olar.  $BaCO_3$  məhlulu doymamış olar, çöküntünün bir hissəsi məhlula keçər. Kifayət qədər turşu əlavə edilərsə, çöküntünün hamısını məhlula keçirmək olar. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, az həll olan elektrolitin ionlarının qatılıqları hasilinə hhdən az olduğu halda, çöküntü həll olmağa başlayır. Çöküntünü həll etmək üçün məhlula elə elektrolit əlavə edirlər ki, onun ionlarından biri çətin həll olan elektrolitin ionlarından biri ilə az dissosiasiya edən birləşmə əmələ gətirsin. Çətin həll olan hidrosidlərin turşularda həll olması bununla izah edilir.  $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$

OH<sup>-</sup> ionları az dissosiasiya edən H<sub>2</sub>O molekulu əmələ gətirməklə bağlıdır.