

# **ANALITIK, FIZIKAVIY VA KOLLOID KIMYO**

**Analitik kimyo fanidan sifat va miqdoriy  
tahlil qilish asoslari**



543  
A 630

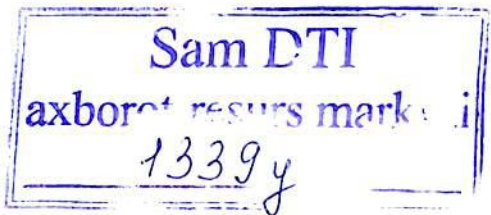
**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS  
TA‘LIM VAZIRLIGI**

N.Sh.Raxmatova, M.G.Bekmuratova, R.A.Nazirova,  
Sh.P.Nurullayev

**ANALITIK, FIZIKAVIY VA  
KOLLOID KIMYO**

Analitik kimyo fanidan sifat va miqdoriy  
tahlil qilish asoslari

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi  
tomonidan oliy o‘quv yurtlarining 5111000 – Kasb ta‘limi  
(yo‘nalishlari bo‘yicha), 531900 – Metrologiya,  
standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti  
(kimyo va oziq-ovqat sanoati), 5320300, 5320400, 5321300,  
5321800, 5360100 ta‘lim yo‘nalishlarining talabalari uchun  
darslik sifatida tavsiya etilgan*



«O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti  
Toshkent – 2019

UO'K: 543/544(075)

KBK: 24.5ya73

A 63

A 63 **Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo** [Matn]: darslik. N.Sh. Raxmatova, M.G.Bekmuratova, R.A.Nazirova, Sh.P.Nurullayev. – Toshkent: «O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2019. – 240 bet.

UO'K: 543/544(075)

KBK: 24.5ya73

**Texnika fanlari doktori, professor R.A. Nazirovaning  
umumiy tahriri ostida**

Ushbu darslik analitik kimyo fanini sifat va miqdoriy tahlil qilish usullari to'g'risida bo'lib, unda analitik kimyo fani vazifalari hamda usullari mazmun mohiyati yoritilgan. Analitik kimyo fanining dasturi-ga muvofiq berilgan mavzular yuzasidan nazariy ma'lumotlar, laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish tartibi va mavzuga oid misol hamda masalalarni yechishga doir ayrim fizik-kimyoviy kattaliklarning ma'lumotlari keltirilgan. Darslikda miqdoriy analiz qilish usullari, ularga qo'yiladigan asosiy standart talablari, laboratoriyada bajarilish tartibi, kerakli jihozlardan foydalanish qoidalari, moddalarning tayyorlanishi va olingan natijalarni hisoblash uchun ko'rsatmalar berilgan.

Darslikdan kimyo, kimyoviy texnologiya, neft va gazni qayta ishlash, oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi, biotexnologiya, oziq-ovqat xavfsizligi va boshqa turdosh ta'lim yo'nalishlari talabalari hamda tegishli mutaxassislik magistrleri foydalanishlari mumkin.

**Taqrizchilar:**

**T.A.Azizov** – kimyo fanlari doktori, professor,

**Q.M.Axmerov** – kimyo fanlari doktori, professor.

ISBN 978-9943-6170-8-7

## SO‘Z BOSHI

Mustaqil Respublikamizning kimyo, oziq-ovqat, neft va gazni qayta ishlash, qurilish materiallari va boshqa turdosh ishlab chiqarish tarmoqlarining sanoat korxonalari zamon talablariga mos ravishda jadal sur‘atlarda rivojlanib taraqqiy etib bormoqda. Boshqa turdosh ixtisoslik yo‘nalishlari bilan bir qatorda mazkur sohani hozirgi jahon andozalariga mos keladigan yuksak unumdorlik ko‘rsatkichlariga ega bo‘lgan innovatsion texnologiyalar, uskuna va qurilmalar bilan jihozlash tadbirlari keng miqyosda amalga oshirilmoqda. Bu esa o‘z navbatida kimyo fanlaridan nazariy va amaliy bilimlarni chuqurlashtirish, hamda mavjud texnologik muammolarning yechimlarini fanlardan olingan bilimlarni amaliy tezkor holatda sinab ko‘rishni talab qilyapti.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M. Mirziyoyevning 2017-yil 20-apreldagi «Oliy ta‘lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi PQ–2909-sonli qarori mazkur dolzarb vazifalarni bajarishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kadrlar yetishtirish muammosini hal qilishda barcha oliy ta‘lim o‘quv yurtlarini sifatli va mukammal tayyorlangan o‘quv adabiyotlari bilan yetarli darajada ta‘minlash zaruriyatlari mavjud bo‘ladi. Ishlab chiqarishda kimyoviy moddalar ishtirokida boruvchi har qanday texnologik jarayonlarni har tomonlama chuqur va atroflicha kompleks ravishda mukammal o‘rganish, boshqarish, tahlil qilish, ularda sodir bo‘luvchi barcha kimyoviy jarayonlarning optimal borish shart-sharoitlarini belgilash muhim o‘rin tutadi. Shulardan kelib chiqib analitik kimyo fanidan amaliy mashg‘ulotlarni olib borish jarayonida o‘lchov birikmalarini aniq belgilash, shuningdek, fizik-kimyoviy kattaliklarni to‘liq qiymatlarida hisoblanishga katta e‘tibor qaratish maqsadga muvofiqdir. Bunda bajariladigan barcha o‘lchamlar yoki hisoblashlar asosida topilgan o‘rtacha qiymatlar miqdori shu kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqin bo‘lishi kerak, ya‘ni xatolik juda kam darajada bo‘lishini ta‘minlashga harakat qilish zarur bo‘ladi. Kimyo moddalari ishtirokida boruvchi barcha texnologik jarayonlarni o‘rganish, tahlil qilish, ularda sodir bo‘luvchi kimyoviy reaksiyalarni boshqarish va boshqa holatlarini belgilash analitik kimyo fanining nazariy qonun va qonuniyatlariga hamda analiz qilishning turli xildagi usullariga asoslanadi.

## KIRISH

### ANALITIK KIMYO FANI TO'G'RISIDA QISQACHA MA'LUMOT. FANNING VAZIFALARI, FANNING RIVOJLANISHIDA O'ZBEK VA CHET EL OLIMLARINING XIZMATLARI

*Analitik kimyo* — har xil moddalar va ular aralashmalarining sifat va miqdoriy tarkibini o'rganish bilan shug'ullanadigan fandır.

*Sifat tahlili maqsadi* — tarkibi noma'lum aralashmaning tarkibiy qismlarini aniqlash.

*Miqdoriy tahlilning maqsadi* — aralashmadagi bir yoki bir necha tarkibiy qismlarning miqdorini aniqlash.

Odatda, sifat tahlili miqdoriy tahlildan oldin o'tiladi, chunki miqdoriy tahlilning usullarini tanlash tahlil qilinadigan namunaning tarkibini bilishga bog'liq.

Analitik kimyo katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

Kimyoviy tahlil ko'pincha ilmiy tekshirishlarda, texnologik jarayonni kuzatishda, biologiya, gigiyenik suv, havo, oziq-ovqat mahsulotlarining tahlili va hokazolarni tahlil qilishda qo'llaniladi.

Yozilgan ushbu uslubiy qo'llanma sirtdan o'qiydigan talabalar-ga amaliy mashg'ulotlarni bajarish uchun zarur bo'lgan nazariy masalalar bilan mukammalroq tanishish umkonini beradi.

Sifat tahlili bo'limida moddalarni sifat jihatdan aniqlashning asosiy reaksiyalari: ko'p uchraydigan kation va anionlar tahlili yoritilgan.

Miqdoriy tahlil qismida hajmiy tahlilning: neytrallash, permanganometrik va kompleksometrik usullarning asosiy nazariy qismlari yoritilgan. Har xil miqdoriy aniqlashga doir misollar va o'z-o'zini tekshirish uchun masalalardan namunalar keltirilgan.

Har qanday modda bir yoki bir necha kimyoviy elementdan tashkil topganligini bilamiz. Masalan, grafit birgina uglerod elementidan, suv esa vodorod va kislород elementlaridan tashkil

topgan. Moddaning qanday elementlardan tashkil topganligini aniqlash uchun uni kimyoviy analiz qilish zarur.

Kimyoviy analiz ayni modda tarkibida qanday elementlar borligini aniqlash bilan cheklanmasdan, balki bu moddada ular o‘zaro qanday miqdoriy nisbatlarda ekanligini ham aniqlaydi.

**Analitik kimyoning vazifasi – materiyani kimyoviy nuqtayi nazar bilan xarakterlash va ikkita asosiy savolga javob berish:**

‘Nima’ (sifat analizi)

‘Qancha’ (miqdoriy)

Biz hayotimiz davomida nimalardan foydalansak, nimalarni ishlatsak, ularni bari kimyoviy moddalardan iborat, bu esa, ularni tarkibini bilishni taqozo etadi.

*Analitik kimyo* fani barcha sohalarda katta ahamiyat kasb etadi, masalan: qishloq xo‘jaligida, formatsevtikada, tibbiyotda, atrof-muhit kimyosida, metallurgiya sanoatida, oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi pestisid va vitaminlar miqdorini tekshirishda, zargarlikda va boshqa sohalarda keng foydalaniladi. Katta shaharlarda esa havo tarkibidagi uglerodning monooksidini tekshirib turish zarur. Diobetik bemorlarda esa doimiy ravishda qand miqdorini tekshirib turish zarur bo‘ladi.

Masalan, tog‘ muhandislari rudani iqtisodiy (ekonomik) jihatdan eng arzon ajratib olish usulini ishlab chiqishlari, ya‘ni rudaning tarkibiy qiymati, ajratib olish qiymatidan yuqori bo‘lishiga erishishlari shart.

Kimyoviy analiz kriminalistikada, arxeologiyada, dunyo okeani va atmosferasini o‘rganishda qo‘llaniladi. Kimyoviy analiz yordamida kosmik apparatlar bilan quyosh sistemasidagi planetalar atmosferasi va tuprog‘ining tarkibini o‘rganishga muvaffaq bo‘lindi.

Kimyoviy analiz avtomatlashtirilgan va yarimavtomatik usullar bilan olib boriladi. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarishda kompleks avtomatlashtirilgan texnologiyalarda avtomatik analiz usulidan foydalaniladi.

Atrof-muhitni muhofaza qilish tadbirlarini amalga oshirishda kimyoviy analizning tezkor usullaridan foydalaniladi. Masalan,

suvda va zavodda zararli aralashmalarning paydo bo'lganligini, yadro reaksiyalarini, oziq-ovqatlarni va boshqalarni tekshirishda tezlik bilan analiz o'tkazish kerak bo'ladi.

Analitik kimyo fani asosan modda tarkibini tabiati jihatidan sifat (nimadan iborat) va miqdoriy (qanchadan iborat) o'rganishga asoslanadi. Bularga quyidagicha aniqlik kiritishimiz mumkin. Ko'pgina holatlarda kimyogarlar sifat jihatidan yoki miqdoriy jihatdan o'lchashlarni amalga oshiradilar. Bu ikkala holat bir-biridan butunlay ayro bo'lgan jarayonlar bo'lmay, balki bir-birini to'ldiruvchi holatdir. Haqiqatan ham kimyoning boshqa bo'limlarida ham siz moddalarni sifat va miqdoriy jihatdan o'rgangan bo'lishingiz mumkin.

Kimyoning ko'pgina bo'limlarida, masalan, noorganik moddalarni faqat ionlar ko'rinishida sifat yoki titrlash orqali miqdoriy analiz qilish talab etiladi, xolos.

Analitik kimyo murakkab bo'lmagan namunani oddiygina analiz qilishgagina asoslanib qolmasdan (aslida, bu ham umumiy holda kimyoviy analiz deyiladi), balki ishlab chiqilgan mukammal, keng qo'llaniladigan usullardan foydalanib, murakkab tarkibga ega bo'lgan namunalarni analiz qilish, shu bilan birga yangi usullarni ishlab chiqish (amaliyotga tatbiq etish) zarurligini anglatadi.

Ba'zan shunday holatlar bo'ladiki, bunda analitkdan namunani faqat sifat jihatidan yoki faqatgina miqdoriy analiz qilish talab etiladi. Bulardan tashqari, namunaning kimyoviy yoki fizikaviy xossalari aniqlanishi kerak bo'ladigan holatlar ham bo'lishi mumkin.

Ma'lumki, har qanday namunani analiz qilish **sifat analizidan** boshlanadi.

Sifat analizi – kimyoviy reaksiyalar asosida amalga oshiriladi.

Hozirgi vaqtda *infraqizil spektroskopiya (IQ)*, *yadro magnit rezonansi (YMR)* va *mass-spektrometriya* kabi usullar asosida sifat analizi amalga oshirilmoqda. Bunday usullarda tahlil qilish na faqat oliy o'quv yurtlarida, balki ilmiy tekshirish institutlarida, tibbiyot, farmatseftika sohalarida keng foydalaniladi.

Berilgan biror kimyoviy moddalardan iborat namunani *miqdoriy analiz qilish* ham laboratoriyalarda olib boriladi. Masalan, qishloq xo'jalik mahsulotlari bo'lgan don tarkibidagi glyukoza miqdorini aniqlashda, ishlab chiqarish tarmoqlarida esa po'lat tarkibidagi xrom muntazam ravishda miqdoriy analiz qilib borilishi shart.

Bundan tashqari, klinikalarda, farmatsevtikada, ekologiya va sanoatning barcha sohalaridagi laboratoriyalarda murakkab namunalar miqdoriy analiz qilinadi<sup>1</sup>.

*Analitik kimyo* fanining yana bir muhim jihatlaridan biri – moddani kimyoviy va fizikaviy xossalarini o'rganishdir. Analizning xarakteriga ko'ra moddaning kimyoviy tuzilishi, muvozanat konstantasi, zarrachalarning o'lchami, sirt yuzasi tuzilishi kabi parametrlarini ham o'rganish mumkin bo'ladi. Shu sababli kimyo bilan bog'langan sanoat ishlab chiqarishning deyarli barcha tarmoqlarida olingan namunalarni miqdoriy jihatdan tahlil qilish muhim o'rin tutadi.

## **ANALITIK KIMYO FANINING RIVOJLANISH TARIXI**

Analitik kimyoning amaliy usullari qadim zamonlardan, ba'zi tabiiy birikmalarni ularning xususiyatlariga qadar aniqlashdan boshlangan.

Lekin u ilmiy fan sifatida asosan XVII asrning o'rtalarida, R. Boyl fanga kimyoviy element sohasidagi tushunchani kiritgandan keyin rivojlandi.

Boyl ma'lum bo'lgan sifat reaksiyalarning hammasini tartibga soldi va o'zi bir necha reaksiyani tavsiya qilib, «ho'l usul» bilan qilinadigan analizga asos soldi.

XVIII asrda eritmalardan metallar (kationlar)ni guruhlarini bilan ajratish usulining T. Bergman tomonidan joriy etilishi sifat analizining rivojlanishida alohida ahamiyatga ega bo'ldi. Sifat

---

<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. 2009-y, 1-tom. 19-bet.



analizining mikrokristalloskopik analiz usuli M.V. Lomonosov va ayniqsa, T.E. Lovisning ilmiy ishlari tufayli vujudga keldi.

U kalsiy tuzlari ishtirokida alangani qizil tusga bo'yalishidan foydalanib, tuzlar tarkibida kalsiy mavjudligini bilib olish mumkinligini amalda ko'rsatdi.

Bulardan tashqari, Lovis kashf etgan adsorbsiya hodisasi keyinchalik rus botanigi M.S. Svet tomonidan taklif etilgan xromatografik analizda keng tatbiq etildi. Miqdoriy analizni ilmiy fan sifatida M.V. Lomonosov asoslab berdi.

U dastlabki moddalarni va reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalarni tarozida tortib ko'rishni birinchi marta sistemali ravishda qo'lladi. Miqdoriy analiz usullaridan foydalanish XIX asrning boshlarida stexiometrik qonunlarning kashf etilishiga olib keldi. Bu xulosalarning J. Dalton ishlarida tajribada tasdiqlanishi kimyoda atom nazariyasini qaror toptirdi.

Bu nazariyaning kiritilishi miqdoriy analizning keyingi rivojlanishini tezlashtirdi. 1859-yilda R. Bunzen va G. Kirxgof sifat analizining fizikaviy usullaridan biri – spektral sifat analizini ishlab chiqdilar.

XIX asrda elektrogravimetrik analiz ham rivojlandi. 1871-yilda N.A. Menshutkinning sifat va miqdoriy analizga doir «Analitik kimyo» kitobi bosilib chiqdi. Organik sintezning tez sur'atlar bilan o'sishi analitik kimyo taraqqiyotiga juda katta ta'sir ko'rsatdi. Organik reagentlarni (analitik kimyoda) cho'ktiruvchi sifatida dastlab M.A. Ilinskiy va L.A. Chugayevlar tatbiq etdilar.

**Organik reagentlar tomchi analizida va fotometrik analizda keng qo'llaniladigan bo'ldi. Tomchi usulini N.A. Tananayev ishlab chiqdi.**

Avstriyalik kimyogar F. Faygel ham tomchi analizi sohasida muhim ishlar qildi. XIX asrning oxiri va XX asrning boshlarida fizik kimyoning tez taraqqiy etishi ham analitik kimyoning rivojlanishiga katta ta'sir qildi. Eruvchanlik ko'paytmasi haqidagi V. Nernstning ishlari, shuningdek, oksidlanish-qaytarilish reak-

siyalarining mohiyatiga doir ishlar analiz uchun katta ahamiyatga ega bo'ldi.

Rossiyada N.S. Kurnakov boshchiligida «fizik-kimyoviy analiz» deyiladigan yangi usulning paydo bo'lishi va uning murakkab sistemalarning kimyoviy tabiatini «tarkib-xossa» diagrammasini tuzish yo'li bilan aniqlashga imkon berishi analitik kimyo rivojiga katta hissa qo'shdi.

Keyingi yillarda analitik kimyoda yangi zamonaviy analiz usullari yaratildi. Analitik kimyoni rivojlantirishga doir ilmiy izlanishlar to'xtovsiz davom etmoqda. Kimyoviy nazoratni avtomatik usullar bilan bajarish inson mehnatini yengillashtiradi, tannarxni arzonlashtiradi, mahsulot ishlab chiqarilishini uzluksiz nazorat qilib turishni, ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlarini bir me'yorda saqlanishini ta'minlaydi va hokazo.

1800-yildan boshlab Analitik kimyodan darsliklar chiqa boshladi. 1845-yili Germaniyada Karl Frezenius «Miqdoriy analiz uchun qo'llanma» chop etdi. 1894-yilda chop etilgan Vilgelm Ostvaldning «Analitik kimyoning ilmiy asoslari» nomli kitobida analitik kimyodagi o'zgarishlarni nazariy jihatdan muvozanat konstantasi asosida tushuntirib berdi va kimyoning rivojlanishi uchun muhim ahamiyat kasb etdi.

XVII asrda T. Bergman (1735–1784) eritmadan kationlarning butun guruhi bilan ajratish usulini kiritdi va sistematik analiz usuliga asos soldi, hozirgi vaqtgacha bu usuldan foydalaniladi. Shu vaqtda M.V. Lomonosov (1711–1784) mikrokristalloskopik analiz usulini yaratgan; miqdoriy analizda esa birinchi marta dastlabki va kimyoviy reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalarni tortish usulini qo'llagan. 1756-yilda M.V.Lomonosov tomonidan ochilgan va eksperimental tasdiqlangan massalar saqlanish qonuni miqdoriy analiz usulining nazariy asosi bo'ldi.

O'zbekistonda analitik kimyo fanining rivojlanishiga akademik Sh.T. Talipov (1908–1994) o'z hissasini qo'shgan. U qariyb 40 yil mobaynida O'zbekiston Milliy universiteti (Toshkent davlat universiteti)ning analitik kimyo kafedrasini boshqarib, o'z mak-

tabini yaratgan. Ushbu dargohda bir qator kimyo fani va doktor nomzodlari (marhum N.B. Boboyev), N. Turopovlar, Toshkent kimyo texnologiya instituti professor o'qituvchilaridan D. Jiyanboyev, R.A. Nazirova, M.S. Mirkomilova, B.G. Zokirovlar samarali mehnatlari bilan o'z hissalarini qo'shib kelmoqdalar.<sup>1</sup>

Sifat analizini selektiv (ko'p samaradorlikka ega bo'lgan) kimyoviy reaksiyalar yordamida yoki uskunalar bilan bajarish mumkin. Masalan, kumush nitrat eritmasini namunaga qo'shilganda oq cho'kmaning hosil bo'lishi eritmada xlor ionlarining mavjudligini bildiradi. Ba'zi kimyoviy reaksiyalar natijasida o'ziga xos bo'lgan o'zgarishlar, tashqi effekt o'zgarishlar ya'ni ko'z bilan kuzatish mumkin bo'lgan xarakterli rang o'zgarishi, gaz ajralishlari yoki cho'kma tushishi kabilar sodir bo'lib, unda organik birikmalarni ayrim sinflaridan, masalan, ketonlardan darak beradi. Infraqizil spektrlar yordamida «barmoq izlarini», organik birikmalar sinflari va ularni funksional guruhlarini aniqlash imkonini beradi.

## ANALITIK KIMYO FANI VA UNING NAZARIYASI



Analitik kimyo kimyoviy analizning nazariy asoslari va usullarini ishlab chiqadigan fandır. Analitik kimyo fanining amaliy vazifasi moddalarning yoki ularning aralashmalarining tarkibini bilishdan iborat. Tahlil analiz qilishda avval moddaning sifat tarkibi aniqlanadi, ya'ni u qanday elementlardan, element guruhlardan yoki ionlardan tashkil topganligi haqidagi masala hal qilinadi, so'ngra moddaning miqdoriy tarkibini aniqlashga o'tiladi, ya'ni shu moddada topilgan elementlar yoki ionlar qanday miqdoriy nisbatlarda ekaniligi bilib olinadi.

<sup>1</sup> Analitik kimyo, G.Kristian. 2009-y, 1-tom. 20-bet.

Modda tarkibiga qanday element yoki ionlar kirishini topish, aniqlash sifat analizining vazifasidir. Tekshirilayotgan modda tarkibini tashkil etgan element yoki ionlar miqdorini aniqlash miqdoriy aniqlashning vazifasidir.

Sifat analizining kimyoviy usullari bilan ish ko'rilganda topilishi lozim bo'lgan element yoki ion o'ziga xos xususiyatli biror birikmaga aylantiriladi va ayni birikma hosil bo'lganligi ana shu xossa asosida olib boriladi. Bunda sodir bo'ladigan kimyoviy o'zgarish analitik reaksiya, bu reaksiyaga sabab bo'lgan modda esa reagent deyiladi. Kimyoviy usullar kimyoviy reaksiyalarni bo'rishiga asoslanadi.

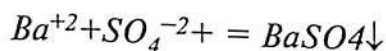
Kimyoviy reaksiyalarda kimyoviy usullari bilan analiz qilinganida tashqi effekt hosil bo'ladi, ya'ni eritmaning rangi o'zgaradi, yoki cho'kmaga tushish hodisasi ro'y beradi yoki gaz holdagi mahsulot ajralib chiqadi.

## I bob. SIFAT ANALIZI



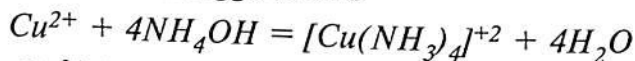
Olingan biror namunani sifat analiz qilinishining asosiy vazifasi tekshirilayotgan moddaning kimyoviy tarkibini va undagi kation hamda anionlarni aniqlashdan iborat.

Sifat analizining asosini kimyoviy, fizikaviy hamda fizik kimyoviy usullar tashkil etadi. Sifat analiz kimyoviy usulda olib borilganda aniqlanayotgan komponent (atom, ion, molekula) biror reagent ta'sirida tashqi o'zgarish bilan boradigan reaksiya natijasida cho'kmaga tushirish, rangli eritma qilish yoki gaz ajralib chiqishi asosida aniqlanadi. Masalan, eritmada  $SO_4^{2-}$  ionini borligini aniqlash uchun u tuz ( $BaSO_4$ ) holida cho'kmaga tushiriladi. Buning uchun tekshirilayotgan eritmaga  $H_2SO_3$  va bariyning eruvchan tuzlari  $BaCl_2$  ga qo'shiladi.  $SO_2^{2-}$  ionini ishtirokida quyidagi reaksiya bo'ladi:



va oq kristall cho'kma hosil bo'ladi. Bu cho'kma HCl va  $HNO_3$  da erimaydi.

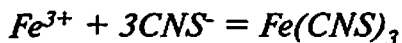
Agar Cu(II)ning tuzli eritmasiga  $NH_4OH$  eritmasi ortiqcha miqdorda qo'shilsa, kompleks ion  $[Cu(NH_3)_4]^{2-}$  hosil bo'lishi natijasida eritma ko'k rangga kiradi:



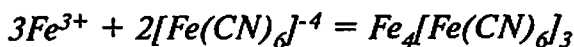
Demak,  $Cu^{2+}$  kationini  $NH_4OH$  eritmasi yordamida aniqlash mumkin. Kimyoviy reaksiyalar asosan ikki xil – «ho'l» va «quruq» usulda olib boriladi.

Agar reaksiyalar qattiq moddalar bilan olib borilsa, u holda bu reaksiyalar «quruq» usuldagi reaksiyalarga kiradi. Quruq usuldagi reaksiyalarni bajarish uchun aniqlanayotgan bitta modda ikkinchi ma'lum qattiq reaktiv bilan ishqalanadi. Masalan, tiotsianat  $CNS^-$  ionini aniqlash uchun  $KCNS$  chinni plastinkada

Fe(NO)<sub>3</sub> tuzi bilan ishqalanadi. CNS<sup>-1</sup> ionlari bor bo'lgan aralashma qizil rangga bo'yaladi:



*qizil qon rang*



Quruq usuldagi reaksiyalarga alanga rangining bo'yalishi bilan boradigan reaksiyalar ham kiradi. Tekshirilayotgan modda tarkibidagi ba'zi elementlar yonganda o'ziga xos rangli alanga hosil bo'ladi. Reaksiyani bajarish uchun tozalangan plastinka yoki xromlangan simni tekshirilayotgan eritma bilan ho'llanadi va alangaga tutiladi. Alanganing qanday rangga kirishiga qarab eritmada qanday ion borligi aniqlanadi. Masalan, Na<sup>+</sup> alangani sariq, K<sup>+</sup> — binafsha rangga kiritadi.

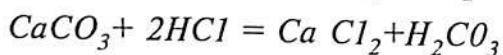
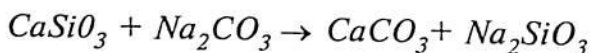
Quruq, usuldagi reaksiyalarda tekshirilayotgan modda simga yoki plastinkaga yuqtirilib, alangaga tutiladi. Alanganing qanday rangga bo'yalishiga qarab, modda tarkibida qanday tegishli ion borligi haqida fikr yuritiladi. Alangani bo'yash va rangli shisha hosil qilish usullari pirokimyoviy usul deb ataladi va u tog' jinslarini analiz qilishda keng qo'llaniladi.

Quruq usuldagi reaksiyalar sanoatda juda cheklangan miqdorda qo'llaniladi, chunki ayrim ionlargina rang hosil qilish xususiyatiga egadir. Bu xildagi reaksiyalar laboratoriyalarda va geologlarning ishlarida ko'proq qo'llaniladi.

Amaliyotda sifat analizida, asosan, eritmalarda boradigan reaksiyalardan foydalaniladi. Bunda analiz qilinayotgan namuna avval erituvchida eritilib, so'ngra Eritma tekshiriladi. Erituvchi sifatida distillangan suv, mineral kislotalar; HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmaları, ishqorlar, spirtlar ishlatiladi. Agar tekshirilayotgan modda yuqorida ko'rsatilgan erituvchilarda erimasa, u holda yuqori temperaturada qotishma hosil qilish va so'ngra eritish usullaridan foydalaniladi. Suyuqlantirish reaksiyalari mufel pechlarda 800–1000°C da olib boriladi. Analiz qilinayotgan mod-

da avval chinni havonchada maydalanadi, keyin qotishma hosil qiluvchilar (quruq  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$  aralashmasi) bilan aralashtiriladi va so'ngra pechga quyiladi. Bunda analiz qilinayotgan modda qo'shilgan aralashma bilan birikib eruvchan tuzlarni hosil qiladi. Masalan, kalsiy silikat  $\text{CaSiO}_3$  suvda, kislota, ishqor va spirtlarda erimaydi.

Lekin qotishmaga o'tkazish natijasida u suvda eriydigan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  tuzi holiga o'tadi, hosil bo'lgan  $\text{CaCO}_3$  ham kislotada eriydi:



### 1.1. Analitik reaksiyalarni bajarish usullari

*Analitik reaksiyalar* — eritmada aniqlanayotgan moddaning miqdoriga va tahlil uchun olingan eritmaning hajmiga qarab, sifat tahlilida makro-, yarimmakro-, mikro-, ultramikro-, submikro-, subultramikro- usullariga bo'linadi. Analitik kimyo amaliyotida asosan makro-, yarimmakro- va mikro- tahlil usullari qo'llanadi.

Ultramikro-, submikro- va subultramikro- tahlillarni o'tkazish uchun esa maxsus sharoit va moslashtirilgan apparatlar kerak bo'ladi. Makro- usuli bilan reaksiya o'tkazishda tekshirilayotgan moddaning quruq og'irligi 0,5 g dan 1,0 g gacha yoki eritma holdagi hajmi 5 dan 10 ml gacha bo'lishi kerak, ya'ni bunda mikroanaliz o'tkazishda tekshirilayotgan moddaning og'irligi taxminan makro usuldagidan 100 marta kam, ya'ni bir necha milligramm, eritma holda esa bir necha tomchi olinishi kifoya qiladi.

Yarimmikro tahlil usulida esa quruq moddaning og'irligi 0,05–0,1 g oralig'ida yoki eritma holdagi hajmi esa 0,5–1,0 ml bo'lishi kerak.

Ayrim kimyoviy tahlil usullari juda qadim zamonlarda ham ma'lum edi. Masalan, o'sha davrda rudalardan metallar ajratib olinardi, qotishmalar hosil qilinardi, shisha pishirilardi, o'sim-

liklardan dorivor moddalar, bo'yoqlar, xushbo'y moddalar ajratib olinardi. Misrda bu narsalar keng rivojlangan edi. Dastlabki vaqtlarda sifat analizi ba'zi tabiiy birikmalarni xususiyatlariga qarab aniqlashdan iborat bo'lgan edi. Bu usullar umuman olganda, ana shu metallarni ishlab chiqarishda boradigan asosiy jarayonlarni takrorlashdan iborat edi. Analitik kimyo fan sifatida XVII asrning o'rtalaridan boshlab rivojlana boshladi. Robert Boyl (1627–1691) murakkab moddalarning kimyoviy jihatdan parchalanmaydigan tarkibiy qismi – kimyoviy element haqidagi tushunchani fanga kiritgandan keyin rivojlana boshladi. U o'zigacha ma'lum bo'lgan 4 sifat reaksiyalarining hammasini tartibga soldi va o'zi bir necha reaksiyalarni tavsiya qilib, «ho'l usul» bilan qilinadigan tahlil usuliga asos soldi. Jumladan u birinchi marta kislotaga va asoslarni aniqlashda «indikator» sifatida ishlatiladigan «lakmus» va o'simliklardan olinadigan ba'zi bo'yoqlardan foydalandi. U «Kimyoviy analiz», «element» terminini ham kiritgan edi va HCl ni aniqlash uchun  $\text{AgNO}_3$  ishlatdi. Mis tuzlarini aniqlash uchun ortiqcha miqdorda ammiak ishlatdi va hokazo. XVIII asrda eritmalaridan metallarni (kationlarni) guruhlarini bilan ajratish usuli T. Bergman (1735–1784) tomonidan joriy qilindi. Bu esa sifat analizi taraqqiyotida katta yutuq bo'ldi va sistemali tahlil qilish usuliga asos solindi.

Analitik kimyo fani zamonaviy fan sifatida uzoq tarixiy rivojlanish jarayonida vujudga keldi. Kimyo fanlarini rivojlanishi ham analitik kimyo bilan bevosita bog'liq. Moddalarning molekulyar massasini aniqlash, ekvivalentni topish, molekulyar formulalarni keltirib chiqarish analitik kimyo usullari yordamida amalga oshiriladi. Sizning e'tiboringizga havola etilayotgan ushbu o'quv adabiyoti sifat va miqdoriy tahlil usullarini o'z ichiga olib, unda sifat analizining usullari, ya'ni modda tarkibini aniqlashga doir eng muhim tushunchalar berilgan. Ayniqsa analitik kimyoning qishloq xo'jaligida ahamiyati, chorvachilikda mahsuldorlikni oshirish, tuproq tarkibini o'rganishga doir tushunchalar ushbu matnda o'rnini topgan.



Kation va anion guruhlarini o'rganishda elektrolitik dissotsiyanish, bufer eritmalarning roli oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, amfoterlik, kimyoviy muvozanat kabi tushunchalar sifat analizini asosi bo'lib xizmat qiladi. Miqdoriy tahlil usullari qismida esa sifat analizidan so'nggi bosqichlar (ya'ni miqdoriy tahlil sifat tahlildan so'ng amalga oshiriladi) keltirilgan. Unda miqdoriy tahlil usullari, tekshirilayotgan tahlil natijalarida sodir bo'lgan xatolar va ularni bartaraf etish usullari, oksidlanish-qaytarilish potentsiali, indikatorlar nazariyasi kabi bir qator mavzular bayon etilgan.

Hozirgi davr qudratli kimyo sanoati va unga munosib kimyo fanining mavjudligi bilan xarakterlanadi. Kimyo fanlari orasida analitik kimyoda yangi zamonaviy analiz usullari vujudga kelmoqda, shuningdek analitik kimyo usullari qo'llaniladigan sohalar kengayib bormoqda.

Umuman olganda analitik kimyo fani fan sifatida XVIII—XIX asrlarda shakllana boshladi. XVIII asrda I. Rixter tomonidan stexiometriya qonuni, J.L. Prust tomonidan modda tarkibining doimiylik qonuni, M.V. Lomonosov va A.L. Lavuazye tomonidan modda massasining saqlanish qonuni kashf qilindi. Buning natijasida kimyogar-analitiklar sifat va miqdor analizining turli usullariga ega bo'ldilar: cho'ktirish jarayonlari, ajratib olish, moddaning analitik shaklini tayyorlash usullari rivojlantirildi, gaz analizining asosi yaratildi.

XIX asr boshlarida turli xil ishlab chiqarish jarayonlarining keskin o'sishi fabrikalarda analitik xizmatlarni yo'lga qo'yish imkonini berdi. Yangi kimyoviy elementlarning aniqlanishi, xomashyo manbalarini izlash analitik kimyoning rivojlanishiga katta hissa qo'shdi. Bu davrga kelib J. Dalton tomonidan karrali nisbatlar qonuni, J. Gey-Lyussak tomonidan hajmiy nisbatlar qonuni, Y.Y. Berselius tomonidan elektrokimyoviy dualizm nazariyasi ishlab chiqildi. XIX asr o'rtalarida moddalarning xususiy reaksiyalari haqidagi ma'lumotlar paydo bo'ldi va sifat va miqdor analizining shakllangan tizimlari yozilgan dastlabki dars-

liklar vujudga keldi (G. Roze, K. Frezenius, F. Mor, N.A. Menshutkin). Bu davrda organik element analizi usuli ishlab chiqildi.

XIX asrning ikkinchi yarmida organik va fizik kimyo fanlari jadal rivojlandi, D.I. Mendeleev tomonidan davriy qonun va kimyoviy elementlar davriy jadvali yaratildi. Ko'p tarkibli tizimlarni tadbiq qilish, birikmalarning reaksiyaga kirishish qobiliyati ularning kimyoviy tuzilishi bilan bog'liqligini o'rganish ishlari boshlandi. Bu davrdagi yangiliklarning ko'pchiligi zamonaviy analitik kimyo fanining nazariy asoslari bo'lib qoldi, masalan, S. Arrheniusning elektrolitik dissotsiatsiya nazariyasi va Nernst tenglamasi.

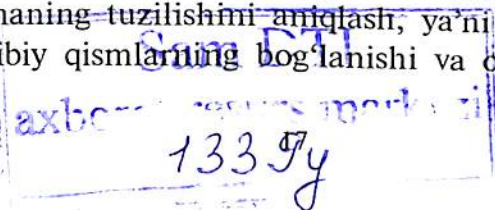
XX asr boshlarida indikatorlar nazariyasi, kompleks birikmalar tuzilishining koordinatsion nazariyasi, kislota va asoslar nazariyasi ishlab chiqildi. Tahlil ishlari birmuncha boyitildi: tomchi usuli, miqdoriy organik mikrotahlili, sifat tahlilining vodorod sulfidsiz usuli, kompleksometriya usullari ishlab chiqildi. M.V. Lomonosov, V.I. Vernadskiy, L.A. Chugayev, M.S. Svet, L.V. Pissarjevskiy, N.A. Shilov, N.A. Tananayev, N.S. Kurnakov, I.V. Tananayev, I.P. Alimarin, I.M. Korenman, Y.A. Zolotov kabi rus olimlari, Sh.T. Tolipov, M.G. Gevorgyan, D. Djiyanbayev va boshqa o'zbekistonlik olimlar analitik kimyo fanining rivojiga katta hissa qo'shdilar.

Analitik kimyo fani moddaning kimyoviy tarkibini aniqlashning nazariy asoslarini rivojlantiruvchi, elementlar va ularning birikmalarini aniqlash, ajratib olish, tarkibini aniqlash usullari hamda birikmaning kimyoviy tuzilishini aniqlash usullarini ishlab chiquvchi fan hisoblanadi. Analitik kimyo fani ikki qismga ajratiladi: sifat va miqdor tahlili.

*Analitik kimyo fani mana shu maqsadlardan kelib chiqib o'z ichiga quyidagi vazifalarni oladi:*

1. Aniqlanayotgan obyektning (izotop, element, ion, struktura-guruh, molekula, faza) kimyoviy tarkibini aniqlash.

2. Birikmaning tuzilishini aniqlash, ya'ni molekuladagi elementar tarkibiy qismlarning bog'lanishi va o'zaro joylashishini aniqlash.



3. Tekislikda yoki qattiq jism hajmida bir jinsli bo'lmagan holatni, ya'ni tekislik qatlamlarida elementlarning joylashishini aniqlash.

4. Vaqtga bog'liq holdagi jarayonlarni o'rganish:

a) ishlab chiqarish jarayonida materialning makroskopik oqimlarini nazorat qilish;

b) molekulyar guruh almashinish xususiyati, mexanizmi va tezligini aniqlash.

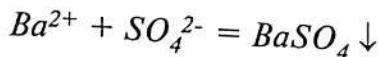
## 1.2. Namunalarni sifat analiz qilishning asoslari

Noorganik moddalardan tashkil topgan namunalarni sifat analiz qilishning asosiy vazifasi tekshirilayotgan moddaning kimyoviy tarkibini va undagi kation va anionlarni aniqlashdan iborat.

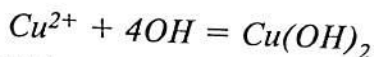
Shunga ko'ra sifat analizi kimyoviy, fizikaviy hamda fizik-kimyoviy usullari bilan olib boriladi.

Sifat analizi kimyoviy usulda olib borilganda aniqlanayotgan komponent, atom, ion molekula shunday birikmaga o'tkaziladi: har xil kimyoviy usullarni cho'kmaga tushirish, rangli eritma hosil qilish; gaz ajratib chiqarish va boshqalar eritmaning tarkibidagi tekshirilayotgan komponent aniqlanadi.

Masalan, eritmadagi  $SO_4^{2-}$  ionini aniqlayotgan eritmadan ochish uchun, uni  $BaSO_4$  ko'rinishida cho'kmaga o'tkazish kerak, hosil bo'lgan cho'kma  $BaSO_4$ ,  $HNO_3$  da ham erimaydi. Tekshirilayotgan eritmaga  $HNO_3$  va  $BaCl_2$  qo'shiladi.  $SO_4^{2-}$  ionini bilan quyidagi reaksiya boradi:



Agar  $Cu^{2+}$  ning tuzli eritmasiga  $NH_4OH$  eritmasini ortiqcha miqdorda qo'shsak, hosil bo'lgan eritma ko'k rangga kiradi, kompleks tuz hosil bo'ladi:



Bundan xulosa qilish mumkinki,  $Cu^{2+}$  kationini  $NH_4OH$  eritmasi yordamida aniqlash mumkin.

### 1.3. Sifat reaksiyalari va ularga qo'yiladigan talablar

Sifat analizida bajarilayotgan vaqtda bajarilayotgan reaksiya va ishlatiladigan reaktivlar umumiy va spetsifik xarakterlilarga bo'linadi. Bu reaksiya va reaktivlar ionlarni ajratib olishda va aniqlashda ishlatiladi.

Agar qo'shilayotgan reaktiv bir yo'la eritmadagi bir necha ion bilan ta'sirlashsa, u holda umumiy reaktiv deyiladi, reaksiya esa umumiy reaksiya deyiladi. Bu usuldagi reaksiya asosan cho'ktirishda ishlatiladi. Masalan,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$ , anionlarini cho'ktirish uchun sifat analizida  $\text{Ag}^+$  kationidan foydalaniladi, natijada  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgJ}$  cho'kmalari hosil bo'ladi. Umumiy reaksiyalar yordamida tekshirilayotgan eritmaning guruh ionlarini borligi va ularni boshqa elementlardan ajratish mumkinligi haqida xulosa qilish mumkin. Shuning uchun umumiy reaksiya ajratish (bo'lish) reaksiyalari ham deyiladi.

Eritmadagi aniqlanayotgan ionni aniqlash uchun ishlatiladigan reaktiv, xarakterli reaktiv deyiladi, reaksiya esa xarakterli yoki aniqlash reaksiyasi deb ataladi. Masalan,  $\text{Fe}^{+2}$  kationiga xos reaksiya, uni geksasionaferrat /III/ kaliy  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  bilan o'zaro ta'sirlashishidir. Bunda eritmada faqat  $\text{Fe}^{+2}$  kationi bo'lgan taqdirda ko'k cho'kma hosil bo'ladi. Demak,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  reaktivi  $\text{Fe}^{+2}$  kationiga xos reaktivdir.

Har qanday tarkibdagi namunalarning ionlarini aniqlashdan va ularni bir-biridan ajratishda hamma kimyoviy reaksiyalarni qo'llash mumkin emas. Shuning uchun sifat analizini o'tkazish uchun qo'llaniladigan reaksiyalar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1. Reaksiyalar o'ta tezlik bilan borishi.
2. Reaksiyalar qaytmas bo'lishi kerak.
3. Reaksiyalar tashqi effekt bilan borishi kerak:
  - a) eritmaning rangi o'zgarishi bilan;
  - b) cho'kma tushishi yoki erishi bilan;
  - c) gaz holdagi moddalarni ajralishi bilan;

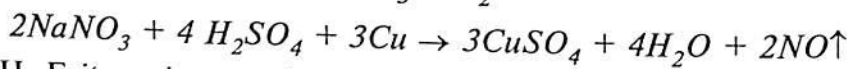
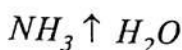
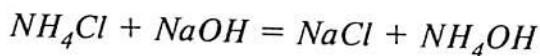
d) alangani rangi o'zgarishi bilan.

4. Reaksiya o'zining o'ta sezuvchanligi va spetsifikligi bilan ajralib turishi kerak.

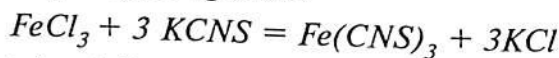
Kimyoviy analizda tashqi effekt, ya'ni reaksiyani haqiqatda borish yoki bormasligini ko'rsatuvchi reaksiyalarning molekulyar ko'rinisdagi tenglamalardan foydalaniladi.

Shu sababli odatda bunday tashqi effektlar sistema holatiga nisbatan quyidagicha bo'lishi mumkin:

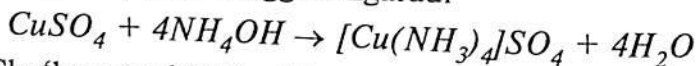
### I. Gaz ajralishi:



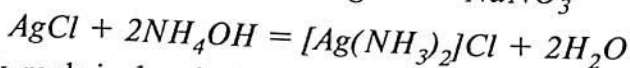
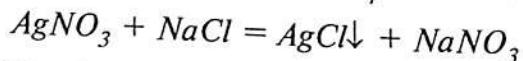
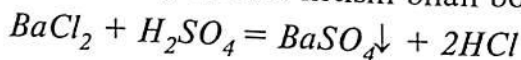
II. Eritmaning rangi o'zgarishi:



sariq rang to'q qizil rangga o'zgaradi



III. Cho'kma tushishi yoki erib ketishi bilan boradi:



Analitik reaksiyalarni olib borish va bajarishda ishlatiladigan moddaning miqdoriga qarab sifat analizda makro-, mikro-, yarim mikro- va ultramikro usullardan foydalaniladi.

*Makroanalizda* – moddaning nisbatan katta miqdori (0.5–1 g) yoki, eritma holatda (20–50 ml) miqdori tekshiriladi. Reaksiyalar oddiy probirkalarda, kimyoviy kolba va stakanlarda bajariladi.

*Mikro* usulda tekshiriladigan moddaning miqdori makro-usuldagiga qaraganda taxminan 100 marta kam miqdori, ya'ni qattiq moddaning bir necha milligrami yoki eritma holda bo'lsa

millilitrning bir qismi tekshiriladi. Reaksiya yo mikrokristalloskopik yoki tomchi usuli bilan olib boriladi.

*Mikrokristalloskopik* usulda reaksiyani shisha oynachada olib borib, kristallarni shakli mikroskop orqali tekshiriladi.

*Tomchi* usulida tekshiriladigan moddaning tomchisini filtr qog'oziga tomizib, ustiga tegishli reagent qo'shiladi va rang o'zgarishidan xulosa qilinadi.

Ko'p hollarda sifat analizida yarimmikro usulida olib boriladi. Tekshiriladigan moddaning miqdori makro- va mikro- usullar o'rtasidagi o'rtacha miqdorni, ya'ni agar modda quruq holda bo'lsa 50 mg ni yoki eritma holida bo'lsa bir necha tomchini tashkil etadi. Tajriba oddiy yoki sentrifuga qilinadigan probirkalarda olib boriladi. Yarimmikro usulini mikro usulga nisbatan afzalligi — tekshiriladigan moddaning va reagentning tejamkorligidadir.

#### **1.4. Namunalarni tahlil qilish usullarinig sinflanishi**

Kimyoviy moddalar ishtirokida boruvchi har qanday jarayonlarning tahlilini quyidagi usullar bilan olib borish mumkin:

**I. Kimyoviy tahlil usullari** — reaksiya natijasida spetsifik o'zgarishlar kuzatiladigan (cho'kma hosil bo'lishi, rang o'zgarishi, gaz hosil bo'lishi va h.k.) kimyoviy reaksiyalarga asoslangan. Qo'llaniladigan reaksiya analitik reaksiya deyiladi, qo'shiladigan modda esa reagent deb ataladi. Bu usul bilan ham sifat, ham miqdor analizni bajarish mumkin.

Usulning kamchiligi — sezgirligi va tanlovchanligi past, tajriba ko'p vaqt davom etadi. Afzalligi — aniqligi yuqori va bajarilishi oddiy.

**II. Fizikaviy tahlil usullari** — maxsus uskunalar yordamida moddaning fizikaviy parametrlarini (xossalarni) — elektr o'tkazuvchanlikni, potensial qiymatini, zichlikni, yopishqoqlikni, sinish ko'rsatkichini, nurlanish spektrini va h.k.) o'lchashga asoslangan. Bu usul bilan ham sifat ham miqdoriy aniqlashlar olib borish mumkin, lekin chegaralangan darajada. Usulning afzalligi — yuqori sezgir va analiz tezkor.

**III. Fizik-kimyoviy usullar** — kimyoviy reaksiya jarayonida fizikaviy parametrlarni o'lchashga asoslangan. Metod yuqori universal, ham sifat, ham miqdoriy analizni olib borish mumkin, qo'llanish va rivojlanishda istiqbollidir. Fizik-kimyoviy analiz usullari quyidagicha sinflanadi:

**I. Optik tahlil qilish usullari quyidagilardan iborat:**

- Emission spektral analiz;
- alangali fotometriya;
- rentgenospektral tahlil masspektral analiz;
- Absorbtsion spektral tahlil;
- atom-absorbtsion spektral tahlil;
- molekulyar-absorbtsion tahlil (fotoelektrokolorimetriya, ektrofotometriya);
- fototurbidimetriya va nefelometriya.
- Zamonaviy spektral tahlil usullari: IK-, UB-, YaMR-, EPR-spektroskopiya.

**II. Elektrometrik tahlil qilish usullari:**

- potensimetriya;
- polyarografiya va amperometrik titrlash;
- konduktometriya;
- kulonometriya;
- elektrotortma tahlil.

**III. Xromatografiya usuli quyidagilarga bo'linadi:**

- Ion almashinish xromatografiyasi;
- Yupqa qavatli xromatografiyasi;
- Gaz xromatografiyasi;
- Gazsuyuqlik xromatografiyasi;
- Gelxromatografiyasi.

**IV. Boshqa xildagi tahlil qilish usullari:**

(radiometrik tahlil, termometriya va boshqalar).

Ushbu usullar ilmiy va ishlab chiqarish laboratoriyalarida keng qo'llaniladi. Barcha korxonalarining laboratoriyalarida fizik-kimyoviy tahlil asbob va uskunalari mavjud. Ushbu asboblarning datchiklari texnologik jarayonni uzluksiz nazorat qilib turadi va

avtomatlashtiradi. Lekin o'zini bajarishi soddaligi, arzonligi, ba'zi bir hollarda esa aniqligi yuqori bo'lganligi uchun kimyoviy tahlil usullari ham o'z ahamiyatini yo'qotmagan va tarkibi jihatidan murakkab bo'lmagan obyektlarning tahlili ko'p qo'llaniladi.

**Birin-ketin va sistematik analiz qilishda** agar aralashmadan qandaydir analitik reaksiya bilan bir necha ionni (2–3 ta) aniqlash mumkin bo'lsa, bu reaksiya tanlovchan deyiladi. Agar murakkab aralashmadan faqat bir ionni aniqlash mumkin bo'lsa, bunday reaksiya spetsifik deyiladi. Spetsifik reaksiyalarni qo'llab, ionlarni birin-ketin usuli bilan ham aniqlash mumkin. Lekin spetsifik reaksiyalar va birin-ketin tahlil usullari kam. Shuning uchun qandaydir bir ionni aniqlash uchun o'xshash reaksiyaga kirishuvchi boshqa ionlarni aralashmadan ajratib olib, keyinchalik esa tekshiriladigan ionni aniqlash kerak, ya'ni analizni sistematik tahlil usuli deb ataluvchi ma'lum sistema bo'yicha olib borish kerak. Sistematik tahlil usulida ionlar bitta-bittadan ajratilmasdan, balki yaqin xossalriga qarab, butun guruh ionlarining cho'ktiruvchi reagenti bilan ajratiladi. Bunday reagentlar guruh cho'ktiruvchisi yoki guruh reagenti deyiladi. Sifat tahlil hamma kationlar o'zlarini o'xshash xossalriga qarab 5 ta analitik guruhga, anionlar esa 3 ta guruhga bo'linadi.

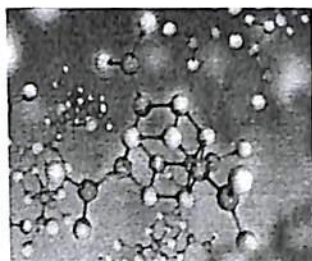
### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Analitik kimyoning asosiy vazifalari.
2. Analitik kimyoning rivojlanish tarixi.
3. Analitik kimyoning asosi va usullari.
4. Tahlilning fizikaviy usullari.
5. Fizik-kimyoviy tahlil usullarining sinflanishi.
6. Kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy tahlil usullarining solishtirma tavsifi.
7. Sistematik tahlil. Birin-ketin tahlil.
8. I va II guruh kationlarining tavsifi.
9. Guruh reagenti.
10. I va II guruh kationlarini ajratish sharoitlari.
11. «Ho'l» va «quruq» usulida tahlil.



## 2-bob. KIMYOVIY TAHLILDAGI ERITMALARNING NAZARIY ASOSLARI

### 2.1. Massalar ta'siri qonuni



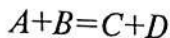
Sifat va miqdoriy analitik reaksiyalar-moddani avval eritib, ya'ni «ho'l» usul bilan olib boriladi.

Bu usulga R. Boyl asos solgan. Shuning uchun eritmalar nazariyasi va kimyoviy muvozanat haqida ta'limot analitik kimyoda asosiy nazariy savollardan biri hisoblanadi. Ko'pincha analitik reaksiyalar qaytar bo'ladi, ya'ni bir-biriga qarama-qarshi ikki yo'nalishda boradi: deyarli barcha kimyoviy reaksiyalar qaytar bo'ladi, lekin ular bir-biridan qaytarilish darajasi bilan farq qiladi, masalan

$$\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS}\downarrow + 2\text{HCl}.$$

Ushbu reaksiyada ruh sulfidi cho'ktiriladi, lekin reaksiya natijasida hosil bo'lgan xlorid kislotasi cho'kmani eritadi va shuning uchun reaksiya ikki yo'nalishda boradi. Ma'lum vaqtdan so'ng kimyoviy muvozanat vujudga keladi, ya'ni to'g'ri reaksiya tezligi bilan teskari reaksiya tezligi tenglashadi. Kimyoviy reaksiya tezligi vaqt birligi ichida reaksiyaga kirishuvchi moddalarning konsentratsiyasi o'zgarishi bilan o'lchanadi. 1863-yilda N. Guldberg va P. Vaage tomonidan massalar ta'siri qonunini formulasi yaratildi, unga binoan kimyoviy reaksiyaning tezligi reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning massasiga to'g'ri proporsionaldir.

N. Guldberg va P. Vaage massalar ta'siri qonunini to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi teng bo'lgan holat uchun quyidagicha ifodaladi: eritmada quyidagi reaksiya boryapti, deb faraz qilaylik:



N. Guldberg va P. Vaage fikriga ko'ra to'g'ri reaksiya tezligi vaqt birligi ichida reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasining o'zgarishiga teng.

To'g'ri reaksiya tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$\mathfrak{S}_1 = k_1[A] \cdot [B] \quad (1)$$

Bu yerda, [A] va [B] – reaksiyaga kirishuvchi A va B moddalarning konsentratsiyasi;

$k_1$  – to'g'ri reaksiyaning tezlik konstantasi.

Agar [A] va [B] konsentratsiyasi 1 mol/l desak, unda  $\mathfrak{S}_1 = k_1$  bo'ladi.

Teskari reaksiyaning tezligi

$$\mathfrak{S}_2 = k_2[C] \cdot [D] \quad (2)$$

Sistemada kimyoviy muvozanat qaror topganida to'g'ri ( $\mathfrak{S}_1$ ) va teskari reaksiyalar ( $\mathfrak{S}_2$ ) tezliklari o'zaro tenglashadi, ya'ni  $\mathfrak{S}_1 = \mathfrak{S}_2$  bo'ladi.

Shunga ko'ra (1) va (2) tenglamalardagi  $\mathfrak{S}_1$  va  $\mathfrak{S}_2$  larning qiymatini qo'yamiz, u holda

$$k_1[A] \cdot [B] = k_2[C] \cdot [D] \text{ bo'ladi.}$$

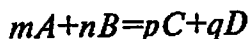
Tenglamani chap tomoniga koeffitsientlarni o'tkazamiz:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Lekin ikki konstantani nisbat miqdori doimiy son bo'ladi va uni K deb belgilaymiz, ya'ni  $\frac{k_1}{k_2} = K$  va quyidagi tenglamani keltirib chiqaramiz:

$$K = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]} \quad (3)$$

Bu yerda, K – reaksiyaning muvozanat konstantasi deyiladi. Agar reaksiyadagi stexiometrik koeffitsientlarni hisobga olsak:



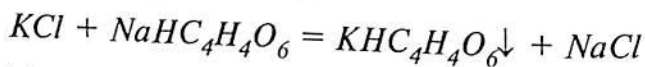
Unda (3) tenglama quyidagi ko'rinishiga ega bo'ladi:

$$K = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$$

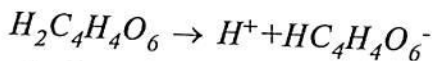
Ushbu tenglama kimyoning eng asosiy qonunlaridan bo'lgan massalar ta'siri qonunining matematik ifodasidir.  $\frac{k_1}{k_2}$  nisbati,

ya'ni K ning qiymati to'g'ri reaksiyaning tezligidan necha marta katta ekanligini ko'rsatadi.

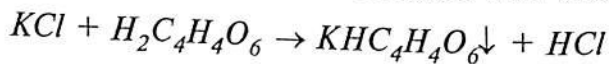
Agar K ning qiymati yetarli darajada katta bo'lsa, reaksiya tezlik bilan boradi. Bundan ko'rinadiki, K ning son qiymatiga qarab reaksiyaning qaysi tomonga borayotganligini bilish mumkin, ya'ni K ning qiymati reaksiya yo'nalishini ko'rsatadi. Shuning uchun kimyoviy muvozanat konstantasi reaksiyalar unumdorligini ham belgilaydi. K ning qiymati harorat va reaksiyaga kirishuvchi moddalarning tabiatiga bog'liq yo'nalishda olib borish mumkin. Faraz qilaylik, kaliy kationlarini cho'ktirishda vino kislotasini natriyli nordon tuzi qo'llaniladi.



Vino kislotasini nordon natriyli tuzi o'rniga vino kislotasini o'zini qo'llash mumkin. U esa dissotsilanib, kaliy ionlarini cho'ktiruvchi ionlarni hosil qiladi.



Ammo reaksiyada hosil bo'lgan cho'kmani erituvchi va reaksiyani qaytar qiluvchi kuchli kislota hosil bo'lishi bilan boradi.



Muvozanatni o'ngga, ya'ni cho'kma hosil bo'lish tomoniga surish uchun vodorod ionlarini bog'lash kerak. Shuning uchun reagent bilan birgalikda natriy atsetat tuzidan qo'shiladi va u vodorod ionlarini kam dissotsilanadigan sirka kislotasiga bog'laydi.

Sistemalar kimyoviy muvozanat holatining sharoitlarni o'zgartirib muvozanatni siljitish mumkin. Qaytar reaksiya muvozanatining siljishiga quyidagi omillar ta'sir qiladi:

- reaksiyaga kirishuvchi moddalardan birining konsentratsiyasining o'zgarishi;
- haroratning o'zgarishi;
- gazsimon moddalarda bosimning o'zgarishi.

Sharoitlar o'zgarishining muvozanatdagi sistemaga ta'siri umumiy ifodasini 1884-yilda Le-Shatelye ta'riflab bergan. Agar sistema muvozanat holatida turganda sharoitlardan biri o'zgartirilsa va shu yo'l bilan muvozanat buzilsa, u holda sistemada muvozanatning tiklanishiga olib keluvchi jarayonlar paydo bo'ladi.

*Kimyoviy muvozanat konstantasi ma'lum bo'lganda massalar ta'siri qonunidan foydalanib, quyidagi hisoblashlarni bajarish mumkin:*

- kuchsiz elektrolitning dastlabki konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa, muvozanatdagi konsentratsiyani hisoblash;
- kimyoviy jarayonlarda boshlang'ich va oxirgi muvozanatdagi konsentratsiyani hisoblash;
- kuchsiz kislota va asoslarning suvli eritmalarida dissotsilani darajasini, vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyalarini (yoki pH va pOH ni) hisoblash;
- bufer eritmalarining va gidrolizlanadigan tuz eritmalarining pH va pOH qiymatini hisoblash;
- muvozanatdagi kation va anionlarning muvozanatdagi konsentratsiyalarini va qiyin eruvchan elektrolitlarning eruvchanligini hisoblash.

*Massalar ta'siri qonuni faqat noelektrolit va suyultirilgan kuchsiz elektrolitlarning suvli eritmaları uchun qo'llaniladi.*

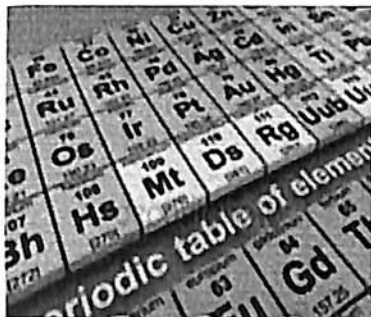
**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Spetsifik analitik reaksiyalarga misol keltiring. Molekulyar va ion holda.

2. Qaytar va qaytmas reaksiyalar. Analizda ishlatilishi. Tenglamalar bilan ifodalang.
3. Kimyoviy muvozanat holati nima? Misol keltiring.
4. Massalar ta'siri qonuni. Sistematik ifodasini keltiring.
5. Massalar ta'siri qonunini analizda ahamiyati.
6. Qaytar reaksiya muvozanatining siljishiga ta'sir etuvchi omillar.
  7. Kimyoviy muvozanat.
  8. Kimyoviy reaksiya tezligi.
  9. Reaksiyaning tezlik konstantasi.
  10. Massalar ta'siri qonuni.
  11. Reaksiyada tashqi effekt.
  12. Tashqi effekt bilan boradigan reaksiyalar.
  13. Sharoitlar o'zgarishining muvozanatdagi sistemaga ta'sirining umumiy ifodasi.
  14. Kimyoviy muvozanat konstantasi.

### 3-bob. ELEKTROLITIK DISSOTSILANISH NAZARIYASI. ANALITIK REAKSIYALARNI OLIB BORISH SHART-SHAROITLARI. SUVNING ION KO'PAYTMASI

Suvli eritmalarda elektrolitlar ionlarga dissotsilanadi, demak, biz ionlarni reaksiyasini kuzatamiz va shuning uchun qanday elektrolitlar va qay darajada ionlarga dissotsilanishini bilish muhim. Miqdoriy jihatdan elektrolitning kuchi dissotsilanish darajasi « $\alpha$ » orqali ifodalanadi.  $\alpha$  bu elektrolitlarning umumiy miqdoridan qanday qismi ionlarga parchalanganligini ko'rsatuvchi son

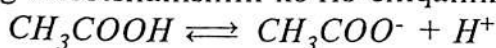


$$\alpha = \frac{C_{\text{parchalangan ion kon.}}}{C_{\text{umumiy konsentratsiya}}}$$

Analitik reaksiyalarning tezligi moddaga ta'sir ettiriladigan reagentning ionlarga parchalanish darajasiga bog'liq bo'lgani uchun, birinchi navbatda elektrolitlarning darajasi haqida to'xtalib o'tamiz. Elektrolit eritmasining umumiy miqdoridan qancha qismi ionlarga ajralganligini ko'rsatadigan son dissotsilanish yoki ionlanish darajasi deb ataladi. Quyidagi misolda dissotsilanish darajasining ahamiyatini ko'rsatamiz. Ikki probirkada  $\text{CaCO}_3$  berilgan, shulardan biriga HCl, ikkinchisiga  $\text{CH}_3\text{COOH}$  quyilsa, birinchi probirkada kimyoviy reaksiya ikkinchi probirkadagiga nisbatan juda tez amalga oshadi, chunki HCl ning dissotsilanish darajasi 100% ga yaqin,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  niki esa ancha kichik. Analitik kimyoda indikatorlardan keng foydalaniladi. Indikatorlar rangining o'zgarishi ularga ionlar ta'sir etishi tufayli vujudga keladi. Masalan, lakmus rangining o'zgarishi HCl molekulasi ta'sirida emas, balki HClning ionlarga ajralishidan hosil bo'lgan  $\text{N}^-$  ionni tufayli sodir bo'ladi.

Agar  $\alpha=0,1$  bo'lsa, elektrolit  $100=10\%$  ga dissotsilangan bo'ladi. Agar  $\alpha=1$  bo'lsa, dissotsilanish to'liq, ya'ni  $100\%$  bo'ladi. « $\alpha$ » ni qiymati eritmalarni elektr o'tkazuvchanligi, muzlash nuqtasini pasayishi va qaynash nuqtasi ortishi orqali aniqlanadi.

Dissotsilanish darajasiga qarab elektrolitlar kuchsiz va kuchli bo'ladi. Yaxshi dissotsilanadigan elektrolitlar kuchli elektrolitlar deyiladi, ularga kuchli kislota, ishqorlar va suvda yaxshi eriydigan tuzlar kiradi. Kuchsiz elektrolitlarga kuchsiz kislota, asoslar va suvda kam eriydigan tuzlar kiradi. Sirka kislotasi misolida kuchsiz elektrolitning dissotsilanishini ko'rib chiqamiz:



Massalar ta'siri qonunini qo'llab dissotsilanish konstantasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$K = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

yoki umumiy holda,

$$K_{CH_3COOH} = \frac{C_a \cdot C_k}{C_{kisl}} \quad (1)$$

Bu yerda:  $C_a$  – anionlarning konsentratsiyasi;  
 $C_k$  – kationlarning konsentratsiyasi;  
 $C_{kisl}$  – kislotaning dissotsilanmagan molekulari konsentratsiyasi.

Agar sirka kislotasining konsentratsiyasi –  $C$ , mol/l, uning dissotsilanish darajasi « $\alpha$ » bo'lsa, dissotsilangan molekularning soni  $C_\alpha$  ga teng bo'ladi, ya'ni  $C_\alpha = C_k = C_a$  bo'ladi. Dissotsilanmagan molekular soni esa umumiy konsentratsiya  $C$  bilan dissotsilangan molekular konsentratsiyasi  $C_\alpha$  ning ayirmasiga teng bo'ladi, ya'ni  $C_M = C - C_\alpha = C(1-\alpha)$

Ushbu qiymatlarni tenglama (1) ga qo'yamiz

$$K = \frac{C_a \cdot C_\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C^2 \alpha^2}{C(1-\alpha)} = \frac{C \cdot \alpha^2}{1-\alpha}$$

Bu tenglama Osvaldning suyultirish qonunining ifodasi. U kuchsiz elektrolitning dissotsilanish konstantasi bilan dissotsilanish darajasi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Elektrolitik dissiatsiya nazariyasini 1687-yilda S.Arrenius ixtiro qildi. Bu nazariya bo'yicha hamma moddalar elektrolitlarga va noelektrolitlarga bo'linadi. Elektrolitlarning suvdagi eritmalari yoki suyuqlanmalari o'zidan elektr tokini o'tkazadi. Bularga kislotalar, ishqorlar va tuzlari kiradi. Suyuqlanishlari va suvdagi eritmalari elektr tokini o'tkazmaydigan ko'pgina organik birikmalar noelektrolitlarga kiradi.

Eritmalarning molekulari suvda eritilganda musbat va manfiy ionlarga dissotsiyalanadi. Bunda musbat zaryadli ionlar – kationlar, manfiylari esa anionlar deb ataladi. Metallar vodorod va ba'zi kompleks ionlar musbat zaryadlanganligi uchun ular kationlarga kiradi. ( $K^+$ ,  $H^+$ ,  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  va boshqalar. Manfiy zaryadlarga ega bo'lgan gidroksil guruhlari, kislota qoldiqlari va ba'zi bir kompleks birikmalar anionlariga kiradi ( $OH^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $[Al(OH)_6]^{3-}$  va boshqalar.

Elektrolitik eritmalari dissotsialanish darajasi  $\alpha$  bilan xarakterlanadi, dissotsiatsiya bu qaytar jarayon va u hech qachon oxirigacha bormaydi.

Elektrolitlar molekularni qancha miqdori ionlarga parchalayanotganini ko'rsatuvchi son elektrolitlarning dissotsialanish darajasi deyiladi.

Dissotsialanish darajasi, ionlarga parchalangan molekular sonini, elektrolitning umumiy molekular soniga nisbati bilan ifodalanadi.

$$\alpha = \frac{\text{ionlarga parchalangan molekular soni}}{\text{umumiy molekular soni}}$$

Dissotsialanish darajasiga qarab elektrolitlar ikki guruhga bo'linadi, kuchli va kuchsiz elektrolitlar.

*Kuchli elektrolitlar eritmalarda to'liq dissotsiyalanadi. Masalan,*



- noorganik kislotalar – HCl, HJ, HBr, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> va boshqalar;
- ishqorlar – KOH, NaOH, LiOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub> va boshqalar;
- suvda yaxshi eruvchan hamma tuzlari.

Mineral kislota va ishqorlar faqat yuqori suyultirilgan eritmalarda kuchli elektrolitik xususiyatini namoyish qiladi, aks holda (yuqori konsentratsiyada) kuchsiz elektrolit xossalarini namoyon qiladi. Kuchsiz elektrolitlarda modda molekullari kam miqdorda ionlarga ajraladi. Ularga quyidagilar kiradi:

- Anorganik kislotalar – H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HClO, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S va boshqalar
- Suvda kam eriydigan metall gidroksidlari, ammiak suvi va suv.
- Organik kislotalar CH<sub>3</sub>COOH va H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> va boshqalar kiradi.

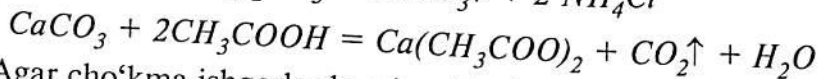
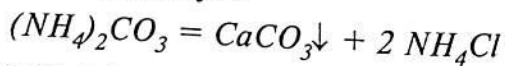
Elektrolit molekullarining ionlanish jarayoni qaytar jarayondir. Qarama-qarshi zaryadlangan solvatlari eritmada o'zaro to'qnashib, hamda ular har xil ishorali zaryadlar bo'lgani uchun tortishib, yana o'zaro birikishi va molekulaning solvatini hosil qilishi mumkin.

### 3.1. Analitik reaksiyalarni olib borish shart-sharoitlari

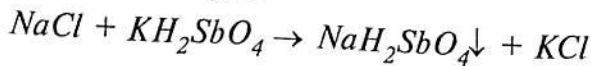
Analitik reaksiyalarni olib borishda shart-sharoitlar (muhit, harorat va konsentratsiya) muhim ahamiyatga ega.

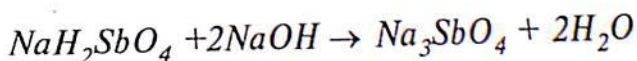
- Muhit.

Agar cho'kma kislotalarda erisa, binobarin, reaksiyani kislotali muhitda olib borib bo'lmaydi:



Agar cho'kma ishqorlarda erisa, binobarin, reaksiyani ishqoriy muhitda olib borib bo'lmaydi:





cho'kma eriydi.

Agar cho'kma ham kislota ham ishqorlarda erisa, cho'ktirishni neytral muhitda olib borish kerak:

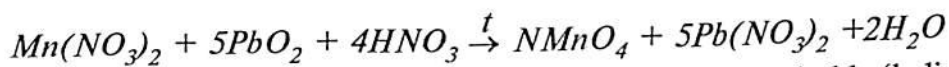
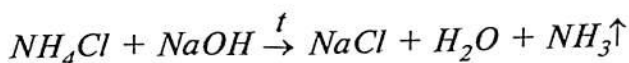


Cho'kma ham kislotalarda, ham ishqorlarda eriydi.

• **Harorat.**

Agar harorat oshishi bilan cho'kmalarning eruvchanligi oshsa, reaksiyani sovuq haroratda olib borish kerak. Bunga misol, yuqorida ko'rsatilgan kaliyni natriy gidrotartrat tuzi bilan cho'ktirish reaksiyasi.

Ba'zi bir reaksiyalar faqat qizdirish bilan olib boriladi.



Bunda bir yo'la reaksiyaga muhitning ham ta'siri mavjud bo'ladi.

• **Konsentratsiya.**

Analitik reaksiyalarni olib borishda konsentratsiya yetarli darajada yuqori bo'lishi kerak. Har qanday modda cho'kma hosil qilish qobiliyatiga ega, agar uning konsentratsiyasi eruvchanligidan yuqori bo'lsa. Agar moddaning eruvchanligi juda kichik bo'lsa, cho'kma tushishi uchun ionlarning kichik konsentratsiyasi ham yetarli bo'ladi. Bunday reaksiyalar sezgir deyiladi. Miqdoriy jihatdan sezgirlik ochilish minimumi va suyultirish chegarasi orqali ifodalanadi. Ochilish minimumi deb, berilgan reaksiya orqali ochilishi mumkin bo'lgan moddani yoki ionni eng kichik miqdoriga aytiladi. Uning o'lchov birligi mkg, mg larda ifodalanadi.

### 3.2. Suvning ion ko'paytmasi (pH)

Suv kuchsiz elektrolit bo'lib, oz miqdorda bo'lsa ham, quyidagi tenglama bo'yicha dissotsiatsiyalanadi:  $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$

Suvning dissotsilanish darajasi juda kichik bo'lib, 25°C da suvning molekulari 1:10000000 (yoki  $10^{-7}$ ) mol ionlarga ajraladi. Bir molekula suv teng miqdorda  $[H^+]$  va  $[OH^-]$  ionlarga dissotsilangani uchun  $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$  g-ion/l bo'ladi. Suvning ionlarga ajralishiga massalar ta'siri qonunini qo'llaymiz

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]} \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Bu yerda,  $[H^+].[OH^-]=K_{H_2O}$  lekin,  $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$  unda  $[H^+].[OH^-]=K_{H_2O} = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$  ya'ni,  $[H^+].[OH^-]=10^{-14}$ , bu qiymat doimiy bo'lib, suvning ion ko'paytmasi deyiladi. Tenglamaning ma'nosi quyidagicha:  $H^+$  yoki  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi qanchalik o'zgarmasin, ularning ko'paytmasi har qanday suvli eritmada 25°C da  $10^{-14}$  ga teng o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi. Demak,  $[H^+]$  va  $[OH^-]$  ionlarining konsentratsiyalarini  $10^{-7}$  son bilan solishtirib, muhit kislotali yoki ishqoriy ekanligini bilish mumkin. Lekin muhitni  $10^{-7}$  qandaydir darajada ifodalash noqulay bo'lganligi uchun ushbu qiymatni manfiy logarifmida foydalanish taklif etilgan va u vodorod ko'rsatkich deb atalib, pH – vodorod ko'rsatkich deb belgilangan, ya'ni

$$pH = - \lg[H^+].$$

Agar  $[H^+]=10^{-3}$  bo'lsa,  $pH = -\lg[10^{-3}] = -(-3) = 3$  muhit kislotali bo'ladi.

Agar  $[H^+]=10^{-7}$  bo'lsa,  $pH = -\lg[10^{-7}] = -(-7) = 7$  va muhit neytral bo'ladi.

Bundan, kislotali muhitda  $pH < 7$ , ishqoriy muhitda  $pH > 7$ , neytral muhitda  $pH = 7$  bo'ladi. Vodorod ko'rsatkich bilan bir qatorda gidroksil ko'rsatkich (pOH) ham qo'llaniladi.

$$pOH = - \lg[OH^-]$$

$[H^+].[OH^-]=10^{-14}$  tenglamani logarifmlasak va ishoralarni teskarisiga almashtirsak,

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

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

$$pH + pOH = 14$$

Bundan:  $pH = 14 - pOH$  kelib chiqadi.

Ushbu formuladan foydalanib, ishqoriy eritmalarining  $pH$  hisoblanadi.

Ushbu tenglamalardan foydalanib, kislota va ishqorlarning  $pH$  ini hisoblash mumkin. Lekin  $[H^+]$  va  $[OH^-]$  ionlarning konsentratsiyalari kislota va ishqorlarning konsentratsiyalari bilan faqat ular to'liq dissotsilangandagina mos tushadi, ya'ni faqat kuchli kislota va asoslarda. Osvaldning suyultirish qonuniga muvofiq konsentratsiya yuqori bo'lganda ham kuchli kislota va asoslar (ishqorlar) to'liq ionlarga parchalanmaydi. Shuning uchun  $pH$  demasdan 0.1 N xlorid kislota yoki 1 N ishqor muhiti deyilsa, aniqroq bo'ladi.

**1-misol.** Eritmada  $[H^+]$  ionlarining konsentratsiyasi  $5 \cdot 10^{-4}$  ga teng. Eritmaning  $pH$  va  $POH$  ini aniqlang.

$$\begin{aligned} \text{Yechish: } [H^+] &= -\lg 5 \cdot 10^{-4} = -(\lg 5 + \lg 10^{-4}) = -(-0,70 - 4) = 3,30; \\ pOH &= 14 - pH \quad pOH = 14 - 3,30 = 10,70 \end{aligned}$$

**2-misol.**  $[H^+]$  qiymati  $4,5 \cdot 10^{-11}$  ga teng bo'lgan eritma uchun  $pH$  va  $pOH$  ni toping.

$$\begin{aligned} \text{Yechish: } pH &= -\lg 4,5 \cdot 10^{-11} = -(0,65) - 11 = 10,35 \\ pH &= 14 - 10,35 = 3,65 \end{aligned}$$

**3-misol.**  $pH$  4,87 ga teng bo'lgan eritmada  $[H^+]$  va  $[OH^-]$  ionlarining konsentratsiyasi nechaga teng.

$$\begin{aligned} \text{Yechish: } \lg[H^+] &= -pH = -4,87 = -(5 - 0,13) = -5 + 0,13, \\ \text{bundan, } [H^+] &= 1,35 \cdot 10^{-5} \end{aligned}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{1,35 \cdot 10^{-5}} = 7,41 \cdot 10^{-8} \quad \frac{10^{-14}}{1,35 \cdot 10^{-5}} = 7,41 \cdot 10^{-8}$$

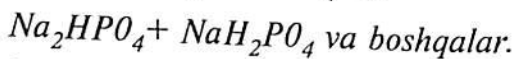
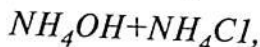
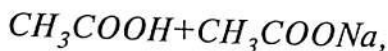
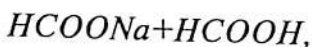
**4-misol.**  $HCl$ ning 0,003N eritmasidagi  $pH$  nechaga teng?

*Yechish:* Ma'lumki  $HCl$  to'liq ionlanadi. Ular har bir molekula ionlanganida bitta vodorod ionini beradi, shu sababli  $[H^+] = 3 \cdot 10^{-5}$ .

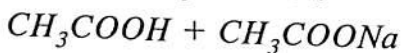
Demak,  $\text{pH} = -\lg 3 \cdot 10^{-5} = -(0,48-3) = 2,52$ .

### 3.3. Bufer eritmalar

Analitik kimyoda ayrim tajribalarni, ayniqsa, tekshiriladigan eritmadan ionlarni cho'ktirishda eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasi aniq va doimiy bo'lishi kerak. Shuning uchun analiz jarayoni  $[\text{H}^+]$  ionlari konsentratsiyasini doimiy saqlab turuvchi bufer eritmalar (boshqaruvchilar) ishlatiladi. Eritma suyultirilganda yoki eritmaga oz miqdorda kuchli kislota (yoki ishqor) qo'shilganda ham pH qiymati o'zgarmaydigan kuchsiz kislota va uning tuzidan yoki kuchsiz asos va uning tuzi aralashmalaridan, shuningdek, ko'p asosli kislota tuzlari aralashmalaridan iborat bo'lgan eritmalar *bufer eritmalar* deyiladi. Bufer eritmalarga quyidagi aralashmalar kiradi:



Bufer eritmalaming bufer ta'siri qo'shiladigan kislota yoki ishqorning  $\text{H}^+$  yoki  $\text{OH}^-$  ionlarini bog'lab, kuchsiz elektrolit hosil qilishiga asoslangan. Masalan, agar asetatli bufer eritmaga kislota qo'shilsa, quyidagicha reaksiya boradi:



Birinchi holda kuchli kislota o'rniga kuchsiz kislota — sirka kislota, ikkinchi holda esa sirka kislotaning  $\text{H}^+$  kationi ishqorning  $\text{OH}^-$  anionini bog'lab dissotsilanmaydigan  $\text{H}_2\text{O}$  molekulasini hosil qiladi.

Kimyoviy reaksiya jarayonida cho'ktirish, eritish, rangli birikmalar hosil qilish kabilarda eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasi (pH) ni zaruriy qiymatlarda saqlab turish kerak. Buning uchun analitik reaksiyalarni bufer eritmali muhitda olib borish tavsiya etiladi.

Bufer eritmalarning pH qiymati eritma suyultirilganda yoki konsentratsiyasi oshirilganida, kislota yoki ishqor qo'shilganda nihoyatda kam o'zgaradi.

Agar bir litr toza suvda 0,01 mol  $HCl$  eritilsa, xlorid kislotaning 0,01N eritmasi hosil bo'lib, bu eritmada  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasi  $10^{-2}$  g.ion/litr bo'ladi. Demak, bunda eritmaning pHni 7 dan 2 gacha kamayadi tushadi.

Xuddi shunday toza suvda 0,01 mol o'yuvchi natriy eritilsa eritmaning pH 7 dan 12 gacha ko'payishini hisoblash mumkin:

$$pOH=2; \quad pH=14-2.$$

*kislotali eritmada  $[H^+] > 10^{-7} > [OH^-]$*

*ishqoriy eritmada  $[H^+] < 10^{-7} < [OH^-]$*

*neytral eritmada  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$*

Kuchli kislota va ishqorlarning juda suyultirilgan eritmalari-ga yoki kuchsiz kislota va asoslarning konsentrlangan eritmalari-ga oz miqdorda kuchli kislota va ishqor qo'shilganda ham pH ke-skin o'zgaradi.

Masalan,  $pH=5$  ga teng bo'lgan bir litr  $10^{-5}$  M  $HCl$  eritmasi-ga 0,01M  $HCl$  qo'shilsa, eritmadagi kislotaning umumiy konsen-tratsiyasi  $10^{-5} + 10^{-2} = 10^{-2}$  M ga teng bo'ladi va eritmaning pHi 3 gacha o'zgaradi, ya'ni ikki birlikka kamayadi. Bir litr  $10^{-5}$  M  $HCl$  eritmasiga 0,01 mol  $NaOH$  qo'shilganda  $NaOH$  ning erit-madagi konsentratsiyasi  $10^{-2} - 10^{-5} \approx 10^{-2}$  M ga teng bo'ladi. Natija-da bu eritmaning  $pOH=2$  ga teng bo'lib,  $pH=12$  bo'ladi. Demak, o'yuvchi natriy qo'shilishi natijasida eritmaning pHi 7 birlikka o'zgaradi. Kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasiga oz miq-dorda kuchli kislota yoki ishqor qo'shilsa pH ning o'zgarish bu-tunlay boshqacha bo'ladi. Haqiqatdan ham, konsentratsiyalari 0,1 M bo'lgan  $CH_3COOH$  va  $CH_3COONa$  aralashmasining bir litrga 0,01 mol  $HCl$  qo'shilsa, eritmadagi  $H^+$  ionlarining konsentratsi-

yasi yuqorida ko'rganimiz kabi, ko'p ortmaydi, chunki bu ionlar erkin holatda qolmasdan, darhol tuzning  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ionlarni bilan bog'lanib, ionlangan molekulaga aylanadi.

Shuningdek, ammiakli bufer eritmalarning bufer ta'sirini quyidagi reaksiyalar yordamida tushuntirish mumkin. Bufer eritmaga kuchli kislota, masalan,  $\text{HCl}$  ta'sir ettirilsa, suv va tuz hosil bo'ladi:

Bufer eritmaga kuchli ishqor, masalan,  $\text{NaOH}$  ta'sir ettirilsa, kuchsiz asos va tuz hosil bo'ladi: Demak, bufer eritma ma'lum miqdorgacha kislota yoki ishqor qo'shilganda ham o'zining pH qiymatini saqlab qoladi. Bufer eritmalar bufer sig'imi bilan xarakterlanadi. Bufer eritmaning pHini ko'pi bilan bir birlikka o'zgartirish uchun unga qo'shish mumkin bo'lgan muayyan konsentrat-siyali (mol/l yoki g-ekv/l bilan ifodalangan) kuchli kislota yoki ishqorning eng ko'p miqdori *bufer sig'imi* deyiladi.

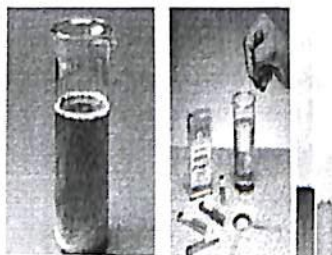
***Bufer eritmalardan analizda foydalanishda quyidagilarni hisobga olish kerak:***

1. Har qanday bufer eritma kislota yoki ishqor qo'shilganda pH ning doimiyligini saqlab turuvchi muayyan bufer sig'imiga ega bo'ladi.

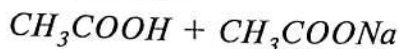
2. Bufer eritmadagi komponentlarning konsentratsiyasi qancha katta bo'lsa, bufer sig'imi shuncha katta bo'ladi.

*Agar toza suv ustiga kislota qo'shilsa,  $\text{H}^+$  ionlarining soni ortadi va  $>10^{-7}$ ,  $\text{OH}^-$  ionlarining soni esa shuncha kamayadi va  $<10^{-7}$  ( $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$  va h.k.) bo'ladi.*

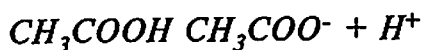
#### 3.4. Kuchsiz kislotali bufer aralashmalarining pH ini hisoblash



Kuchsiz kislota  $\text{CH}_3\text{COOH}$  bilan uning tuzi  $\text{CH}_3\text{COONa}$  bufer aralashmasi misolida pH hisoblash formulasini keltirib chiqaramiz:



Bu yerda sirka kislotasi quyidagicha dissotsiatsiyalanadi:



Massalar ta'siri qonunini qo'llab sirka kislotasining dissotsiatsiya konstantasi tenglamasini yozamiz:  $K_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$

Bundan  $[H^+]$  qiymatini topamiz.

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} \quad (1)$$

$$[H^+] = K_{kisl} \cdot \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$$

$$-\lg[H^+] = -\lg K_{kisl} - \lg \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$$

*Bu tenglamani logarifmlab, ishoralarni teskarisiga almashtiramiz:*

Lekin,  $-\lg[H^+] = pH$  ( $pH$  – vodorod ko'rsatkich)

$-\lg K_{kisl} = pK_{kisl}$  ( $pK_{kisl}$  – kislota ko'rsatkich)

$$pH = pK_{kisl} - \lg \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$$

Kuchsiz kislotalar bilan ularning tuzlari aralashmasi, masalan, kuchsiz kislota  $CH_3COOH$  bilan uning tuzi  $CH_3COONa$  aralashmasini ko'rib chiqamiz:

$$K_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

Lekin  $CH_3COOH$  kuchsiz kislota bo'lgani uchun eritmada deyarli ionlanmagan molekular holda bo'ladi. Bundan tashqari kislotaning ionlanishi, bir xil ionli tuz ishtirokida yana ham kamayadi. Shuning uchun kislotaning ionlanmagan molekulari konsentratsiyasi uning eritmasidagi umumiy konsentratsiyasiga teng, ya'ni  $[CH_3COO^-] \approx C_{kisl}$  deb qabul qilish mumkin.



Biroq  $\text{CH}_3\text{COONa}$  tuzi to'liq dissotsiyalangan,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  juda kam dissotsiyalangan, demak, eritmadagi deyarli hamma  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionlari tuzning dissotsiyalanishidan hosil bo'ladi. Tuzning har bir dissotsiyalangan molekulasi bittadan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ion bergani uchun yozamiz:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx C_{\text{tuz}}$$

Bularni hammasini hisobga olib, tenglama (1) dan  $\text{H}^+$  ning qiyamatini aniqlaymiz:

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

yoki

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

Shu tenglamani logarifmlab, ishoralarni teskarisiga almashtir-sak:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\lg K_{\text{kisl}} - \lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}$$

yoki

$$\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{kisl}}}{C_{\text{tuz}}}$$

bo'ladi.

Bu yerda,  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$

$\text{pK}_{\text{kisl}} = -\lg K_{\text{kisl}}$  kislota kuchini ko'rsatkichi.

Masalan,  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ . Bunda  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning ionlanish konstantasining tenglamasi:

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

Bu tenglamadan  $[OH^-]$  ning qiymatini topamiz:

$$[OH^-] = K_{NH_4OH} \cdot \frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]} = K_{asos} \frac{C_{asos}}{C_{tuz}};$$

$$[OH^-] = K_{asos} \cdot \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

Bu tenglamani ham logarifmlab, ishoralarini teskarisiga almashtirsak:

$$-\lg[OH^-] = -\lg K_{asos} - \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

$$\lg pOH = pK_{asos} - \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

yoki

Lekin  $pH + pOH = 14$  deb ko'rsatilgan. Demak,  $pH = 14 - pOH$  yoki

$$pH = 14 - pK_{asos} - \lg \frac{C_{asos}}{C_{tuz}}$$

tenglamadagi nisbat  $\frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$  yoki  $\frac{C_{as}}{C_{tuz}}$  lar 1/10 yoki 10/1 ga teng

bo'lishi mumkin. Unda  $pH = pK_{kisl} + 1$  bo'ladi.

Bufer ta'siri yuqori bo'lishi uchun bufer aralashmasini kislota va uning tuzi yoki asos va uning tuzini konsentratsiyalari yuqori bo'lishi kerak.

**Shu tenglama bilan hisoblashga bir necha misollar ko'rib chiqamiz.**

**1-misol.**  $CH_3COOH + CH_3COONa$  bufer aralashmada har bir moddadan 0,1 moldan bor, shu aralashmaning pH ini hisoblang. Bu aralashma pH bir litr aralashmaga:

a) 0,01 mol HCl; b) 0,01 mol NaOH qo'shilganda va aralashmaning suv bilan 100 marta suyultirilganida qanday o'zgarishini ko'rsating.

*Yechish.* Sirka kislotasi uchun  $pK=4,76$  ekan, bunday holda

$$\text{yoki } pH = pK_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H^+]}{[CH_3COOH]}$$

Agar bu aralashmaning bir litriga 0,01 mol HCl qo'shilsa, u holda 0,01 mol  $CH_3COONa$  teng mol miqdordagi  $CH_3COOH$  ga aylanadi. Demak, bir litr 0,1 M  $CH_3COOH$  eritmasiga 0,01 mol NaOH qo'shilsa,  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasi  $0,1-0,01=0,09$  gr.ion/litr gacha kamayadi.

Agar bir litr 0,1 M  $CH_3COONa$  eritmasiga 0,01 mol NaOH qo'shilsa  $0,1+0,01=0,11$  gr.ion/litr:

$$pH = 4,76 - \lg \frac{0,11}{0,09} = 4,67$$

Xuddi shunga o'xshash bir litr eritmaga 0,01 mol NaOH qo'shilsa, teng mol miqdor  $CH_3COOH$   $CH_3COONa$  ga aylana-di. Bundan

$$pH = 4,76 - \lg \frac{0,9}{0,11} = 4,84$$

Nihoyat eritmani 100 marta suyultirsak:

$$pH = 4,76 - \lg \frac{0,001}{0,001} = 4,76$$

Ya'ni bufer aralashmalariga oz miqdorda kislota yoki ishqor qo'shilganida, shuningdek, eritma suyultirilganida ular pH ni de-yarli o'zgartirmay saqlab qoladi.

**2-misol.**  $NH_4OH + NH_4Cl$  bufer aralashmasi tarkibida har bir moddadan 0,1 mol dan bor, shu moddaning pH soni nechaga teng?

- bir litr aralashmaga 0,01 mol NaOH qo'shilganida;
- bir litr aralashmaga 0,01 mol HCl qo'shilganida;
- bir litr aralashma suv bilan 10 marta suyultirilganida pH qanday o'zgaradi?

*Yechish.* Yuqoridagi tenglamaga binoan,

$$pH = 14 - pOH = 14 - pK_{NH_4OH} + \lg \frac{C_{NH_4OH}}{C_{NH_4Cl}}$$

$$\text{Yoki, } pH = 14 - 4,76 + \lg \frac{0,1}{0,1} = 9,25$$

0,01 mol HCl  $C_{NH_4OH}$  qiymati kamayib, 0,09 M ga teng bo'lib qoladi.  $C_{NH_4OH}$  qiymati esa ortib boradi, 0,11 M ga yetadi.

$$\text{Demak, } pH = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,09}{0,11} = 9,15$$

Bir litr aralashmaga 0,01 mol qo'shilganda pH bo'ladi:

$$pH = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,11}{0,09} = 9,33$$

$$\text{Eritma 10 marta suyultirilganida } pH = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,01}{0,01} = 9,25$$

*bo'ladi.*

Bufar aralashmalarining pH ini amalda doimiy saqlab turish xususiyati ularning ayrim komponentlari eritmaga kiritilgan (yoki reaksiya natijasida hosil bo'lgan) kislota yoki ishqor asoslarning  $H^+$  yoki  $OH^-$  ionlarini o'ziga bog'lab olishiga asoslangandir. Albatta, bufer aralashmalarining bu xususiyati cheksiz emas, uning chegarasi aralashmadagi komponentlarining konsentratsiyalariga bog'liq.

Masalan, agar 0,1N ammoniyli bufer aralashmaning bir litriga (ya'ni konsentratsiyalari 0,1 N dan bo'lgan  $NH_4OH + NH_4Cl$  aralashmasiga) 0,1 moldan ortiq HCl yoki NaOH qo'shilsa, har ikki holda ham eritmaning pH i keskin o'zgaradi. Chunki undagi  $NH_4OH$  yoki  $NH_4Cl$   $H^+$  yoki  $OH^-$  ionlarini bog'lashga yetmaydi. Bunday eritmaga qo'shilgan kuchli kislota yoki ishqor ortib qoldi bu esa pHni keskin o'zgartiradi. Har qanday bufer aralashma faqat ma'lum bir miqdordagi kislota yoki ishqor qo'shilguncha

pH ning doimiyligini saqlab turadi, ya'ni ma'lum bufer sig'imga ega bo'ladi. Bufer eritmaning bufer sig'imi katta bo'lsa, u shuncha ko'p miqdordagi kislota yoki ishqor ta'sirida o'z pH qiymatini saqlay oladi.

Analitik tajribalarda har xil reaksiyalar o'tishda bufer aralashmalardan keng foydalaniladi.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Elektrolitlar, kuchli va kuchsiz elektrolitlar, ularga misollar keltiring.
2. Dissotsiatsiya darajasi, dissotsiatsiya konstantasi.
3. Qanday elektrolitlar kuchli va kuchsiz deyiladi? Misol keltiring.
4. Suvli eritmalarda kislotalarni dissotsiyalanishi qanday o'tadi?
5. Eritmaning  $[H^+]$  va  $[OH^-]$  o'rtasida qanday matematik bog'lanish bor?
6. Kuchsiz kislotali bufer aralashmalarning pH ini hisoblash.
7. Kuchli kislotali bufer aralashmalarning pH ini hisoblash.
8. Suvning dissotsiatsiyalanish konstantasi va suvning ionli ko'paytmasining ifodasini yozing. pH-tushunchasini asoslab bering.
9. Vodorod ko'rsatkich (pH) va uni kislotalarda hisoblash.
10. Gidroksil ko'rsatkich (pOH) va uni ishqorlarda hisoblash.
11. Bufer eritmalar. Bufer sig'imi. Bufer eritmalarni foydalanish sohalari.
12. Osvaldning suyultirish qonuni.

## 4-bob. BIRINCHI ANALITIK GURUHI KATIONLARI HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA

*Sifat analizida kation va anionlarning klassifikatsiyasi.*

Sifat analizida kationlarni klassifikatsiyalashning bir necha usullari (sxemalari) bor:

1. Vodorod sulfidli usul: bu metall sulfidlarining turlicha erishiga asoslangan.

2. Vodorod sulfidsiz usullar:

- a) kislota-ishqorli;
- b) ammiak-fosfatli;
- d) atsetat-amidli va hokazo.

Keyingi yillarda sifat analizida kislota-ishqorli usul qo'llanilmoqda. Bu usul bo'yicha klassifikatsiyalashda kationlar 6 ta analitik guruhga bo'linadi.

**I guruh:**  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ . Guruh reagenti yo'q.

**II guruh:**  $Ba^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$ . Guruh reagent suyultirilgan  $H_2SO_4$  yoki  $SO_4^-$  ionlari.

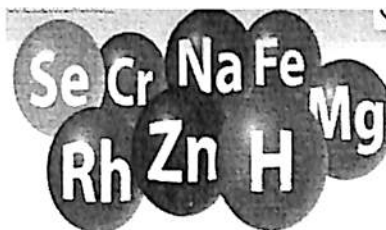
Bu guruh kationlarining hammasi  $SO_4^{-2}$  bilan cho'kma hosil qiladi.

**III guruh:**  $Al^{+3}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Cr^{+6}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $As^{+3}$ ,  $As^{+5}$ ,  $Sn^{+2}$ ,  $Sn^{+4}$ . Guruh reagent ishqor eritmalari. Hosil bo'lgan cho'kmalar ortiqcha ishqorda eriydi.

**IV guruh:**  $Mn^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Bi^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Sb(III),(V)$ . Guruh reagent ishqor eritmalari. Hosil bo'lgan cho'kmalar III-guruh kationlaridan farqli ravishda ortiqcha ishqorda erimaydi.

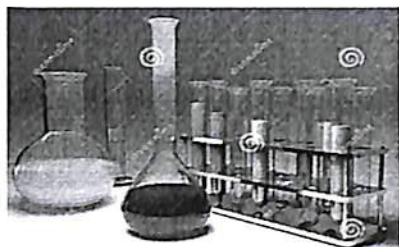
**V guruh:**  $Nu^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Hg^{+2}$ ,  $Cd^{+2}$ . Guruh reagent ishqoreritmalari. Hosil bo'lgan cho'kmalar ortiqcha miqdor  $NH_4OH$  da eriydi va kompleks birikmalar hosil qiladi.

**VI guruh:**  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ . Guruh reagenti suyultirilgan  $HCl$   $NaOH$  (cho'kmalar ortiqcha  $NaOH$  da erimaydi).



Mn<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Bi<sup>+3</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Sb (III), (V)

*Guruh reagenti*



Sistematik analizda ionlar murakkab aralashmalardan ayrim-ayrim holda emas, guruh-guruh qilib ajratiladi, bunda ularni guruh reagenti deb ataluvchi ba'zi reaktivlar ta'siriga bir xil munosabatda bo'lishidan foydalaniladi. Guruh reagenti ma'lum talablarga javob berishi kerak:

1) u kationlarni amalda to'liq cho'ktirish kerak (cho'ktirilgandan so'ng eritmada qolgan kation konsentratsiyasi 10–6 mol/l dan oshmasligi kerak);

2) keyingi analizni o'tkazish uchun hosil bo'lgan cho'kma kislotalarda oson eriydigan bo'lishi kerak;

3) ortiqcha qo'shilgan reagent eritmada qolgan ionlarni aniqlashga xalal bermasligi kerak.

**Kationlarning kislota-asosli usul bo'yicha klassifikatsiyasi**  
(*kislota-ishqoriy usul*)

| Guruh | Guruh reagent   | Kationlar  |
|-------|---|--|
| I     | Guruh reagent yo'q  | K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  |
| II    | HCl   | Ca <sup>+2</sup> , Ba <sup>+2</sup> , Sr <sup>+2</sup> ,   |
| III   | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | Al <sup>+3</sup> , Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup> , Zn <sup>+2</sup> ,<br>As <sup>+3</sup> , As <sup>+5</sup> , Sn <sup>+2</sup> , Sn <sup>+4</sup> . |
| IV    | NaOH (cho'kmalar ortiqcha NaOH da eriydi)   | Mn <sup>+2</sup> , Fe <sup>+2</sup> , Fe <sup>+3</sup> ,<br>Sb(III)  |
| V     | NaOH (cho'kmalar ortiqcha NaOH da erimaydi)   | Nu <sup>+2</sup> , Co <sup>+2</sup> , Ni <sup>+2</sup> ,<br>Hg <sup>+2</sup> , Cd <sup>+2</sup>  |
| VI    | NaOH (cho'kmalar ortiqcha NH <sub>4</sub> OH da eriydi va komplekslar hosil qiladi) | Ag <sup>+</sup> , Hg <sub>2</sub> <sup>+2</sup> , Pb <sup>+2</sup>   |

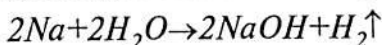
**Kationlarning klassifikatsiyasi**  
(vodorod sulfidli usul)

| G u -<br>ruh | Guruh reagent  | Kationlar   |
|--------------|--|---|
| I            | Guruh reagenti yo'q                                  | $K^+$ , $Na^+$ , $NH_4^+$   |
| II           | $(NH_4)_2CO_3$ ammoniyli bufer aralashma ishtirokida | $Ba^{+2}$ , $Sr^{+2}$ , $Ca^{+2}$   |
| III          | Guruh reagenti $(NH_4)_2S$ pH=9,2                    | $Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Zn^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Ni^{2+}$ , $Co^{2+}$ , $Mn^{2+}$ va boshq.                         |
| IV           | Guruh reagenti $H_2S$ 0,3N HCl ishtirokida pH=0,5    | $Cu^{2+}$ , $Cd^{2+}$ , $Bi^{2+}$ , $Hg^{2+}$ , $As^{3+}$ , $As^{5+}$ , $Sb^{3+}$ , $Sb^{5+}$ , $Sn^{2+}$ , $Sn^{4+}$ va boshq. |
| V            | Guruh reagenti HCl                                   | Suyultirilgan kislotalarda Erimaydigan xloridlar $Ag^+$ , $Pb^{2+}$ , $Hg_2^{2+}$   |

**4.2. I guruh kationlarining analitik reaksiyalari va ularni analiz qilish tartibi**

Birinchi analitik guruhga  $NH_4^+$ , va  $Mg^{2+}$  kationlari kiradi. Bu kationlarining hammasi rangsiz, shuning uchun ham anion rangli bo'lgan taqdirdagina (masalan,  $CrO_4^{2-}$ ,  $MnO_4^-$  va boshqalar) ularning tuzlari ham rangli bo'ladi. Kaliy, ammoniy va natriyning deyarli hamma tuzlari, shuningdek, ularning gidroksidlari suvda yaxshi eriydi. Bu guruh kationlarining barchasi birgalikda cho'kuvchi guruh reagenti (reaktiv) yo'q. Chunki birinchi guruh kationlarining ko'pchilik tuzlari suvda yaxshi eriydi. Boshqa guruh kationlari  $K^+$  va  $Mg^{2+}$  kationlarini topishga xalaqit bergani uchun sistematik analizida bu kationlari eritmadan boshqa kationlari to'liq yo'qotilgandan keyingina topiladi.

Kaliy va natriy D.I. Mendeleyev davriy sistemasining I guruh elementlari qatoriga kiradigan juda aktiv ishqoriy metallidir. Ular oddiy temperaturada suv bilan reaksiyaga kirishib, vodorod gazi holida ajraladi va tegishli gidroksidlar hosil qiladi:





Ishqoriy metallarning gidroksidlari juda kuchli ishqordirlar. Ular suvdagi Eritmalarda ionlarga to'liq ajraladi. Shuning uchun kuchli kislotalarning natriyli hamda kaliyli tuzlari gidrolizlanmaydi va ular eritmalarining muhiti neytral bo'ladi: bunday eritmalarining  $pH_i$  ularni tayyorlashda ishlatiladigan suvning  $pH_i$  bilan belgilanadi. Kuchsiz kislotalarning kaliyli yoki natriyli tuzlari eritmada kuchli gidrolizlangan bo'ladi; hamda ularning eritmaları ishqoriy reaksiya ( $pH=7$ ) beradi.

Ammoniy gidroksid  $NH_4OH$  ammiakning suvdagi eritmasi bo'lib kuchsiz asosdir. Uning 1N eritmasida ammiakning ionlanish darajasi 0,4 % ga yaqin. Shuning uchun kuchli kislotalar ammoniyli tuzlarining eritmaları kislotali reaksiya beradi ( $pH=7$ ). Masalan, 1N  $NH_4Cl$  eritmasining  $pH_i$  4,6 ga teng.

$K^+$  va  $Mg^{2+}$  kationlarini inert gazlar atomining tashqi qavatiga o'xshash yoki ikki elektronli tugallangan tashqi qavatga ega, birinchi guruh kationlaridan  $Mg^{2+}$  ionlarni alohida ajralib turadi. U davriy sistemaning ikkinchi guruhida joylashgan bo'lib, I va II analitik guruh kationlari o'rtasida oraliq holatni egallaydi; shu sababli uni I guruhga ham II guruhga ham kiritish mumkin.

$Mg^{2+}$  ioni birinchi guruh kationlaridan:  $K^+$ ,  $NH_4^+$  va  $Na^+$  dan o'z xossalariga ko'ra farq qiladi.  $Mg(OH)_2$  suvda yomon eriydi, kuchsiz asoslar qatorida turadi.  $MgCO_3$ ,  $Mg_2(OH)_2CO_3$ ,  $MgHPO_4$ ,  $Mg_3(PO_4)_2$  va  $Mg(OH)PO_4$  ikkinchi analitik guruh tuzlariga o'xshab suvda kam eriydi. Lekin u ammoniy karbonat ta'sirida  $NH_4Cl$  ishtirokida cho'ktirilgani uchun  $Mg^{2+}$  ioni analiz davomida II guruh bilan cho'kmasdan, I guruh kationlari bilan eritmada qoladi. Shuning uchun uni I guruh kationlari bilan birga o'rganish qulay. Ionlarining xossalari va xarakterli reaksiyalarini o'rganishda shart-sharoitlarga (temperatura, ionning konsentratsiyasi, cho'kmaning kislota va ishqorlarda erish-erimasligi va boshqalarga) e'tibor berish kerak. Cho'kmalarning kislota va ishqorlarda erish xususiyatlariga alohida e'tibor beriladi, shuning uchun talabalarga cho'kmani olgandan so'ng unga turli kislotalarning (mineral kislotalar va sirka kislota) ta'sirini sinab ko'rish

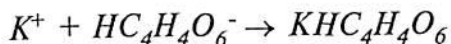
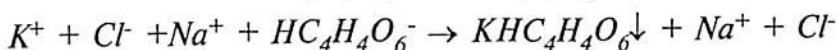
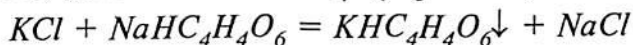
va shuningdek, cho'kmaning ishqorlarda eruvchanligini tekshirib ko'rish tavsiya etiladi.

### 4.3. Kationlarning reaksiyalari

#### $K^+$ kationini aniqlashga xos reaksiyalar

Reaksiyalar  $KCl$ ,  $K_2SO_4$  yoki  $KNO_2$  tuzlaridan birortasining suvdagi eritmasidan foydalanib o'tkaziladi.

1. *Natriy gidrotartarat* (vino kislotani natriyli nirdon tuzi)  $NaHC_4H_4O_6$  kaliy tuzlarining eritmaları bilan oq kristall cho'kma-kaliy gidrotartarat  $KHC_4H_4O_6$  hosil qiladi:

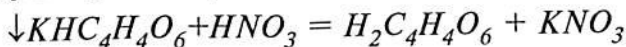


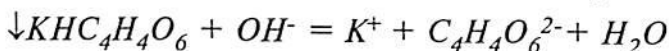
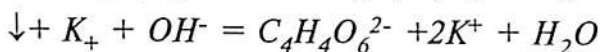
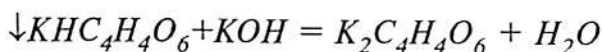
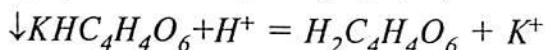
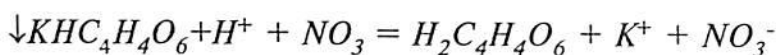
Bu reaksiyalardan ko'rinib turibdiki, reaksiya faqat  $K^+$  va  $HC_4H_4O_6^-$  ionlarigina ishtirok etadi, boshqa hamma ionlarni tenglamadan tushirib qoldirish mumkin:

Reaksiyani o'rganish uchun konussimon probirkaga kaliy tuzi ( $KCl$ ,  $K_2SO_4$  yoki  $KNO_2$ ) eritmasidan 4–5 tomchi olib,  $NaHC_4H_4O_6$  eritmasidan shuncha qo'shiladi. Reaksiyani o'tkazilayotgan probirkani suv oqimiga tutib turib, shisha tayoqcha bilan probirka devorlarini ishqalab cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi.

Hosil bo'lgan cho'kma kuchli kislotalarda, ishqorlarda va is-siq suvda eritdi. Faqat  $CH_3COOH$  da erimaydi. Ko'proq miq-dor sovuq suvda ham eriydi.  $KHC_4H_4O_6$  tuzining eruvchanli-gi birmuncha yuqori bo'lgani uchun reaksiyani kaliy tuzlarining yuqori konsentratsiyali eritmalarida pH 5–7 bo'lgan eritmalarda sovuq sharoitda o'tkazilishi kerak.

Analiz uchun qo'llaniladigan eritmaning muhiti neytral (yoki juda kuchsiz kislotali) bo'lishining sababi shundaki, kislotali mu-hitdagina cho'kma tartarat kislota hosil qilib eriydi, ishqoriy mu-hitda o'rta yoki qo'shaloq tuzlari hosil bo'ladi:

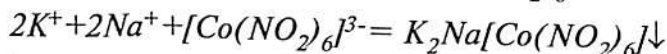
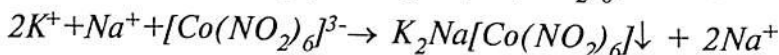
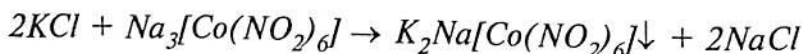




Reaksiya natijasida ko'pincha biroz vaqtdan keyingina cho'kma ajratadigan o'ta to'yingan eritmalari hosil bo'ladi. Ishqalash, chayqatish va shunga o'xshash mexanikaviy ta'sirlar cho'kma hosil bo'lishini tezlashtiradi.

**Reaksiya bajarilishi.** Kaliy tuzining 3–4 tomchi eritmasiga o'shancha reaktiv ( $NaHC_4H_4O_6$ ) qo'shiladi. Probirkani sovuq suv oqimiga tutib turib, shisha tayoqcha bilan probirka devorlarining ichki yuzasi ishqalanadi.

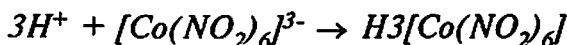
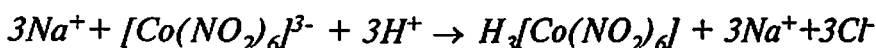
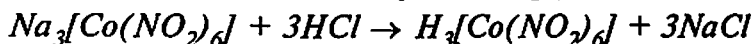
2. **Natriy kobaltnitrit**  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  kaliy tuzlari eritmasi bilan asosan  $K_2Na[Co(NO_2)_6]$  tarkibli sariq cho'kma hosil bo'ladi: geksanitrokobalt kaliy-natriy, kobaltning (III) valentli kompleks tuzi:



$NH_4^+$  ham xuddi shunday cho'kma hosil qilib kaliy ionini to'pishga xalaqit beradi, shuning uchun ham Reaksiyani uning ishtirokisiz o'tkazishi kerak.

Analiz o'tkazish uchun yangi tayyorlangan  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  eritmasini ishlatish lozim, chunki u saqlanganida parchalanib, pushti rangli  $Co^{2+}$  ionlarni ajralib chiqadi. Bunday reaktiv ish uchun yaroqsiz kislotali muhit hosil qiladi. Sirka kislotali muhitda reaktiv ham, hosil bo'lgan cho'kma ham barqaror. Analiz qilinayotgan aralashmada yodidlar bo'lsa, reaktiv buziladi, chunki  $2J^- \rightarrow J_2$  oksidlanish jarayonida reaktiv tarkibidagi nitrat ioni qatnashadi. Kuchli kislotali muhitda  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  kaliy ioni

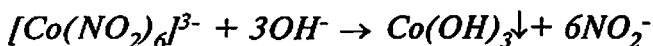
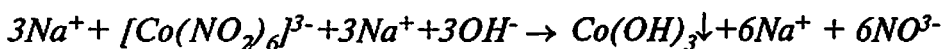
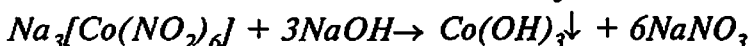
bilan cho'kma hosil qilmaydi, chunki kuchsiz geksanitrokobaltat vodorod kislotasi hosil bo'ladi:  $H_3[Co(NO_2)_6]$



$H_3[Co(NO_2)_6]$  hosil bo'lib, parchalanadi va Co(III) dan Co (II) gacha qaytariladi: eritma pushti rangga bo'yaladi.



**Ishqoriy muhitda:**  $Na_3[Co(NO_2)_6]$  natriy kobaltinitrit parchalanadi va cho'kmasini hosil qiladi.  $(Co(OH)_3\downarrow)$

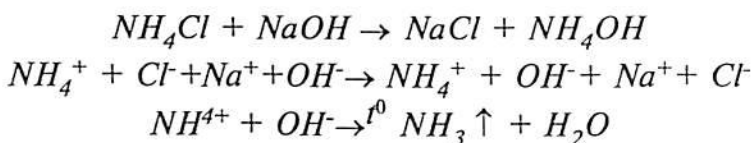


**Reaksiyaning bajarilishi.** Kaliy tuzi eritmasidan 2-3 tomchi olib probirkaga solinadi va ustiga yetarli reaktiv qo'shiladi. Reaksiya yetarli darajada sezgir.

**Alanganing bo'yalishi.** Kaliy tuzlari gorelkasining rangsiz alangasini binafsha tusga kiritadi. Alangaga ko'k shisha yordamida qaralsa, sariq rang shishada otilib binafsha rang yaxshi ko'rinadi. Shisha tayoqcha kavsharlangan platina (Pt) yoki nixrom simni avval konsentrlangan xlorid kislotada yuvib tozalanadi. Tozalangan sim KCl eritmasida yoki konsentrlangan xlorid kislotada ho'llanib, kaliyning birorta qattiq tuziga tekkizilganda, sigma kristallardan bir nechtasi yuqib qoladi. Sim gorelka alangasining pastki qismidan kiritilib, uning yuqori temperaturali qismiga tomon asta-sekin ko'tariladi. Alanga rangining bo'yalishi kuzatiladi.

#### 4.4. $NH_4^+$ kationini aniqlashga xos reaksiyalar

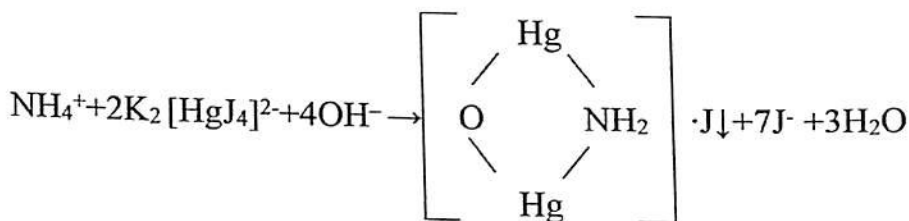
1. **O'yuvchi ishqorlar bilan.** NaOH, KOH bilan ammoniy tuzlarining eritmalari qo'shib qizdirilganda, gazsimon ammiak ajralib chiqadi:



Ajralib chiqayotgan ammiakni o'tkir hididan, namlangan lakmus qog'ozining ko'karishidan, konsentrlangan xlorid kislotasi bilan ho'llangan shisha tayoqcha ammiak ajralayotgan probirka og'ziga yaqinlashtirilganda «oq tutun» hosil bo'lishidan,  $Hg_2(NO_3)_2$  tuzining eritmasi bilan ho'llangan filtr qog'oz probirkadan chiqayotgan gaz ta'sirida qorayishidan bilib olish mumkin. Hosil bo'lgan simob metallik qog'ozning qora tusga kiritadi.

**Reaksiyaning bajarilishi.** Ammoniy tuzining 2–3 tomchi eritmasi yoki ozgina quruq tuzi solingan probirkaga 3–4 tomchi ishqor qo'shiladi va probirkaning lakmus qog'oz tutib turgan holda probirka suv hammomida qizdiriladi. Lakmus qog'oz rangining o'zgarishiga e'tibor berish kerak, qizil lakmus qog'oz ko'karadi.

1. *Nessler reaktivi bilan o'tkaziladigan reaksiya.* Nessler reaktivi  $K_2[HgI_4]$  va KOH aralashmasi ammoniy ionlarni bilan oksodimerkur ammoniy yodidning qizil-qo'ng'ir cho'kmasini hosil qiladi:



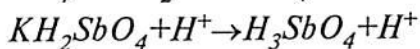
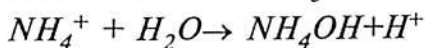
**Reaksiyani bajarilishi.** Ammoniy tuzining bir tomchi eritmasiga 1–2 tomchi Nessler reaktividan qo'shiladi. Qizil-qo'ng'ir rangli cho'kma hosil bo'lishi kuzatiladi. Bu reaksiya katta sezgirlik bilan ajralib turadi.

$NH_4^+$  ionining  $K^+$  va  $Na^+$  ionlarni reaktivlari ta'siriga munosabati. Biz  $NH_4^+$  ionining eng muhim sifat reaksiyalarini o'rganib oldik, endi uning  $K^+$  va  $Na^+$  ionlarini topishda ishlatiladigan reaktivlar ta'siriga qanday munosabatda bo'lishini ko'rib chiqay-

lik. Bu I guruh kationlarini sistematik analiz qilish yo'lini tushunib olish uchun juda zarurdir.

a)  $\text{NaCH}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  lar  $\text{NH}_4^+$  ionlarni bilan ko'rishda  $\text{K}^+$  ionlarni hosil qiladigan cho'kmadan farq qilmaydigan cho'kma hosil qiladi. Bunga o'zingiz tajriba qilib ko'rib ishonch hosil qiling. Demak,  $\text{NH}_4^+$  ning bo'lishi  $\text{K}^+$  ni topishga xalaqit beradi.

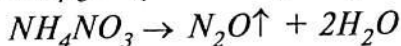
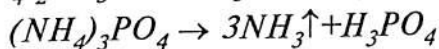
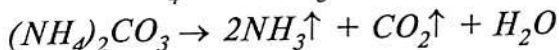
b)  $\text{KH}_2\text{SbO}_4$  ammoniy tuzlari eritmasi bilan reaksiyaga kirishib, ularning eritmalari kislotali bo'lgani uchun (gidrolizlanishi tufayli) oq amorf cho'kma  $\text{HSbO}_3$  hosil qilishi mumkin:



Demak,  $\text{NH}_4^+$  ning bo'lishi bu reaktiv ( $\text{KH}_2\text{SbO}_4$ ) bilan  $\text{Na}^+$  ni topishga ham xalaqit beradi.

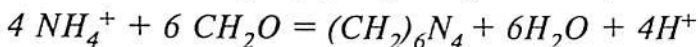
Lekin uranilatsetat bilan qilinadigan mikrokristalloskopik reaksiyadan foydalanib,  $\text{NH}_4^+$  ishtirokida ham  $\text{Na}^+$  ionini topish mumkin.

*$\text{NH}_4^+$  kationini eritmadan yo'qotish.* Eritmadagi natriy va kaliy kationlarini aniqlash reaksiyalariga ammoniy kationlari xalaqit berishini dastlab aytib o'tgan edik. Shuning uchun tekshirilayotgan eritmadan ozroq olib, ammoniy kationiga sifat reaksiya o'tkaziladi. Agar eritmada ammoniy ioni bo'lsa, uni, albatta, yo'qotish kerak. Bu ishni amalga oshirishda ammoniy tuzlarining xossalari-dan, ya'ni qizdirilganda parchalanib, uchib ketishidan yoki gazsimon moddalar hosil bo'lishidan foydalanish kerak, masalan:



Ammoniy ionini  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  geksametilatetraamin (yoki urotropin) shaklida bog'lab yo'qotish ham mumkin. Buning uchun am-

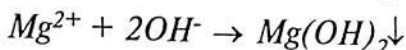
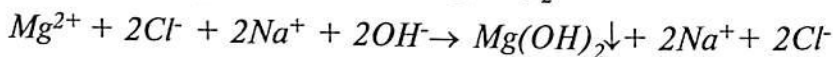
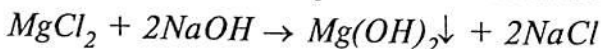
moniy ioni bor eritmaga formaldegid (formalin) –  $\text{CH}_2\text{O}$  eritmasini qo‘shib ammoniy ioni organik birikma  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  molekulasiga bog‘lash mumkin. Reaksiya quyidagi tenglama bo‘yicha boradi:



Hosil bo‘lgan vodorod ionlarining konsentratsiyasi kamaytirib turilsa, reaksiya to‘liq boradi. Buning uchun natriy karbonat eritmasi qo‘shilsa, u vodorod ionlarini kamaytirish bilan birga, eritmadagi boshqa guruh kationlarini,  $\text{Mg}^{2+}$  ionini (agar ular eritmada bo‘lsa) karbonatlar yoki gidroksidlar holda cho‘ktiradi. Karbonatlarni eritish kerak bo‘lsa, eritmaga sirka kislotasi ham qo‘shiladi.

#### 4.5. $\text{Mg}^{2+}$ kationiga xos reaksiyalar

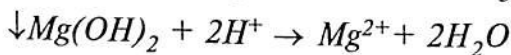
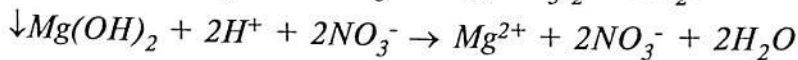
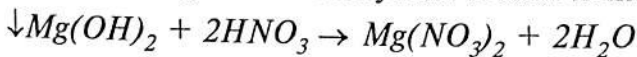
1. *O‘yuvchi ishqorlar bilan.* O‘yuvchi ishqorlar KOH yoki NaOH magniy kationlari bilan oq amorf cho‘kma hosil qiladi:

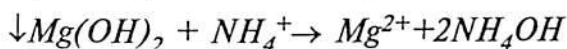
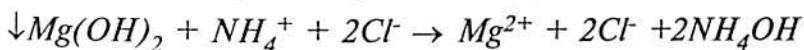
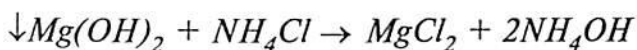


Ushbu reaksiya yordamida birinchi analitik guruh kationlaridan  $\text{Mg}^{2+}$  ajratiladi, chunki  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  ning gidroksidlari suvda yaxshi eruvchan. Cho‘ktirishda  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan foydalanish maqsadga muvofiq emas.

$\text{NH}_4\text{OH}$  kuchsiz asos bo‘lib, eritmada kam dissotsiyalanadi va  $\text{OH}^-$  ionlarining konsentratsiyasi eritmada yetarli bo‘lmaydi.

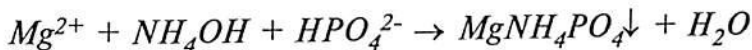
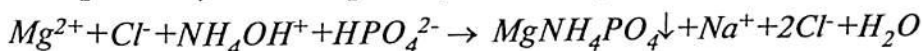
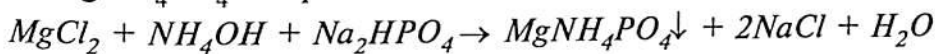
$\text{Mg}(\text{OH})_2$  cho‘kmasi kislotalarda va ammoniy tuzlarida eriydi. Bunga sabab magniy gidroksidning asos ekanligi hamda ammoniy tuzlarining dissotsialanishidan hosil bo‘lgan  $\text{NH}_4^+$  kationi eritmadagi  $\text{OH}^-$  ionlarining konsentratsiyasini keskin kamaytiradi.



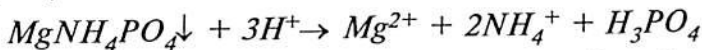
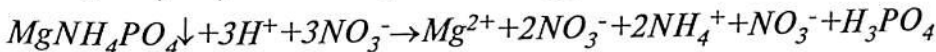
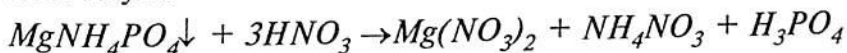


**Reaksiyaning bajarilishi.** Probirkaga magniyning biror tuzi eritmasidan 2–3 tomchi olib, unga o‘shancha miqdorda ishqor eritmasi qo‘shiladi. Amorf cho‘kma hosil bo‘lishiga e‘tibor bering. Boshqa probirkaga magniy tuzi eritmasidan 2 tomchi olib, unga dastlab 2 tomchi  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ning to‘yingan eritmasidan, so‘ngra 2 tomchi eritmasidan tomizing. Cho‘kma hosil bo‘lmaydi.

I. *Natriy gidrofosfat*  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  magniy tuzlari bilan  $\text{NH}_4\text{OH}$  va  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ishtirokida reaksiyaga kirishib, mineral kislotalarda va  $\text{CH}_3\text{COOH}$  da eriydigan qo‘shaloq tuz magniy va ammoniy fosfat  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  – oq kristall cho‘kma hosil qiladi.



Hosil bo‘lgan cho‘kma quyidagi reaksiya bo‘yicha kislotada ta’sirida eriydi.



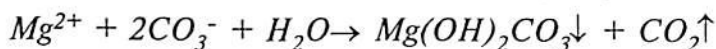
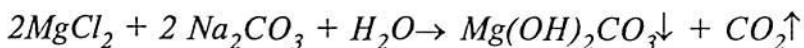
Bu tuz 6 molekula suv bilan birga kristallanadi; uning formulasi  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dir.

**Reaksiyaning bajarilishi.** Magniy tuzining 2–3 tomchi eritmasiga xuddi o‘shancha miqdorda  $\text{NH}_4\text{OH}$  va hosil bo‘lgan cho‘kma  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  eriguncha aralashmani chayqatib turgan holda  $\text{NH}_4\text{Cl}$  eritmasidan qo‘shiladi.

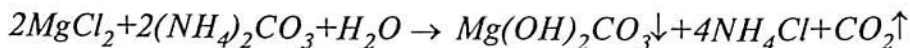
Tiniq eritmaga  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  reaktividan 4–5 tomchi qo‘shib shisha tayoqcha bilan aralashtirib turiladi. Ba‘zan cho‘kma hosil bo‘lishi uchun 10–15 daqiqa vaqt ketadi.



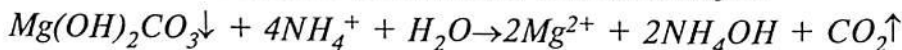
Eruvchan karbonatlar bilan bo'ladigan reaksiya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  va  $\text{K}_2\text{CO}_3$  tuzlarining eritmalari ta'sirida  $\text{Mg}^{2+}$  kationi asos tuzlari hosil qilib cho'kmaga tushadi:



Ammoniy karbonat ta'sirida magniy kationi cho'kmaga tushadi:



Cho'kma kislotalarda va ammoniy tuzlarida eriydi.



Agar aralashmada  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tuzi mavjud bo'lsa, tenglama cho'kma umuman hosil bo'lmaydi.  $\text{Mg}(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow$  tuzini ammoniy tuzlarida eruvchanligidan foydalanib, magniy kationi ikkinchi guruh kationlaridan ajratib, birinchi guruh kationlari qatorida o'rganiladi.

**Reaksiyaning bajarilishi.** Probirkadagi magniy tuzining 2–3 tomchi eritmasiga xuddi o'shancha  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritmasidan qo'shildi va hosil bo'lgan aralashma qaynaguncha qizdiriladi.

## 5-bob. IKKINCHI ANALITIK GURUHI KATIONLARI

Kationlarning II va bundan keyingi guruhlarini o'rganishda biz ayrim nomlar va ularning butun bir guruhlarini qiyin eriydigan birikmalar holida cho'kish hodisalarini ko'p uchratamiz. Sifat analizining bu muhim ishni boshqarish uchun cho'ktirish nazariyasi bilan tanishib chiqish kerak. Shuningdek, analizida ahamiyati bo'lgan qaytar jarayonning cho'kmalar erishidagi mohiyatini ham bilish kerak.

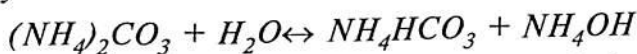


### 5.1. Guruh reagenti va uning ikkinchi guruh kationlariga ta'siri

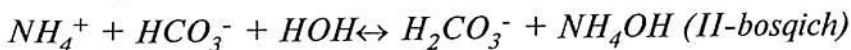
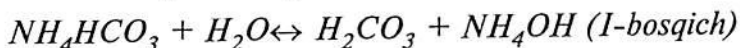
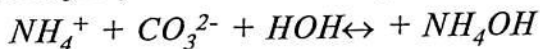
Ikkinchi guruh kationlarini guruh reagenti  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  yordamida cho'ktirib ularni I guruh kationlaridan batamom ajratish mumkin, bunda ajratish jarayoni ishqoriy muhit sharoitida o'tkaziladi. Malumki, kuchsiz kislotalarning II guruh kationlarini karbonatlari kabi qiyin eriydigan tuzlarini to'la cho'ktirishning muhim shartlaridan biri eritmada zaruriy pH muhitini yaratishdir.

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  — ammoniy karbonat kuchsiz kislota  $\text{H}_2\text{CO}_3$  va kuchsiz asos  $\text{NH}_4\text{OH}$  ishtirokida hosil bo'lgan tuzlar xiliga ta'lluqli bo'lgani uchun suvli eritmalarda kuchli gidrolizlangan bo'ladi. Ma'lumki, ikki va ko'p asosli kislotalarning tuzlari bosqichli gidrolizlanadi.

Gidrolizlanish reaksiyalari umumiy holda tenglamalari quyidagicha yoziladi:

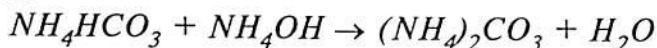


Gidrolizlanish jarayoni asosan 2 bosqichda sodir bo'ladi:



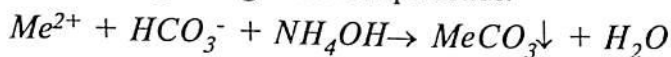
Gidrolizlanish reaksiyasi tenglamasidan ko'rinib turibdiki, eritmada  $\text{HCO}_3^-$  ionlari ham bo'ladi, uning  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  kationlari bilan hosil qilinadigan tuzlari, ya'ni  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$  lar suvda yaxshi eriydi.

Gidroliz jarayonini to'xtatish uchun eritmaga  $\text{NH}_4\text{OH}$  qo'shish maqsadga muvofiqdir. Bunda muvozanat chapga, ya'ni ammoniy bikarbonatning ammoniy karbonatga aylanish tomoniga siljiydi:



Shu sababli ammoniy karbonat eritmasi, aslini olganda, taxminan ekvivalent miqdordagi  $\text{NH}_4\text{OH}$  bilan ammoniy tuzi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  aralashmasidan iborat, ya'ni u  $\text{pH}=9,2$  bo'lgan ammoniyli bufer aralashmadir. Karbonatlari suvda eriydigan  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  kationlari esa eritmada qoladi.

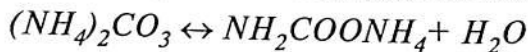
II guruh kationlarini ammoniy karbonat ta'sirida cho'ktirish reaksiyasi ushbu tenglamaga muvofiq boradi:



Bu yerda:  $\text{Me}^{2+} \rightarrow \text{Ba}^{+2}, \text{Ca}^{+2}, \text{Sr}^{+2}$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, reaksiyada  $\text{NH}_4\text{OH}$  sarflanib eritmada  $\text{NH}_4^+$  ioni yig'ilib boradi.

Bundan tashqari, ammoniy karbonat qisman ammoniy karbaminatga ham aylanishi mumkin (karbamin kislotasi  $\text{NH}_2\text{COOH}$  tuzi shaklida), u ham II guruh kationlarini cho'ktirmaydi:

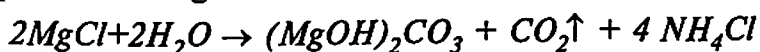


Shuning uchun miqdoriy tahlil uchun foydalaniladigan ammoniy karbonatda hamma vaqt anchagina miqdorda karbaminat bo'ladi va u tayyorlanadigan eritmadagi  $\text{CO}_3^{2-}$  ionining konsentratsiyasini birmuncha pasaytiradi. Ammo uni eritmadan chiqarib oson. Shu sababli II guruh kationlari taxminan  $80^\circ\text{C}$  harorat atrofida isitilgan eritmada cho'ktiriladi va bunda harorat ko'tarilishi bilan yuqorida keltirilgan reaksiya muvozanati chapga ya'ni ammoniy karbaminatning ammoniy karbonatga aylanishi tomoniga siljiydi. Reaksiyani borayotgan muhitini qizdirish yana shu

uchun foydaliki, bunda amorf holda cho'ka boshlagan karbonatlarning kristall cho'kmaga aylanishi ham tezlashadi.

Shunday qilib, II guruh kationlarini ularning guruh reagenti ta'sirida ammoniy xlorid va ammoniy gidroksid ishtirokida (reaksiya muhiti  $\text{pH} = -9,2$  bo'lganda), eritmani  $80^\circ\text{C}$  gacha qizdirish orqali cho'ktirish kerak. Bu vaqtda  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ , va  $\text{BaCO}_3$  cho'kmaga tushib, birinchi guruh kationlari kiritilgan ammoniy tuzlari bilan birga eritmada qoladi.

Ammoniy gidroksid ta'sir ettirilganda erkin kislotalar neytrallanadi, natijada muhit ishqoriy bo'lib  $\text{Mg}^{2+}$  kationi asosli tuz hosil qilib cho'kmaga tushishi mumkin:

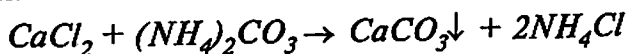


Agar eritmaga  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tuzi eritmasidan qo'shilsa, muvozanat chapga siljidi va  $\text{Mg}^{2+}$  ioni eritmada qoladi. Bundan tashqari,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ham  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ta'sirida yaxshi eriydi.  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$  aralashmaning bufer sig'imi ortadi, chunki  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ning konsentratsiyasi ortadi.

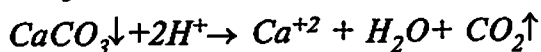
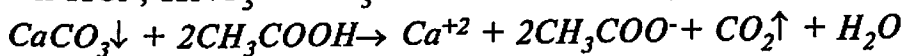
Demak,  $\text{NH}_4\text{OH}$  sarflanishi  $\text{NH}_4^+$  ionining yig'ilishi  $\text{pH}$  ning qiymatini o'zgartira olamaydi.

Guruh reagentining birinchi o'rganish uchun alohida, probirkaga  $\text{Ba}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ , va  $\text{Sr}^{+2}$  oq eritmalaridan 2–3 tomchidan, ularning har biriga  $\text{NH}_4\text{Cl}$  va  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning 2,0 n (normal) li eritmasidan bir tomchidan qo'shiladi va probirkani suv hammomida qizdirib turib  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  eritmasi ta'sir ettiriladi.

Bunda oq cho'kmalar  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ , va  $\text{CaCO}_3$ , hosil bo'ladi, masalan:

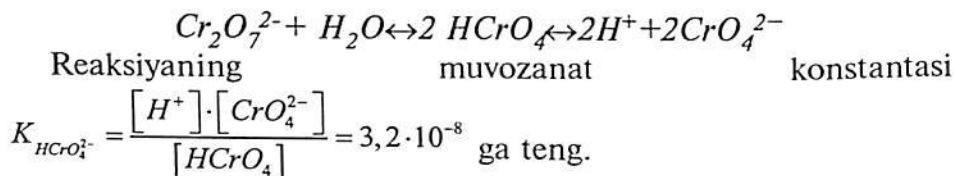


II guruh kationlarining karbonatlari  $\text{CO}_3$  gazini hosil qilib, parchalanadigan kuchsiz karbonat kislotaning tuzi bo'lgani sababli  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  va  $\text{CH}_3\text{COOH}$  larda oson eriydi:

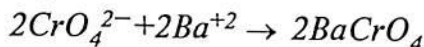


### *Ba<sup>+2</sup> kationlariga xos reaksiyalar*

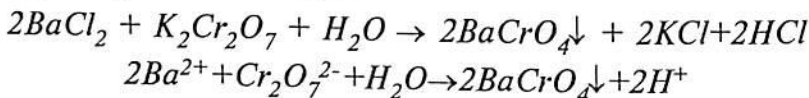
1. *Kaliy bixronat bilan o'tkaziladigan reaksiya* Ba<sup>+2</sup> ionlari bilan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> reagenti kutilganidek BaCrO<sub>4</sub> emas, balki sariq cho'kma BaCrO<sub>4</sub> hosil qiladi. Bunga sabab shuki, eritmasida K<sup>+</sup> ionlaridan tashqari shu ionlarining tuz bilan o'zaro ta'sirdan hosil bo'ladigan oz miqdordagi ionlari ham bo'ladi:



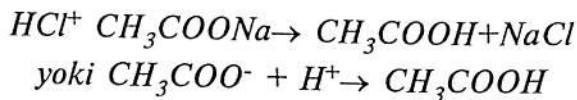
Ammo CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarining konsentratsiyasini BaCrO<sub>4</sub> ning eruvchanlik ko'paytmasi BaCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ning eruvchanlik ko'paytmasidan oldinron o'z qiymatiga yetishi uchun kifoya bo'ladi. Shuning uchun ham cho'kmaga tushadi:



Ba<sup>2+</sup> kationiga xos bo'lgan reaksiyaning umumiy tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:



BaCrO<sub>4</sub> cho'kmasi kuchli kislotalarda eriydi. Ammo kuchsiz kislotalarda masalan CH<sub>3</sub>COOH da erimaydi. Reaksiyaning amalga oshish jarayonida kuchli kislota (HCl) hosil bo'lish tufayli BaCrO<sub>4</sub> cho'kmasi eriydi, ya'ni cho'kish to'liq amalga oshmaydi. Cho'ktirishni CH<sub>3</sub>COONa ishtirokida olib borilsa, kuchli kislota o'rniga kuchsiz sirka kislatasi hosil bo'ladi:



BaCrO<sub>4</sub> cho'kmasi CH<sub>3</sub>COOH da erimaydi. CH<sub>3</sub>COONa tuzi bilan hosil bo'lgan CH<sub>3</sub>COOH aralashmasi muhitni pH = 5 ga teng bo'lgan bufer aralashma hosil qilib, natijada BaCrO<sub>4</sub> to'liq cho'kadi.

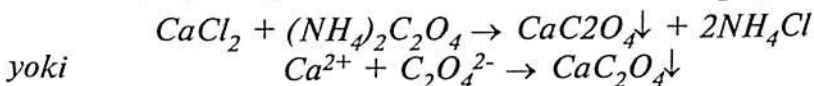
Ca<sup>+2</sup> va Sr<sup>+2</sup> ionlari K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> bilan cho'kma hosil qilmaydi va Ba<sup>+2</sup>ni aniqlashda xalaqit bermaydi. Bu reaksiya faqat Ba<sup>+2</sup> ni topish uchungina emas, balki Ca<sup>+2</sup> va Sr<sup>+2</sup> ionlaridan ajratishda ham qo'llaniladi

*Ba<sup>2+</sup> kationi ishtirokida boruvchi reaksiyaning bajarilishi*

Bariy tuzlarining 2–3 tomchi eritmasiga 1–2 tomchi CH<sub>3</sub>COONa eritmasidan va 2–3 tomchi kaliy bixromat eritmasidan qo'shiladi, sariq cho'kma hosil bo'ladi.

*Ca<sup>2+</sup> kationiga xos reaksiyalar*

Ammoniy oksalat bilan o'tkaziladigan reaksiya (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bilan Ca<sup>+2</sup> ionni mineral kislotalarda eriydigan, lekin sirka kislotasida erimaydigan oq cho'kma – kalsiy oksalat CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> hosil qiladi



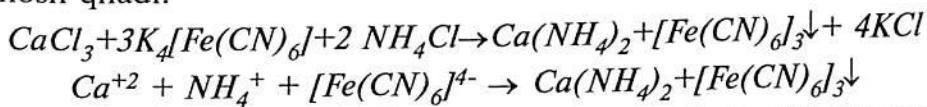
Ca<sup>+2</sup> ioning ana shu muhim sifat reaksiyaga eritmada (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bilan xuddi shunday reaksiya hosil qiluvchi Ba<sup>+2</sup> va Sr<sup>+2</sup> ionlarining bo'lishi xalaqit beradi.

*Ca<sup>2+</sup> kationi ishtirokida boruvchi reaksiyaning bajarilishi*

Kalsiy tuzning 2–3 tomchi eritmasiga solib ustiga 3–4 tomchi (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> eritmasidan qo'shiladi. Reaksiya natijasida oq kristall cho'kma CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> hosil bo'ladi.

*Kaliy geksasianoferrat (II) bilan bajariladigan reaksiya*

K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] – kompleks tuzi ammoniyli bufer eritma ishtirokida, kalsiy kationi bilan oq cho'kma, kalsiy ammoniy ferrat hosil qiladi:



hosil bo'lgan cho'kma mineral kislotalarda eriydi, CH<sub>3</sub>COOH da erimaydi.

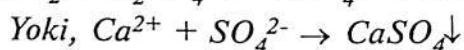
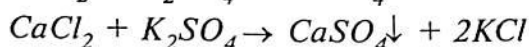
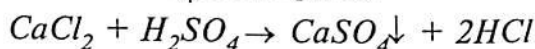
Bariy ionni ham ma'lum konsentratsiyada K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] ta'sirida cho'kma berishi mumkin. Shuning uchun eritmada bariy ionni

bo'lsa bu reaksiyada  $\text{Ca}^{+2}$  ni topish uchun foydalanib bo'lmaydi,  $\text{Sr}^{+2}$  ionlari esa bu reaktiv ta'sirida cho'kma hosil qilmaydi.

Reaksiyaning bajarilishi kalsiy tuzining 1–2 tomchi eritmasiga 2 tomchi  $\text{NH}_4\text{Cl}$  va 2 tomchi  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasidan qo'shiladi va aralashma eritmadagi  $\text{pH} \approx 9$  bo'lganda qizdiriladi. So'ngra kaliygeksasionaferrat (II) ning yangi tayyorlangan to'yingan eritmasidan 3–4 tomchi qo'shiladi, oq cho'kma  $\text{Ca}(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  tushadi.

#### **Sulfat kislota va eruvchi sulfatlar bilan o'tkaziladigan reaksiya**

Kalsiy tuzlarining ancha yuqori konsentratsiyali eritmalarini bilan oq cho'kma  $\text{CaSO}_4$  hosil qiladi:

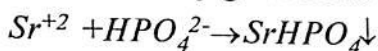


Cho'kma  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  da eriydi va  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$  kompleks tuzini hosil qiladi. Lekin  $\text{Ba}^{+2}$  va  $\text{Sr}^{+2}$  bunday tuz hosil qilmaydi.

Reaksiyani bajarilishi. Probirkaga kalsiyning tuzini eritmasidan 5–6 tomchi solinadi va u 1–2 tomchi qolguncha bug'latiladi, so'ngra  $\text{K}_2\text{SO}_4$  reaktiv eritmasidan 1–2 tomchi qo'shiladi, eritmada loyqalanish sodir bo'ladi.

#### *$\text{Sr}^{+2}$ kationiga xos reaksiyalar*

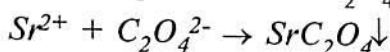
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$  bilan o'tkaziladigan reaksiya  $\text{Sr}^{+2}$  ionlari natriy gidrofosfat bilan oq cho'kma stronsiy gidrofosfat hosil qiladi



kislotalarda eruvchan oq cho'kma hosil bo'ladi, u kuchsiz kislotalarda ham, jumladan sirka kislota ham eriydi.

#### *$\text{Sr}^{+2}$ kationi ishtirokida boruvchi reaksiyaning bajarilishi*

**Ammoniy oksalat bilan o'tkaziladigan reaksiya**  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  bilan  $\text{Sr}^{+2}$  ionlari mineral kislotalarda eriydigan, lekin sirka kislotasida qizdirgandagina eriydigan oq cho'kma  $\text{SrC}_2\text{O}_4$  hosil qiladi



Stronsiy tuzning 2–3 tomchi eritmasidan olib ustiga 3–4 tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  eritmasidan qo‘shiladi. Reaksiya natijasida oq cho‘kma  $\text{SrC}_2\text{O}_4$  hosil bo‘ladi.

Stronsiyning uchuvchan tuzlarini alangaga tutilganda rangsiz alangani rangini o‘zgacha qizil (karminovo krasniy) rangga bo‘yaydi.

## 5.2. I va II guruh kationlari aralashmasini tahlil qilish

Bunda I va II guruh kationlaridan tashkil topgan nazorat eritmasining tarkibi tahlil qilinadi. Avvalo  $\text{NH}_4^+$  kationi aniqlab olinadi, so‘ngra kationlar aralashmadan ajratiladi. Shundan keyin quyidagi kationlarni mavjudligini aniqlash olib boriladi.

### 1. $\text{NH}_4^+$ kationini ochish.

Buning uchun probirkaga 1–2 tomchi nazorat (tarkibi no-ma’lum bo‘lgan kontrol eritma) aralashmadan solib, ustiga 3–4 tomchi Nessler reaktividan qo‘shiladi. Qizil-qo‘ng‘ir rangli cho‘kmaning hosil bo‘lishi nazorat aralashmada  $\text{NH}_4^+$  kationi borligini bildiradi.

### 2. I va II guruh kationlarini bir-biridan ajratish.

Sentrifuga qilinadigan (*kichkina*) probirkaga 10 tomchi nazorat aralashmadan solinadi, ustiga 5–6 tomchi ammoniyli bufer aralashma va 15 tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (II guruh cho‘ktiruvchisi) eritmasidan qo‘shiladi va suv hammomida qizdiriladi.

Hosil bo‘lgan cho‘kma (II guruh kationlari) sentrifugalana-di va cho‘kma ustidagi eritmaga 2–3 tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  qo‘shib to‘liq cho‘kma tushganligi tekshirib ko‘riladi. Agar eritmada loyqalanish kuzatilsa yana 5–6 tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  eritmasidan qo‘shib sentrifugalanadi.

Cho‘kma ustidagi tiniq eritma boshqa probirkaga quyib olinib, eritma №1 (ya’ni birinchi guruh kationlari) deb yozib olib qo‘yiladi. So‘ngra bajarilayotgan ish cho‘kma bilan davom ettiriladi. Cho‘kma ustiga probirkani j qismiga suv solinib, yaxshilab aralashtirib, qaytadan sentrifugalanadi. So‘ngra hosil bo‘lgan cho‘kma ustidagi tiniq eritmani to‘kib yuboriladi, probirkadagi



cho'kmani eritish maqsadida 3–4 tomchi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan qo'shib yaxshilab silkitiladi.

Agar cho'kma erimasa yana 2–3 tomchi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan qo'shib suv hammomida qizdiriladi (ya'ni iloji boricha sirka kislotani kamroq miqdorda qo'shishga harakat qilinadi, kislotali muhit hosil bo'lmasligi uchun).

Cho'kma to'liq eriganidan so'ng eritma 5 tomchi suv bilan suyultirilib, boshqa probirkaga quyib olinadi. Eritma №2 (ya'ni II guruh kationlari) deb yozib qo'yiladi.

### **3. $\text{Ba}^{+2}$ kationini ochish.**

Sentrifuga qilinadigan (yoki kichkina) probirkaga 2–3 tomchi eritma №2 dan solinadi va ustiga 2 tomchi  $\text{CH}_3\text{COONa}$  va 3–4 tomchi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan qo'shiladi. Sariq cho'kmaning hosil bo'lishi aralashmada  $\text{Ba}^{+2}$  kationi borligini bildiradi.

### **4. $\text{Ba}^{+2}$ kationini yo'qotish va $\text{Sr}^{2+}$ kationini ochish.**

$\text{BaCrO}_4$  sariq cho'kmali probirkani sentrifugalab, cho'kma us-tidagi eritmani boshqa probirkaga ajratib olib ustiga 3–4 tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  dan qo'shiladi. Agar oq cho'kma hosil bo'lsa,  $\text{Ca}^{+2}$  kationi bor bo'ladi.

### **5. $\text{Mg}^{+2}$ kationini ochish.**

Buning uchun probirkaga 2–3 tomchi eritma №1 dan (I guruh kationalari eritmasi) solib ustiga 2 tomchi ammoniyli bufer aralashmasi va 3–4 tomchi  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  eritmasidan qo'shiladi. Agar oq kristall cho'kma tushsa  $\text{Mg}^{+2}$  borligini bildiradi.

### **6. $\text{NH}_4^+$ kationini yo'qotish va $\text{K}^+$ kationini ochish.**

Sentrifuga qilinadigan (yoki kichkina) probirkaga 2–3 tomchi eritma (birinchi raqamli) dan solinadi va ustiga bir tomchi indikator fenolftalein, 5 tomchi formalin eritmasidan tomchilab, eritmaning rangi och pushti bo'lguncha  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eritmasidan qo'shiladi. So'ngra rangsizlanguncha sirka kislotasidan tomchilab qo'shamiz. Agar loyqalanish bo'lsa, aralashma sentrifugalana-di, tiniq eritma boshqa probirkaga quyib olinib ustiga 3–4 tomchi  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  eritmasidan qo'shiladi. Reaksiya natijasida sariq cho'kma hosil bo'lsa,  $\text{K}^+$  kationi borligi ma'lum bo'ladi.

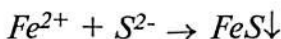
## 6-bob. UCHINCHI ANALITIK GURUH KATIONLARINING TAVSIFI

Uchinchi analitik guruhga  $Fe^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Cr^{+2}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Zn^{+2}$  kationlari kiradi. Guruh reagenti ammiak ishtirokidagi ammaniy sulfid  $(NH_4)_2S$  eritmasidir. Ammiak ammoniy sulfidi gidrolizini kamaytirish va  $HS^-$  ionlari hosil bo'lishini oldini olish uchun kerak bo'ladi.

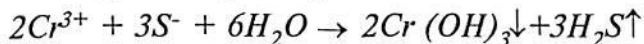


Chunki odatda laboratoriyada ammoniy sulfidi eritmasi vodorod sulfidni konsentrlangan ammiak eritmasi orqali o'tkazish bilan tayyorlanadi, u holda bunda hosil qilinadigan eritma endi ortiqcha ammiakka ega bo'ladi va xususiy reaksiyalarni bajarishda uni qo'shish kerak emas.

Guruh reagenti uchinchi guruh kationlarining har biriga turlicha ta'sir etadi. Temir (II) va temir (III) marganes va rux tuzlariga ta'sir etganda tegishli kationlarning sulfidli cho'kmasi hosil bo'ladi:



$FeS$  va  $Fe_2S_2$  cho'kmalari qora rangda,  $MnS$  bug'doy rangida,  $ZnS$  oq rangda bo'ladi. Sulfidli cho'kmalarning rangi analiz uchun juda muhim belgidir. Guruh reagenti alyuminiy va xrom tuzlariga ta'sir etganda tegishli gidroksidlar hosil bo'ladi:

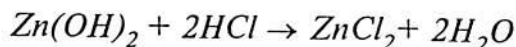


Uchinchi guruh kationlarining hamma gidroksidlari qiyin eruvchan va kuchsiz elektrolitdir. Rux gidroksid  $Zn(OH)_2$ , alyuminiy gidroksid  $Al(OH)_3$  va xrom gidroksid  $Cr(OH)_3$  undan tashqari amfoterlik xossasiga ega.

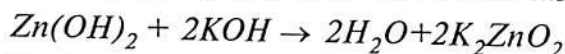
**Amfoterlik xossali moddalar** deb shunday gidroksidlarga aytiladiki, ular dissotsiyalanishda bir vaqtning o'zida ham vodorod  $H^+$  ionlarini, ham gidroksid  $OH^-$  ionlarini hosil qiladi.



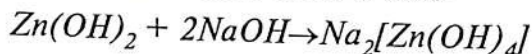
Shu bilan amfoter gidroksidlarning kislotalar va ishqorlar bilan o'zaro ta'siri tushuniladi. Rux gidroksidiga kislota qo'shilganida vodorod ionlarining konsentratsiyasi ortib boradi. Le-Shatlye prinsipiga ko'ra  $Zn(OH)_2$  ning dissotsiyalanishi kislota tipi bo'yicha bartaraf qilinadi, asos tipi bo'yicha kuchaytiriladi. Natijada  $Zn(OH)_2$  cho'kma eriydi va tuz hosil bo'ladi, bunda rux kation sanaladi:



Rux gidroksidiga ishqor qo'shilganida  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi ortib boradi. Bunda muvozanat buziladi, ammo endi  $Zn(OH)_2$  erib tuz hosil qiladi, unda rux anion tarkibiga kiradi:



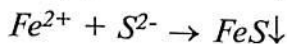
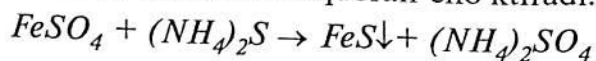
Amfoter gidroksidlarning ikkilamchi dissotsiyalanishini boshqa yo'l bilan o'tuvchi sifatida qarash mumkin, ya'ni rux gidroksidi kislota tipi bo'yicha dissotsiyalanishida kompleksli anion  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  hosil bo'ladi. Unda ishqor bilan o'zaro ta'sir reaksiyasi gidroksotuzlar hosil bo'lishi bilan o'tadi.



## 6.1. Uchinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan reaksiyalar

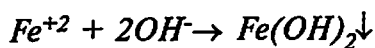
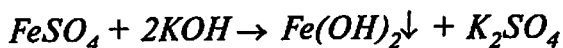
### 6.1.1. Temir (II) $Fe^{2+}$ kationining reaksiyalari

1. **Ammoniy sulfid**  $(NH_4)_2S$  temir (II) ni temir sulfid-qora rangdagi cho'kma ko'rinishida miqdoran cho'ktiradi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi temir (II) sulfat eritmasi va ikki tomchi ammoniy sulfid eritmasi tomiziladi, kislotalarda oson eriydigan qora rangli cho'kma hosil bo'ladi.

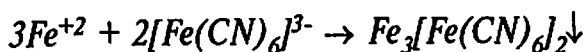
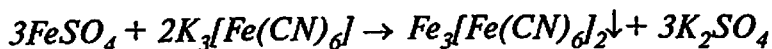
2. **O'yuvchi ishqorlar** temir (II) gidroksidini nim yashil rangdagi cho'kma ko'rinishida miqdoran cho'ktiradi:



Cho'kma havoda tez ko'karadi, so'ngra temir (II) gidroksidiga oksidlanishi natijasida qo'ng'ir tusga kiradi:

**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi temir (II) sulfat eritmasiga 2-tomchi ishqor (NaOH yoki KOH) eritmasi qo'shiladi. Vaqt o'tishi bilan cho'kma rangining o'zgarishi kuzatiladi.

3. **Kaliy geksasianoferrat (III) (qizil qon tuzi)  $K_3[Fe(CN)_6]$**  to'q ko'k cho'kma «Turnbul ko'ki»ni ajratadi:

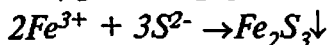
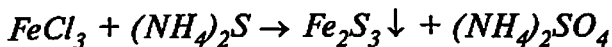


Cho'kma amalda kislotalarda erimaydi, ammo ishqorlar bilan parchalanadi. Bu temir (II) tuzlariga eng seziluvchan reaksiya, temir tuzlarining gidrolizini bartaraf qilish uchun reaksiya kislotali muhitda olib boriladi. Reaktivning ortiqcha qismi sariq rangli cho'kmaga ko'kimtir tus beradi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi temir (II) sulfat eritmasi 1 tomchi suyultirilgan sulfat kislota bilan nordon qilinadi va bir tomchi qizil qon tuzi eritmasidan  $K_3[Fe(CN)_6]$  qo'shiladi.

### 6.1.2. Temir (III) $Fe^{3+}$ kationining reaksiyalari

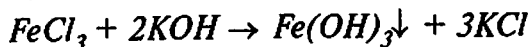
1. **Ammoniy sulfid  $(NH_4)_2S$**  temir (III) tuzining eritmalariga qo'shilganda qora cho'kma — temir sulfid beradi.

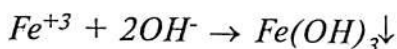


Bu cho'kma kislotalarda eriydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi temir xlorid  $FeCl_3$  eritmasi tomizilib, 2 tomchi ammoniy sulfid eritmasi tomiziladi.

2. **O'yuvchi ishqorlar va ammiak** qo'ng'ir quyruqlashgan cho'kma temir (III) gidroksidini ajratadi:

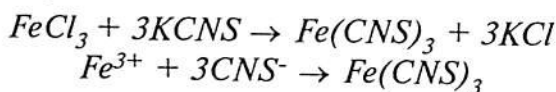




Temir (II) gidroksidi kislotalarda eriydi, ammo ortiqcha ishqorlarda erimaydi.

Ikki tomchi  $FeCl_3$  eritmasiga 2 tomchi ishqor (KOH yoki NaOH) qo'shiladi.

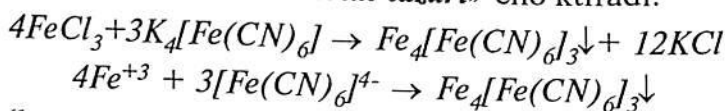
3. **Kaliy rodanit  $KSCN$  temir (III) tuzlarining eritmasi bilan temir (III) dissotsiyalanmagan rodanitning hosil bo'lishi natijasi** da qizil-qon rangini beradi:



Keltirilgan reaksiyaning tenglamasi soddalashtirilgan. Aslida, kaliy rodanit temir (III) tuzlariga ta'sir etganida qator temir rodanitli komplekslar hosil bo'ladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** probirkaga ikki tomchi  $FeCl_3$  eritmasi va 2 tomchi kaliy rodanit eritmasi tomiziladi.

4. **Kaliy geksasianoferrit (II) (sariq qon tuzi)  $K_4 [Fe(CN)_6]$  temir (III) tuzlarining neytral (yoki kislotali) eritmalaridan intensiv ko'k rangli cho'kma — «Berlin lazuri» cho'ktiradi:**

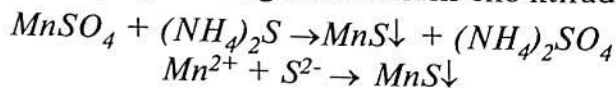


Cho'kma kislotalarda sezilarli erimaydi, ishqorlar uni parchalaydi. Reaksiya juda seziluvchan va shuning uchun, odatda, analiz qilinadigan eritmalarda  $Fe^{+3}$  ionini aniqlash uchun qo'llaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi  $FeCl_3$  eritmasiga bir tomchi sariq qon tuzi  $K_4[Fe(CN)_6]$  eritmasi tomiziladi.

### 6.1.3. Marganes (II) $Mn^{2+}$ kationining reaksiyalari

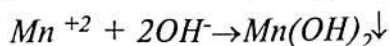
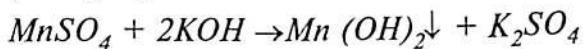
1. **Ammoniy sulfid  $(NH_4)_2S$  marganes tuzlarining eritmasidan badan rangiga bo'yalgan marganes sulfidni cho'ktiradi:**



Cho'kma suyultirilgan mineral kislotalarda va hatto sirka kislotasida ham oson eriydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi marganes tuzi eritmasi tomiziladi va 2 tomchi ammoniy sulfidi eritmasidan qo'shamiz

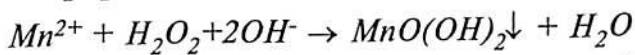
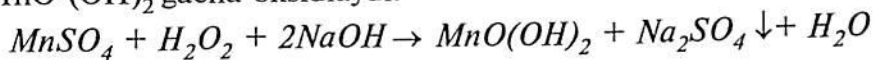
2. **O'yuvchi ishqorlar marganes** tuzlari (II) bilan birgalikda gidroksid (II) ning oq cho'kmasini beradi:



Cho'kma havoda kislorod bilan Mn (IV) birikmagacha oksidlanishi natijasida tezda qo'ng'irlashadi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi marganes tuzi eritmasiga ikki tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi. Turib qolgan cho'kmaning rangi o'zgarishi kuzatiladi.

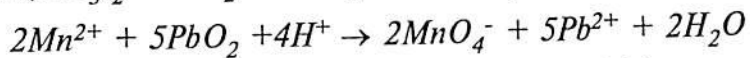
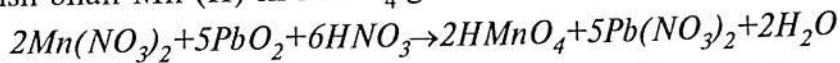
3. **Vodorod peroksidi (perekis)  $H_2O_2$**  ishqorlar ishtirokida marganes (II) tuzlarini to'q qo'ng'ir rangli birikma – marganes (IV)  $MnO(OH)_2$  gacha oksidlaydi.



Bromli suv ham shunday ta'sir ko'rsatadi.  $Mn(OH)_2$  dan farqliroq cho'kma  $MnO(OH)_2$  suyultirilgan sulfat kislota da erimaydi.

Reaksiyaning bajarilishi: Marganes tuzining ikki tomchi eritmasiga to'rt tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi va ikki tomchi  $H_2O_2$  eritmasi qo'shiladi.

4. **Qo'rg'oshin to'rt oksidi  $PbO_2$**  konsentrlangan nitrat kislota ishtirokida qizdirilganda malina rang permanganat kislota hosil qilish bilan Mn (II) ni  $MnO_4^-$  gacha oksidlaydi:



Bu reaksiya qaytaruvchilar, masalan, xlorid kislota va uning tuzlari ishtirokida salbiy natijalar beradi, chunki ular qo'rg'oshin qo'sh oksidi va hosil bo'lgan permanganat kislota bilan o'zaro

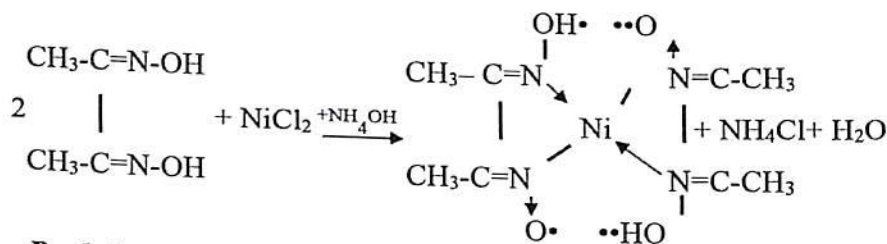
ta'sir etadi. Marganes ko'p miqdorda bo'lganda reaksiya chiqmaydi, chunki ortiqcha  $Mn^{2+}$  ionlari hosil bo'ladigan  $HMnO_4$  permanganat kislotaning  $MnO(OH)_2$  gacha qaytaradi va malina rang o'rniga qo'ng'ir cho'kma hosil bo'ladi.  $Mn^{2+}$  ni  $MnO_4^-$  gacha oksidlash uchun qo'rg'oshin qo'sh oksidi boshqa oksidlovchilar, masalan, ammoniy persulfat  $(NH_4)_2S_2O_8$   $Ag^+$  ionlari yoki  $NaBiO_3$  natriy vismutat – katalizatorlar ishtirokida ishlatilishi mumkin.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga shisha shpatel yordamida ozgina  $PbO_2$  solinadi, so'ngra esa besh tomchi konsentrlangan nitrat kislotasi  $HNO_3$  tomiziladi va qaynab turgan suv hammomida aralashma qizdiriladi.

Isitilgan aralashmaga bir tomchi marganes sulfat  $MnSO_4$  eritmasidan qo'shiladi va yana 10–15 daqiqa probirka ichidagi aralashma vaqti-vaqti bilan chayqatilib qizdiriladi. Ortiqcha qo'rg'oshin qo'sh oksidi cho'kishiga yo'l qo'yiladi va hosil bo'lgan permanganat kislotaning malina rangi kuzatiladi.

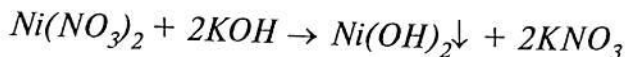
#### 6.1.4. Nikel (II) $Ni^{2+}$ kationini aniqlash reaksiyalari

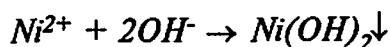
##### 1. Chugayev reaktivi (dimetilglioksim) bilan aniqlash.



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi nikel tuzi eritmasiga 1–2 tomchi suyultirilgan  $NH_4OH$  eritmasidan va 3–4 tomchi dimetilglioksim qo'shiladi. Qizillola rangli cho'kma hosil bo'ladi.  $Ni^{2+}$  ni aniqlashga  $Fe^{+2}$  kationlari xalaqit beradi. Shuning uchun  $Fe^{+2}$  ni yo'qotish (bog'lash) yoki niqoblash kerak.

##### 2. Ishqorlar bilan aniqlash.

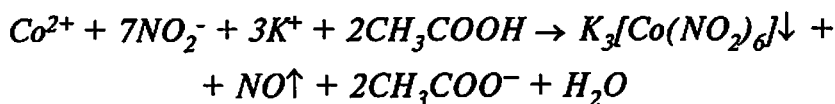
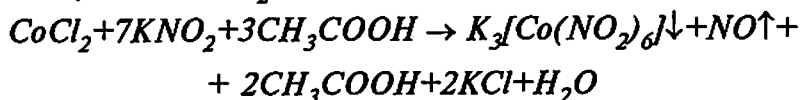




**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi  $Ni^{+2}$  tuzi eritmasiga 2–3 tomchi ishqor eritmasidan qo‘shiladi. Yashil rangli cho‘kma hosil bo‘ladi.

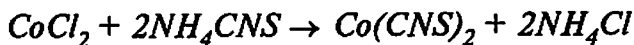
### 6.1.5. Kobalt (II) $Co^{2+}$ kationini ochish reaksiyalari

#### 1. Kaliy nitrit $KNO_2$ tuzi bilan ochish.



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi kobalt tuzi eritmasi ustiga bir shpatel quruq  $NaNO_2$  (yoki  $KNO_2$ ) tuzidan va bir tomchi  $CH_3COOH$  dan qo‘shiladi. Sariq rangli cho‘kma hosil bo‘ladi.

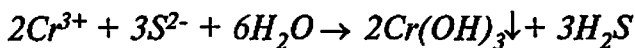
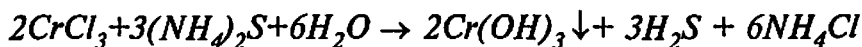
#### 1. Ammoniy rodanid bilan aniqlash.



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi kobalt tuzi eritmasi ustiga bir shpatel ammoniy rodanid  $NH_4CNS$  kristalidan qo‘shiladi. Siyoh rangli eritma hosil bo‘ladi.

### 6.1.6. $Cr^{3+}$ kationiga xos bo‘lgan reaksiyalari

1. Ammoniy sulfid  $(NH_4)_2S$  xrom (III) tuzlarining eritmasidan xrom gidroksidining kulrang – yashil cho‘kmasini ajratadi.

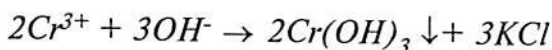


**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi xrom (III) tuzining eritmasiga 2 tomchi ammoniy sulfid eritmasi qo‘shiladi. Cho‘kma tushishi kuzatiladi.

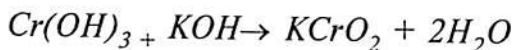
2. O‘yuvchi ishqorlar xrom (III) tuzining eritmasidan xrom gidroksidining kulrang – yashil amorf cho‘kmasini ajratadi.







Cho'kma suyultirilgan kislotalarda, shuningdek, ishqorlar eritmasida oson eriydi:



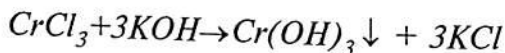
Bu xrom gidroksidining amfoterligini ko'rsatadi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Xrom (III) tuzining eritmasini ikki tomchisiga bir tomchi ishqor eritmasi, so'ngra yana bir necha tomchi qo'shiladi. Cho'kma tushishi va uni keyinroq erishi kuzatiladi.

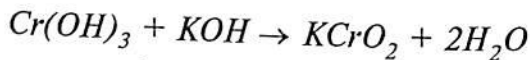
**2. Vodorod peroksid  $H_2O_2$**  ishqor ishtirokida  $Cr^{3+}$  ionini  $CrO_4^{4-}$  xromat ioniga aylantiradi. Oksidlanish xarakterli tashqi belgi – eritmaning rangi tiniq yashildan ( $CrO_4^{2-}$  ionlarining rangi) tiniq – sariqqa ( $CrO_4^{2-}$  ionining rangi) o'zgarishi bilan kuzatiladi.

*Reaksiya quyidagi ketma-ketlikda sodir bo'ladi.*

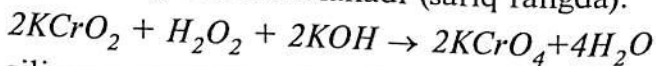
a) xrom gidroksidi hosil bo'ladi.



b) ishqor ortiqchaligida ishqoriy metalning xromati (yashil rangda) hosil bo'ladi.



d) xromit xromatgacha oksidlanadi (sariq rangda).



Hosil qilingan xromat eritmasi suyultirilgan sulfat kislota qo'shib kislotali qilinsa, u vodorod peroksid xromatni efir qatlamiga oson o'tuvchi ko'k rangdagi perxromat kislota  $H_2Cr_2O_6$  oksidlaydi.

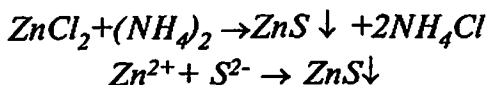
**Reaksiyaning bajarilishi:** a) Xromatning olinishi. Probirkaga ikki tomchi xrom (III) tuzining eritmasidan tomiziladi va bir necha tomchi ishqor qo'shiladi (hosil bo'luvchi xrom gidroksid cho'kmasi erishi kerak) 3 tomchi vodorod peroksid eritmasi qo'shiladi. Rangning yashildan sariqqa o'tishi kuzatiladi.

b) Perxromat kislota olinishi. Probirkaga 3 tomchi suyultirilgan sulfat kislota, 2 tomchi vodorod peroksid eritmasi va 1 ml

efir quyiladi; aralashma chayqatiladi. Soʻngra 2–3 tomchi hosil qilingan xromat eritmasi (sariq rangli) qoʻshiladi va yana chayqatiladi. Efir qatlamining rangi kuzatiladi

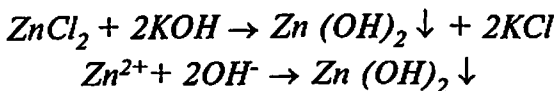
### 6.1.7. $Zn^{2+}$ kationiga xos boʻlgan reaksiyalar

1. *Ammoniy sulfid*  $(NH_4)_2S$  neytral eritmalaridan ruxni oq amorf rux sulfid koʻrinishida choʻktiradi

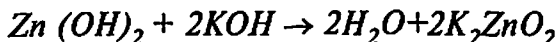


*Reaksiyaning bajarilishi:* Ikki tomchi rux tuzining eritmasiga ikki tomchi ammoniy sulfid eritmasi qoʻshiladi. Choʻkma tushishi kuzatiladi.

2. *Oʻyuvchi ishqorlar* rux tuzlarining eritmasidan rux gidroksidning oq quyuqlashgan choʻkmasini ajratadi:

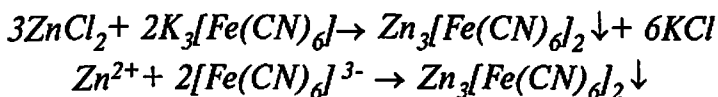


Rux gidroksidi amfoterlik xossalarga ega va shuning uchun suyultirilgan kislotalarda va ortiqcha ishqor eritmasida eriydi:



*Reaksiyaning bajarilishi:* Ikki tomchi rux tuzining eritmasiga avval tomchi ishqor eritmasi, keyin esa koʻp miqdorda qoʻshiladi. Choʻkma tushishi va keyinchalik uning erishi kuzatiladi.

3. *Qizil qon tuzi*  $K_3[Fe(CN)_6]$  (kaliy geksasionaferrat (III) rux tuzlari bilan geksasionaferrat (III) ning jiggar-rangli sariq choʻkmasi beriladi:

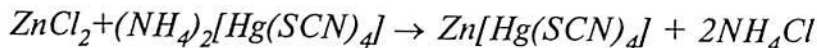


Choʻkma xlorid kislotalarda va ammiak eritmasida eriydi.

*Reaksiyaning bajarilishi:* Ikki tomchi rux tuzining eritmasiga ikki tomchi qizil qon tuzining eritmasi qoʻshiladi.

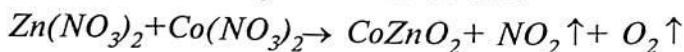
4. *Mikrokristalloskopik reaksiya.* Ammoniy tetraarodano (II) merkurat neytral va kuchsiz kislotali eritmada rux ionlari bilan

krest yoki dendritlar ko‘rinishida rangsiz kristallar hosil qiladi. Agar eritmada ko‘p miqdorda mineral kislota bo‘lgan bo‘lsa rux tuzlari kamroq miqdorda bo‘lsa, kristallar uch qirrali ko‘rinishda tushadi.



**Reaksiyaning bajarilishi:** Buyum oynasiga bir tomchi rux tuzi eritmasidan tomiziladi, biroz kutilib yana bir tomchi suyultirilgan sirka kislota bilan kislotali muhit hosil qilinadi. Darhol bir tomchi reaktiv qo‘shiladi. Tushgan kristallar mikroskop ostida ko‘riladi.

5. **Quruq usul bilan aniqlash.** Rux tuzining eritmasi bilan va kobalt nitrit eritmasi bilan ho‘llangan filtr qog‘oz parchasi yondirilganda sinkat kobalt yashil rangga bo‘yalgan kulni beradi (Rinman yashili). Bunda reaksiyalar sodir bo‘ladi:

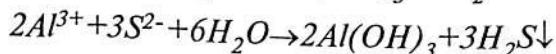
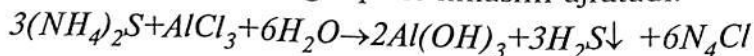


Reaksiyaning o‘tishiga  $\text{Al}^{3+}$  va  $\text{Cr}^{3+}$  ionlari xalaqit beradi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Katta bo‘lmagan filtr qog‘ozning bo‘lakchasini 1–2 tomchi rux tuzi bilan ho‘llanadi. Keyin qog‘ozchani bir tomchi  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  ning suyultirilgan eritmasi bilan ho‘llanadi. Qog‘ozga quriguncha quyiladi va kichik chinni piyolada yondiriladi. Hosil qilingan kulning rangi kuzatiladi.

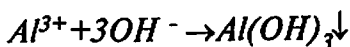
#### 6.1.8. $\text{Al}^{3+}$ kationiga xos bo‘lgan reaksiyalar

1. **Ammoniy sulfid  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$**  alyuminiy tuzlarining eritmalari-dan alyuminiy gidroksidning oq cho‘kmasini ajratadi:

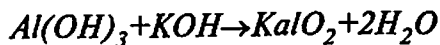


**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi alyuminiy tuzining eritmasiga ikki tomchi ammoniy sulfidi eritmasi qo‘shiladi. Cho‘kmaning tushishi kuzatiladi.

2. **O‘yuvchi ishqorlar** ammoniy tuzlari bilan alyuminiy gidroksidning oq cho‘kmasini hosil qiladi:

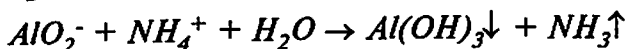
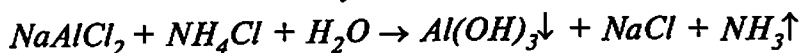


Alyuminiy gidrooksidning amfoterli xossalari tufayli cho'kma suyultirilgan kislotalarda va ortiqcha ishqorda ishqoriy metalning alyuminatini hosil qilib eriydi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Alyuminiy tuzining ikki tomchi eritmasiga avval bir tomchi ishqor eritmasidan keyin esa ko'p miqdorda qo'shiladi. Alyuminiy gidroksid cho'kmasining tushishi va keyinchalik uning erishi kuzatiladi.

3. **Quruq ammoniy xlorid  $NH_4Cl$**  ishqoriy metallarning alyuminatlarini eritmalaridan alyuminiy gidroksidini ajratadi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi alyuminiy tuzi eritmasiga tushgan gidroksid cho'kmasi eriguncha ko'p ishqor qoshiladi. Hosil bo'lgan eritmaga quruq ammoniy xlorid qo'shiladi. Pro-birka bir necha marta chayqatiladi, suv hammomida qizdiriladi va cho'kmaning tushishi kuzatiladi.

**Alizarin (1,2 dioksiantrixinon)** alyuminiy gidroksid bilan «alyuminiy laki» deb ataluvchi tiniq-qizil rangli birikma hosil qiladi. Bu  $Al^{3+}$  ioniga bo'lgan eng seziluvchan reaksiyalaridan biri,  $Cr^{3+}$  va  $Zn^{2+}$  ionlari bu reaksiyani o'tkazishga xalaqit beradi. Bu reaksiyani yarim mikrometod yoki tomchi metodi bilan o'tkazish mumkin.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga uch tomchi alyuminiy tuzidan tomiziladi va kuchsiz ishqoriy muhitgacha ammiak eritmasi qo'shiladi.  $Al(OH)_3$  ning hosil bo'lishi. Reaksiyon aralashmani qaynaguncha qizdiriladi va unga 4–5 tomchi alizarin eritmasi qo'shiladi. Alizarin alyuminiy gidroksidi bilan tiniq-qizil rangga bo'yalgan adsorbsion birikmasi hosil bo'ladi. Reaksiyani filtr qog'ozda tomchi usuli bilan bajarilishi:

Qalin filtr qog'ozining bo'lakchasiga alyuminiy tuzi eritmasidan bir tomchi tomiziladi va suyuqlik shimilgunga qadar kutiladi. So'ngra qog'ozni 1–2 daqiqa, konsentrlangan ammiak eritmali ochiq tomizgichning og'zi ustida ushlab turiladi. Dog'alizarin eritmasi bilan ho'llanadi. Tiniq-qizil rang paydo bo'lishi –  $\text{Al}^{3+}$  ionlari borligini bildiradi.

### Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:

1. Guruh reagent, uning vazifasi.
2. Ikkinchi guruh kationlariga guruh reagentini ta'siri.
3.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  va  $\text{Sr}^{2+}$  kationlariga xos bo'lgan reaksiya tenglamalarini yozing.
4. Uchinchi guruh kationlarining umumiy tavsifi va guruh kationlariga xos reaksiya tenglamalarini yozing, bajarilish tartibini aytid dering.
6. Tomchi usulda bajariladigan reaksiyalarni gapirib bering.
7.  $\text{Ba}^{2+} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$  reaksiya qanday sharoitda boradi?
8. Qanday reaksiya yordamida  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ionlari bo'lgan eritmadan  $\text{Ca}^{2+}$  ionini ajratish mumkin? Reaksiya tenglamasini keltiring.
9. Bariy va kalsiy kationlari bo'lgan aralashmani qanday ajratiladi? Tenglamasini yozing.
10. I–II analitik guruh kationlar aralashma eritmasidan II guruh kationlarini ammoniy karbonat bilan cho'ktirishda ammoniyli bufer eritmasining ishlatilishini asoslab bering. Reaksiyalarni yozing.
11. Eritmada  $\text{Ba}^{2+}$  borligini qanday reaksiya yordamida isbotlash mumkin? Tenglamasini keltiring.
12. Nima uchun suyultirilgan sirka kislotasida  $\text{CaCO}_3$  oson eriydi va  $\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4$  erimaydi ikkala birikmaning eruvchanlik ko'paytmasi yaqin bo'lsa ham?

## 7-bob. TO'RTINCHI ANALITIK GURUHI KATIONLARNING XOSSALARI

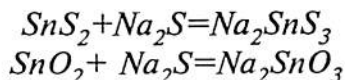
Kationlarning to'rtinchi guruhiga:

$\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  
 $\text{Sn}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{4+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$  lar kiradi.

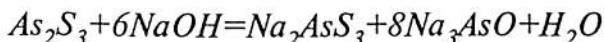
Bu guruhning barcha kationlari 0.3 N li HCl ga ega bo'lgan eritmalaridan vorodod sulfid bilan sulfidlar ko'rinishida cho'ktiriladi.



Kationlarning sulfidlari kislota xossalariga ega va shuning uchun ham ishqoriy metallarning va ammoniy sulfidlarida, o'yuvchi ishqorlarda eriydi. Tiotuzlarning hosil bo'lishi asosli oksid bilan kislotali oksid ta'sirlashishi singari amalga oshadi:



Sulfidlari ishqorlarda erishi natijasida oddiy tuzlar va tiotuzlar hosil bo'ladi:



To'rtinchi guruh kationlari ikkita gruppaga mis guruhchasi bilan qalay guruhchasiga bo'linadi.

Mis guruhchasiga  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  kationlari kiradi. Bu elementlarning barcha sulfidlari amorf cho'kmalar hosil qilinadi. Simob sulfidi HgS eng kam eruvchan, u faqat oksidlovchi aralashmalarda, masalan, «zar suvida» eriydi. Mis va vismut sulfidlari qaynoq 2N li  $\text{HNO}_3$  da eriydi, kadmiy sulfid xlorid kislotaning o'rta konsentratsiyalarida eruvchan bo'ladi.

Qalay guruhchasiga  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$  kiradi. Bu guruhchanning sulfidlari  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{S}$  yoki  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ta'sirida tiotuzlar deb ataluvchi tuzlar hosil qilish bilan erishga qodir. Faqat SnS juda aniq ifodalangan asos xarakteriga ega va yuqorida eslatib o'tilgan erimlarda erimaydi.

Mis (II) va qalay (II) gidroksidlar qiyin eruvchan kuchsiz elektrolitlardir, qalay gidroksid esa amfoterlik xossalariga ega. Si-

mob uchun gidroksidlar noma'lum. Masalan, ishqorlar simob (II) tuzlariga ta'sir etganda gidroksid hosil bo'lishini kutish mumkin bo'lgan hollarda oksid hosil qilinadi. Mishyak va simob birikmalari juda ham zaharli.

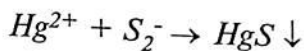
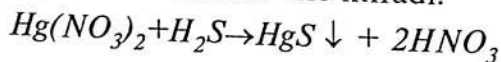
Mis mikroelementlar qatoriga, ya'ni tirik organizmlarning normal hayoti uchun ularning oz miqdori zarur bo'lgan shunday elementlar kiradi. Misga ega bo'lgan o'g'itlar ayrim kam hosildor tuproqlarda o'simliklar o'sishiga yordam qiladi, qurg'oqchilik va sovuqqa ularning chidamliligini oshiradi. Odam organizmida mis eritrotsitlar tarkibi topilgan. U tashqi muhitning ayrim faktorlarini zararli ta'siriga organizmning qarshiligini oshirishga sezilarli ta'sir qiladi.

To'rtinchi guruhning analizi juda ham murakkab, shuning uchun biz bu guruhning faqat uchta vakilini  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$  aniqlashni ko'rib chiqamiz.

### 7.1. To'rtinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalari

Simob (II)  $\text{Hg}^{2+}$  kationning reaksiyalari.

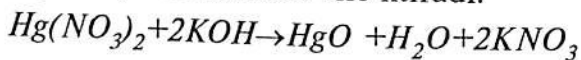
1. **Vodorod sulfid  $\text{H}_2\text{S}$**  simob (II) tuzlarining eritmasidan simob sulfidining qora cho'kmasini cho'ktiradi:

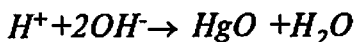


Cho'kma kislotalarda, hatto konsentrlangan nitrat kislotalarda ham erimaydi faqat «zar suvida (konsentrlangan  $\text{HNO}_3$  va  $\text{HCl}$  ning aralashmasi)» eruvchan bo'ladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga besh tomchi simob (II) tuzi eritmasidan solinadi, eritmani bir tomchi xlorid kislota  $\text{HCl}$  bilan kislotali muhitga olib kelinadi va undan vodorod sulfidi o'tkaziladi.

2. **O'yuvchi ishqorlar simob (II)** tuzlarining eritmalaridan simob oksidining sariq cho'kmasini cho'ktiradi:

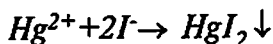
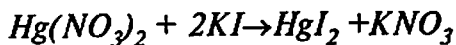




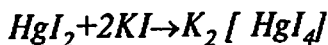
Cho'kma kislotalarda oson eriydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Simob (II) tuzining ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi.

3. **Kaliy yodid KI eritmasi Simob (II) tuzlari** bilan simob (II)-yodidning qizil cho'kmasini beradi:



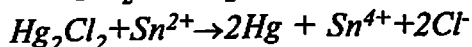
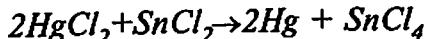
Cho'kma ortiqcha reaktivlarda erib rangsiz kompleks tuzni hosil qiladi.



Garchi  $Cu^{2+}$  ionlari aniqlashga xalaqit qilsa ham, reaksiya ko'pincha  $Hg^{2+}$  ionlarini topish uchun qo'llaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi simob nitrat  $Hg(NO_3)_2$  eritmasi tomiziladi, dastlab unga ikki tomchi kaliy yodid eritmasi, keyin undan ortiqcha miqdorda qo'shiladi. Cho'kmaning tushish va keyinchalik erishi kuzatiladi.

4. **Qalay (II) xlorid  $SnCl_2$  simob (II) tuzlarini** erimaydigan oq rangli simob (I) xloridgacha (kamel) qaytaradi:

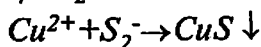
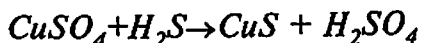


Bu reaksiyadan simobni topishda foydalaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Simob (II) tuzining ikki tomchi eritmasiga avval 1-2 tomchi, keyin esa qalay (II) xloridning ortiqcha eritmasi qo'shiladi.

### 7.1.1. $Cu^{2+}$ kationining reaksiyalari

1. **Vodorod sulfid  $H_2S$  mis (II) tuzlarining** eritmalaridan neytral (yoki kuchsiz kislotali) muhitda mis (II) sulfidning qora cho'kmasini cho'ktiradi:

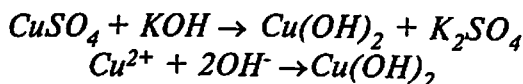




Cho'kma, hatto suyultirilgan nitrat kislotada qizdirilganda ham eriydi.

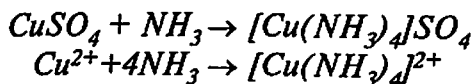
**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirka mis (II) tuzlarining eritmasidan besh tomchi tomiziladi va vodorod sulfid o'tkaziladi.

**2. O'yuvchi ishqorlar** mis (II) tuzlarining eritmalaridan sovuqda mis gidroksidning zangori cho'kmasini ajratadi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Mis (II) tuzining ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

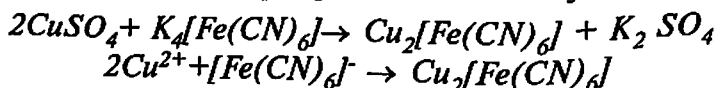
**3. Ortiqcha olingan ammiakning suvli eritmasi** mis (II) tuzlari bilan to'q ko'k rangli kompleks-mis ammiak hosil qiladi.



Reaksiya  $\text{Cu}^{2+}$  ionlari uchun xarakterlidir va hammadan ko'proq uni topish uchun qo'llaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Mis (II) tuzining ikki tomchi eritmasiga ortiqcha ammiak eritmasi qo'shiladi.

**4. Kaliy geksasianoferrat (II)**  $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$  (sariq qon tuzi) Mis (II) tuzlarining neytral yoki kuchsiz kislotali eritmasidan mis ferrosianidning qizil qo'ng'ir cho'kmasini ajratadi:

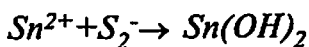
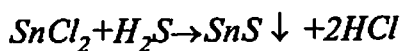


Cho'kma suyultirilgan kislotalarda erimaydi, ammo ammiakda eriydi.

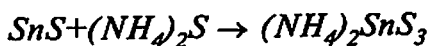
**Reaksiyaning bajarilishi:** Mis tuzining ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi sariq qon tuzining eritmasidan qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

### 7.1.2. $\text{Sn}^{2+}$ kationining reaksiyalari

**1. Vodorod sulfid  $\text{H}_2\text{S}$**  qalay (II) tuzining kuchsiz kislotali eritmasidan qo'ng'ir rangli qalay sulfidni ajratadi.



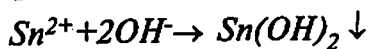
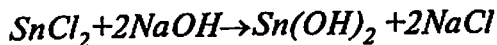
Cho'kma suyultirilgan xlorid kislotada, ammiak eritmalarida, ammoniy karbonat eritmalarida, shuningdek ammoniy sulfidning rangsiz eritmalarida erimaydi, biroq, konsentrlangan xlorid kislotada va ammoniy polisulfid eritmasida u bilan ammoniy tiostannat hosil qilib oson eriydi:



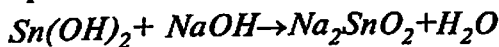
Sn (II) erish jarayonida (IV) gacha oksidlanadi, uning sulfidi kislotali xossaga ega bo'lib, sulfidli ishqorlarda eriydi (ishqoriy metallarning sulfidli eritmaları).

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga besh tomchi qalay (II) xlorid eritmasi tomiziladi va vodorod sulfidi o'tkaziladi. Hosil qilingan cho'kma ammoniy polisulfidida eritiladi.

2. *O'yuvchi ishqorlar* Sn (II) ionlari bilan qalay gidrooksid Sn(OH)<sub>2</sub> ning oq quyuqlashgan cho'kmasini beradi:

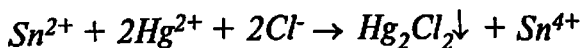
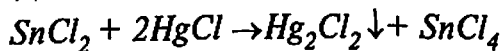


Bu cho'kma ortiqcha reaktivda oson erib ishqoriy metallning stannitini hosil qiladi:

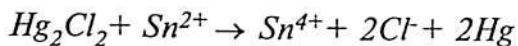


**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga qalay (II) xloridning ikki tomchi eritmasi tomiziladi, avval ikki tomchi ishqor eritmasi, so'ngra ortiqchasi qo'shiladi. Cho'kma tushishi so'ngra uni erishi kuzatiladi.

3. *Simob (II) xlorid* HgCl<sub>2</sub> (sulema) qalay (II) tuzlari eritmaları bilan simob(I) xlorid (kalomel) cho'kmasini beradi:



Ammo agar qalay xlorid ortiqcha bo'lsa, u holda simob bir xlorid metalgacha qaytariladi:



**Reaksiya  $\text{Sn}^{2+}$  kationlari uchun xarakterlidir.**

**Reaksiyaning bajarilishi:** Qalay (II) xlorid eritmasining oz miqdoriga sulema eritmasining teng qismi qo'shiladi.

**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. To'rtinchi analitik guruh kationlari va guruh reagenti.
2.  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  kationlarining o'ziga xos reaksiyalari.
3.  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  kationlarini aniqlash reaksiyalari.
4.  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$  kationlari reaksiyalariga misol keltiring.
5. Qaysi eritma kalomel cho'kmasini hosil qiladi.
6.  $\text{Sn}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{4+}$  kationlarining o'ziga xos reaksiyalari.
7.  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$  kationlari uchun xarakterli reaksiyalarni yozing.
8.  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  ushbu cho'kma qanday modada eriydi.
9.  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  cho'kmani erish reaksiyasini yozing.
10.  $\text{HgI}_2$  cho'kma ortiqcha reaktivlarda erib rangsiz kompleks tuzni hosil qiladi, ushbu reaksiyani yozib bering.
11. O'yuvchi ishqorlar simob (II) tuzlarining eritmalaridan simob oksidining sariq cho'kmasini cho'ktiradi  $\text{HgO}$  cho'kmani hosil bo'lishi reaksiyasini yozing.
12.  $\text{CuS} \downarrow$  cho'kma hosil bo'lish reaksiyasini yozing.

## 8-bob. BESHINCHI GURUH KATIONLARINING XOSSALARI

Ushbu beshinchi guruh kationlariga  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$ ,  $Ag^+$  kiradi. Bu kationlar uchun guruh reagenti xlorid kislota yoki ularning suvda eruvchan tuzlaridir. Vodorod sulfid kislotali muhitda ham beshinchi guruh kationlarining sulfidlarini cho'ktiradi.  $Pb^{2+}$  ionlari xlorid kislota bilan to'la cho'ktirilmaydi, shuning uchun to'rtinchi va beshinchi guruh kationlar aralashmasining analizida ular qisman to'rtinchi guruhga tushib qoladi. Beshinchi guruh kationlarining gidroksidlari suvda qiyin eruvchan va kuchsiz elektrolitlardir.



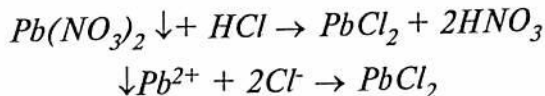
Qo'rg'oshin gidroksid amfoterlik xossasiga ega. Kumush va simob (I) gidroksidlar nihoyatda beqaror bo'lmagan birikmalardir va hosil bo'lish vaqtida tegishli oksidga va suvga parchalanadi. Qo'rg'oshin va simobning barcha eruvchan birikmalari zaharli.

Kumush ionlari juda past konsentratsiyada ichimlik suvini sterilaydi va bakteriyalarning rivojlanishini to'xtatadi.

***Beshinchi guruh kationlariga xos bo'lgan reaksiyalar.***

### 8.1. $Pb^{2+}$ kationining reaksiyalari

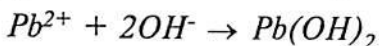
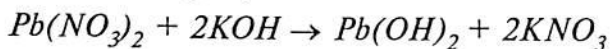
**1. Xlorid kislota** HCl yoki eruvchan xloridlar qo'rg'oshin tuzlarining o'rtacha konsentratsiyali eritmalaridan qo'rg'oshin xloridning issiq suvda oson eruvchan oq parchasimon cho'kmasini cho'ktiradi:



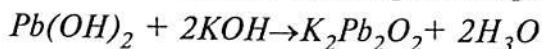
**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi qo'rg'oshin nitrat  $Pb(NO_3)_2$  eritmasi tomiziladi va ikki tomchi xlorid kislota

qo'shiladi. Cho'kmali eritmaga 0,5 ml distillangan suv qo'shiladi va aralashma suv hammomida qizdiriladi. Cho'kmaning erishi va eritma sovutilganda uning asta-sekin tushishi kuzatiladi.

**2. O'yuvchi ishqorlar** qo'rg'oshin tuzlarining eritmalaridan qo'rg'oshin gidroksidning oq cho'kmasini cho'ktiradi:

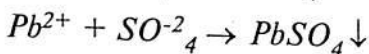
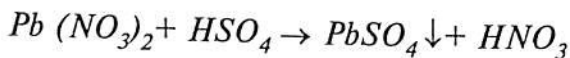


Qo'rg'oshin gidroksid amfoterlik xossasiga ega, shuning uchun u suyultirilgan nitrat kislotalarda va ortiqcha ishqorda eriydi:



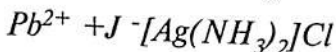
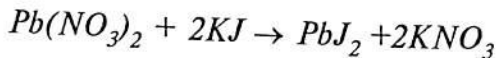
**Reaksiyaning bajarilishi:** Qo'rg'oshin tuzining ikki tomchiga avval ishqor eritmasidan bir tomchi, keyin uning ortiqchasi qo'shiladi, cho'kma tushishi hamda keyinchalik uning ishqor ortiqchasida erishi kuzatiladi.

**3. Sulfat kislota  $H_2SO_4$**  va eriydigan sulfatlarning qiyin eriydigan qo'rg'oshin sulfatning qo'rg'oshin tuzlaridan ajratiladi — oq rangli cho'kma:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Qo'rg'oshin tuzining ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi suyultirilgan sulfat kislota qo'shiladi va cho'kmaning tushishi kuzatiladi.

**4. Kaliy yodid  $KJ$**  qo'rg'oshin tuzlari bilan o'zaro ta'sir etib, qo'rg'oshin yodidning issiq suvda eriydigan sariq cho'kmasini beradi:

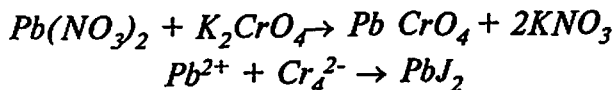


Reaksiya ko'pincha  $Pb^{2+}$  ionlarini ochish uchun qo'llaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Qo'rg'oshin nitrat  $Pb(NO_3)_2$  ning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi kaliy yodid eritmasi qo'shiladi. Hosil bo'lgan cho'kmali eritma 0,5 ml suv bilan suyultiriladi va

aralashma qaynab turgan suv hammomida ikki daqiqa davomida qizdiriladi, keyin probirka ichidagi narsa suv oqimi tagida soviti-ladi. Isitilganda erigan qo'rg'oshin yodidning cho'kmasi qaytadan chiroyli oltin tusli tangachalar ko'rinishida tushadi.

5. **Kaliy xromat  $K_2CrO_4$  va natriy xromat  $Na_2CrO_4$**  qo'rg'oshin tuzlarining eritmalaridan qo'rg'oshin xromatning sariq cho'kma-sini ajratadi:

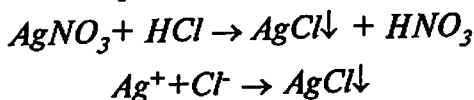


Cho'kma sirka kislotalda erimaydi, ammo nitrat kislota va ish-qorlarda eriydi. Reaksiya seziluvchan va  $Pb^{2+}$  ionlari uchun xa-rakterlidir.

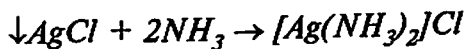
**Reaksiyaning bajarilishi:** Qo'rg'oshin tuzining ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi kaliy xromat eritmasidan qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

## 8.2. $Ag^+$ kationining reaksiyalari

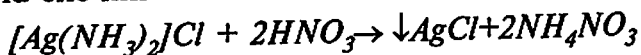
1. **Xlorid kislota  $HCl$**  va eriydigan xloridlar kumush tuzlarining neytral va kislotali eritmalaridan kumush xloridning oq suzma-sining cho'kmasi hosil qilinadi:



Cho'kma ortiqcha ammiakda oson erib kompleks tuz hosil qiladi:



Ammiakli eritma konsentrlangan nitrat kislota bilan kislotali muhitga keltirilganda bu tuz parchalanadi va yana qaytadan ku-mush xlorid cho'kmasi tushadi:

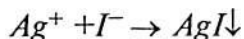
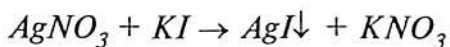


Bu reaksiya odatda  $Ag^+$  ionini ochishda foydalaniladi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga ikki tomchi kumush nitrat eritmasi tomiziladi, unga ikki tomchi suyultirilgan xlorid kislota

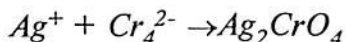
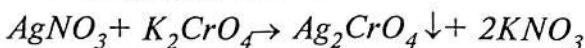
qo'shiladi. Cho'kmali eritmaga 5 tomchi konsentrlangan ammiak eritmasi qo'shiladi va cho'kma eriguncha chayqatiladi. Hosil qilingan eritmaga 6 tomchi konsentrlangan nitrat kislotaga qo'shiladi. Cho'kma tushishi kuzatiladi.

2. **Kaliy yodid**  $KJ$   $Ag^+$  ioni bilan  $AgJ$  sariq cho'kmasini hosil qiladi.



Kumush yodid kumush xlorididan farqli o'laroq, ammiak eritmasida erimaydi.

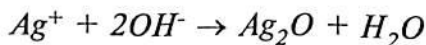
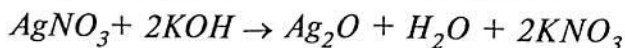
3. **Kaliy xromat**  $K_2CrO_4$  kumush tuzlari eritmalaridan qizil-qo'ng'ir kumush xromat cho'ktiradi:



Cho'kma ammiak va nitrat kislotada eriydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Kumush nitratning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi kaliy xromat eritmasi qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

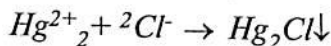
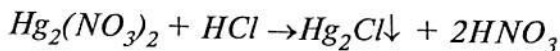
4. **O'yuvchi ishqorlar** kumush tuzlarining eritmalaridan kumush oksidning qo'ng'ir cho'kmasini cho'ktiradi:



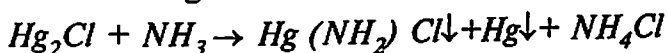
**Reaksiyaning bajarilishi:** Kumush nitratning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi ishqor eritmasi qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

### 8.3. Simob (I) $Hg^{2+}_2$ kationining reaksiyalari

1. **Xlorid kislotaga**  $HCl$  va eriydigan xloridlar «yoki kalomel» — oq rangli cho'kmani cho'ktiradi:



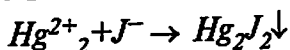
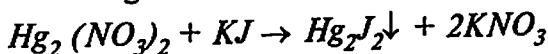
Ammiakning suvli eritmasi cho'kmani qora rangga bo'laydi, bu merkuroamid xlorid va qora rangli maydalangan simob hosil bo'lishi bilan shartlangan



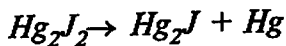
Bu reaksiya yordamida  $Hg^{2+}_2$  ioni aniqlanadi:

Simob (I) nitrat  $Hg_2(NO_3)_2$  ning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi suyultirilgan xlorid kislota, keyin ikki tomchi ammiak eritmasi qo'shiladi. Cho'kmani qorayishi kuzatiladi.

2. **Kaliy yodid KJ** simob (I) tuzlarining eritmalaridan simob (I) yodidni yashil rangli cho'kma holda cho'ktiradi:

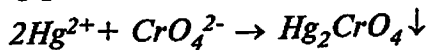
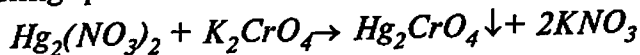


Cho'kma deyarli oson simob (II) yodidga va simob metaliga parchalanadi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Simob (II) nitrat  $Hg_2(NO_3)_2$  ning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi kaliy yodid eritmasi qo'shiladi. Cho'kma tushishi kuzatiladi.

3. **Kaliy xromat  $K_2CrO_4$**  simob (I) tuzlari bilan isitilganida  $Hg_2CrO_4$  ning qizil cho'kmasini hosil qiladi:



Cho'kma ishqorlarda va suyultirilgan nitrat kislotalarda erimaydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:**  $Hg_2(NO_3)_2$  ning ikki tomchi eritmasi probirkaga tomiziladi, suv hammomida isitiladi va ikki tomchi kaliy xromat qo'shiladi.

### Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:

1. Qo'rg'oshin va simobning barcha eruvchan birikmalari zaharli.



2.  $\text{PbSO}_4 \downarrow$  cho'kma hosil bo'lish tenglamasini keltiring.
3. Kaliy xromat  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  simob (I) tuzlari bilan reaksiyasidan qanday modda hosil bo'ladi.
4. Qaysi reaktiv yordamida  $\text{Hg}^{2+}_2$  ionni aniqlanadi reaksiya tenglamasini yozing.
5. Kumush nitratning ikki tomchi eritmasiga ikki tomchi kaliy xromat eritmasi qo'shilganda nima sodir bo'ladi?
6. Qaysi kationni aniqlashda cho'kmani qorayishi kuzatiladi?
7.  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  simob (I) tuzlari bilan isitilganida ..... davom ettiring.
8.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  cho'kma qanday reaktivlarda eritiladi.
9.  $\text{KJ Ag}^+$  ionni bilan reaksiyani davom ettiring.
10.  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  kompleks birikmaning hosil bo'lish reaksiyasini yozing.
11.  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  cho'kma qanday o'ziga xos xossalarga ega.
12.  $\text{PbSO}_4 \downarrow$  cho'kma qanday rangda.

## 9-bob. ANIONLARGA XOS BO‘LGAN REAKSIYALAR TAVSIFI

*Anionlar uchun umum qabul qilingan umumiy klassifikatsiyasi yo‘q.*

Anionlarni analitik guruhlariga bo‘linishi asosida bariy va kumush tuzlarning har xil eruvchanligi yotadi. Anionlar  $\text{BaCl}_2$  va  $\text{AgNO}_3$  reaktivlarga bo‘lgan munosabati bo‘yicha uch analitik guruhga bo‘linadi.



Birinchi guruhga sulfat ion  $\text{SO}_4^{2-}$ , karbonat ion  $\text{CO}_3^{2-}$ , fosfat ion  $\text{PO}_4^{3-}$  va boshqalar kiradi. Bu ionlar  $\text{Ba}^{2+}$  ionlari bilan suvda qiyin eruvchan tuzlarni hosil qiladi. Birinchi guruh anionlariga neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda  $\text{BaCl}_2$  guruh reagentidir. Ikkinchi guruh xlor ion  $\text{Cl}^-$ , yod ion  $\text{I}^-$  va boshqalar kiradi.

### Anionlarning umumiy tavsifi

| Guruh | Anionlar   | O‘ziga xos xususiyatlari                   | Guruh reagenti   |
|-------|--|--|--|
| I     | $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$ , $\text{BO}_2^-$ , - yoki $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{F-SiO}_3^{2-}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | Suvda kam eruvchan bariy tuzlari           | $\text{BaCl}_2$ neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda      |
| II    | $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{CNS}^-$ , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ , $\text{CN}^-$ , $\text{BrO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{IO}_3^-$ , $\text{ClO}^-$   | Suvda kam eruvchan kumush tuzlari          | $\text{AgNO}_3$ , suyultirilgan $\text{HNO}_3$ ishtirokida |
| III   | $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{ClO}_3^-$   | Bariy va kumushning suvda eruvchan tuzlari | —  |

Bu ionlar kumush ionlari bilan suvda qiyin eriydigan va suyultirilgan nitrat kislotada erimaydigan tuzlar hosil qiladi. Suyultirilgan nitrat kislotada ishtirokida  $\text{AgNO}_3$  guruh reagentidir. Uchinchi guruhga nitrat-ioni  $\text{NO}_3^-$ , atsetat-ioni  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  va boshqalar ki-

radi. Bu guruh anionlari  $\text{AgNO}_3$  va  $\text{BaCl}_2$  cho'kma bermaydi. Bu anionlarni kumush va bariyli tuzlari suvda yaxshi eriydi. Guruh reagentiga ega emas.

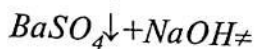
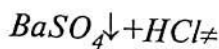
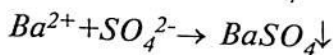
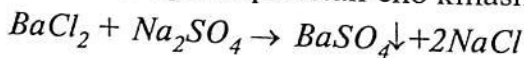
### 9.1. Birinchi analitik guruh anionlari reaksiyalari va ularni aniqlash

Anionlarning birinchi analitik guruhiga  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  va boshqalar kiradi, tuzlari suvda erimaydi, lekin suyultirilgan mineral kislotalarda eriydi. Shuning uchun guruh reagenti  $\text{BaCl}_2$  I guruh anionlarini faqat neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda cho'kmaga tushiradi. Kumushning birinchi guruh anionlari bilan hosil qilgan tuzlari suyultirilgan  $\text{HNO}_3$  eritmasida eriydi, kumush sulfat esa suvda ham eriydi.

#### Sulfat $\text{SO}_4^{2-}$ ionining reaksiyalari

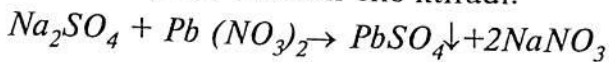
$\text{SO}_4^{2-}$  rangsiz anion bo'lib, sulfat kislota (anioni) qoldig'i bo'lib hisoblanadi. Sulfat kislota kuchli kislotalar qatoriga kiradi. Uni tuzlari sulfatlar deb yuritiladi va  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$  moddalaridan tashqari hamma sulfatlari suvda yaxshi eriydi.

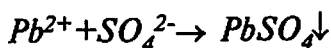
1. Bariy xlorid guruhi reagenti sifatida  $\text{SO}_4^{2-}$  ionini bilan kislota va ishqorlarda erimaydigan oq kristall cho'kmasini hosil qiladi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy sulfatning eritmasiga 2–3 tomchi  $\text{BaCl}_2$  eritmasidan qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

2. Qo'rg'oshin atsetat va nitrat sulfatlar aralashmasidan qo'rg'oshin sulfatni oq cho'kmasini cho'ktiradi:





Cho'kma nitrat kislotalada erimaydi, ammo ishqorlar eritmalarida eriydi.

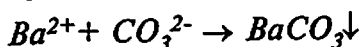
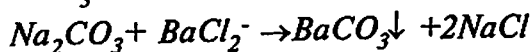
**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy sulfat eritmasiga 2–3 tomchi qo'rg'oshin nitrat eritmasidan qo'shiladi va cho'kma tushishi kuzatiladi.

### *Karbonat $CO_3^{2-}$ ionining reaksiyalari*

$CO_3^{2-}$  – rangsiz ion bo'lib, karbonat kislotasining anionidir.

Karbonat kislota juda kuchsiz kislota va uning tuzlari karbonatlar deyiladi.

Bariy xlorid  $CO_3^{2-}$  ionini bilan oq cho'kma hosil qiladi:

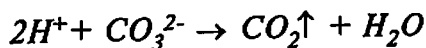
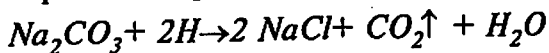


Cho'kma xlorid, nitrat va sirka kislotalarida eriydi.

### **Reaksiyaning bajarilishi:**

2–3 tomchi karbonat eritmasiga 2–3 tomchi  $BaCl_2$  eritmasi qo'shiladi va cho'kma hosil bo'lishi va uning suyultirilgan kislotalarda erishi kuzatiladi.

Kislotalar ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ) karbonatlarni uglerod qo'sh oksidining ajralib chiqishi bilan parchalanadi:



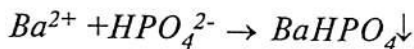
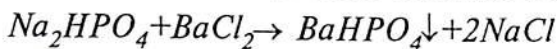
Bu reaksiya  $CO_3^{2-}$  anioni aniqlash uchun o'ziga xos (spetsifik) xususiyat bo'lib hisoblanadi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** Ikki tomchi  $Na_2CO_3$  eritmasiga tomchilab suyultirilgan xlorid yoki sulfat kislotasi qo'shiladi. Gazni ajralib chiqishi kuzatiladi.

### *Fosfat $PO_4^{3-}$ ionining reaksiyalari*

$PO_4^{3-}$  – rangsiz ion bo'lib, ortofosfat kislota anionidir. U o'rtacha kuchli kislota.

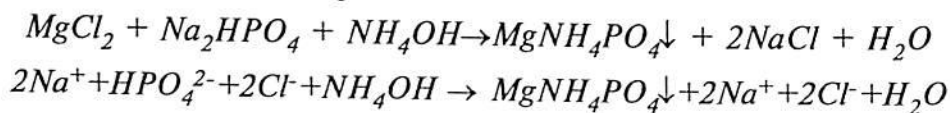
Bariy xlorid fosfatlar bilan oq amorf cho'kma hosil qiladi.



Cho'kma mineral kislotalarda /sulfat kislotalardan tashqari / va sirka kislotasida eriydi.

Reaksiyaning bajarilishi: 2–3 tomchi natriy gidrofosfat eritmasi ustiga 2–3 tomchi bariy xlorid eritmasi qo'shiladi.

Magnezial aralashma ( $NH_4Cl$ ,  $NH_4OH$  va  $MgCl_2$  ni suvli eritmasi) bilan fosfat ionlari kislotalarda oson eriydigan oq kristall cho'kmasini hosil qiladi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Natriy gidrofosfatning 2–3 tomchi eritmasiga 2–3 tomchi ammoniy xlorid 2–3 tomchi ammiak eritmasi va 2–3 tomchi magniy eritmasi qo'shiladi. Hosil qilingan cho'kmaning tushishi va kislotalarda erishi kuzatiladi.

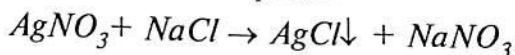
## 9.2. Ikkinchi analitik guruh anionlari tavsifi

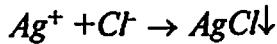
Ikkinchi guruhga xlorid ( $Cl^-$ ) va yodid ( $I^-$ ) va boshqa anionlar kiradi. Ularni kumush bilan hosil qilingan tuzlari suvda va suyultirilgan nitrat kislotalarda erimaydi. Ikkinchi guruh anionlari guruh reagenti  $AgNO_3$ ,  $HNO_3$  ishtirokida cho'ktiriladi.

### *Xlorid ( $Cl^-$ ) ionining reaksiyalari*

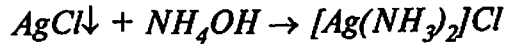
$Cl^-$  – xlorid kislotasining anionidir, rangsiz. Xlorid, kislota – eng kuchli kislotalardan biri. Uni tuzlari xloridlar deb ataladi. Ko'pincha xloridlar suvda yaxshi eriydi,  $AgCl$ ,  $Hg_2Cl_2$ ,  $PbCl_2$  dan tashqari.

Kumush nitrat xlorid-ionlari bilan kumush xloridining suzmasimon oq cho'kmasini hosil qiladi:

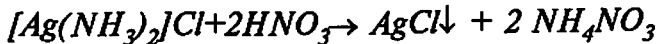




Cho'kma nitrat kislotada erimaydi, biroq  $NH_4OH$  da kompleksli birikma, hosil qilib oson eriydi:

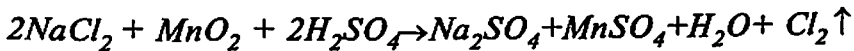


Agar shu eritmaga konsentrlangan nitrat kislota qo'shilsa, cho'kma yana qaytadan ajraladi



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy xlorid eritmasiga 2–3 tomchi  $AgNO_3$  eritmasidan qo'shiladi. Hosil bo'lgan cho'kma ustiga eriguncha konsentrlangan ammiak eritmasidan qo'shiladi. Hosil qilingan eritmaga konsentrlangan nitrat kislota solib, cho'kma tushishi kuzatiladi.

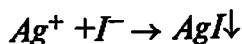
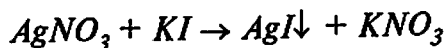
Oksidlovchilar /  $MnO_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$  va boshqalar/ kislotali muhitda xlorid-ionlarini erkin xlordgacha oqsidlaydi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy xlorid eritmasi ustiga ozgina quruq marganes (IV) oksididan qo'shiladi va ustiga ikki tomchi sulfat kislotasidan solib, ehtiyotkorlik bilan qizdiriladi. Ajralib chiqayotgan xlorni rangi va hididan, yoki probirka-ning og'ziga tutib turilgan yod-kraxmalli qog'ozni ko'karishidan aniqlash mumkin.

### *Yodid $I^-$ ionining reaksiyalari*

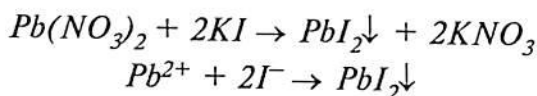
$I^-$  — ionlari rangsiz, vodorod yodid kislotaning anionidir. Bu kislota xlorid kislota kabi kuchli. Yodidlardan kumush, simob, qo'rg'oshin va mis (I) tuzlari suvda qiyin eriydi. Kumush nitrat yodidlardan kumush yodidning och sariq suzmasimon cho'kmasini ajratadi:



Cho'kma nitrat kislotada, ammoniy gidroksidda erimaydi.

**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi kaliy yodid eritmasiga 2–3 tomchi  $\text{AgNO}_3$  qo'shiladi. Tushgan cho'kma  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasida erishi tekshiriladi.

Qo'rg'oshin tuzlari yodidlar eritmasidan qo'rg'oshin yodidni sariq cho'kma ko'rinishida cho'ktiradi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi kaliy yodid eritmasiga 2–3 tomchi qo'rg'oshin tuzi eritmasidan qo'shiladi. Hosil bo'lgan sariq cho'kmaga – 1 ml suv qo'shiladi va cho'kma to'la eriguncha qizdiriladi. Hosil qilingan eritma sovutiladi va qo'rg'oshin yodidning oltinsimon kristallari hosil bo'lishi kuzatiladi.

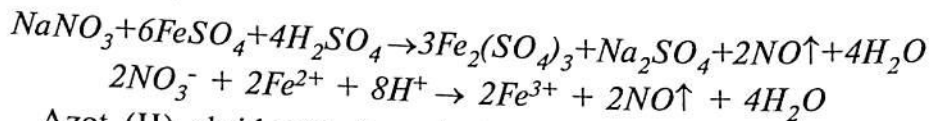
### 9.3. Uchinchi analitik guruh anionlari tavsifi

Uchinchi guruhga nitrat kislota anioni  $\text{NO}_3^-$  ion, sirka kislota anioni  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ion va boshqa ionlar kiradi. Bu anionlarning kumush va bariyli tuzlari suvda eriydi. Bu guruh anionlari uchun guruh reagenti yo'q.

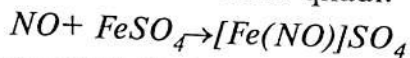
#### *Nitrat-ion $\text{NO}_3^-$ reaksiyalari*

$\text{NO}_3^-$  – ion rangsiz, eng kuchli mineral kislotalardan biri nitrat kislotaning anionidir. Nitrat kislota kuchli oksidlovchi. Barcha nitratlar suvda yaxshi eriydi.

Temir sulfat nitrat kislota bilan oqsidlanib, azot oksid  $\text{NO}\uparrow$  mni ajratadi. Reaksiya konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida sodir bo'ladi:



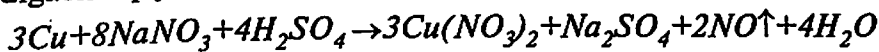
Azot (II) oksid ortiqcha miqdor reaktiv bilan qo'ng'ir rangli beqaror kompleks ionlar  $\text{FeNO}^{2+}$  hosil qiladi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** Probirkaga 2–3 tomchi  $\text{NaNO}_3$  eritmasi tomiziladi, ustiga  $\text{FeSO}_4$  ni kichkina kristali solinadi va

5–6 tomchi konsentrlangan sulfat kislota ehtiyotlik bilan probir-kaga devoridan qo‘shiladi.  $\text{FeSO}_4$  kristali atrofida qo‘ng‘ir rangli kompleks birikma hosil bo‘ladi.

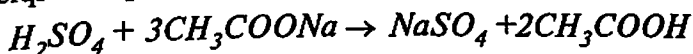
Mis sulfat kislota eritmasi ishtirokida nitrat ioni azot /II/ oksidigacha qaytaradi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy nitratning eritmasi ustiga 3–4 tomchi konsentrlangan sulfat kislota, mis metali parchasi qo‘shiladi va suv hammomida qizdiriladi. Ajralib chiqayotgan azot /II/ oqsid havodagi kislorod bilan oqsidlanib, azot qo‘sh oqsidiga aylanadi, u qo‘ngir rangga ega bo‘lib, oq fonda yashil ko‘rinadi.

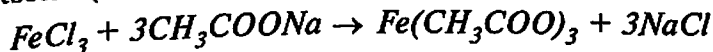
#### *Atsetat-ion $\text{CH}_3\text{COO}^-$ reaksiyalari*

$\text{CH}_3\text{COO}^-$  ioni rangsiz sirka kislota anionidir. Sirka kislota kuchsiz kislota. Sulfat kislota erkin sirka kislota uning tuzlaridan siqib chiqaradi.

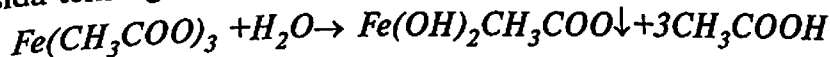


**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy atsetat eritmasi ustiga 2–3 tomchi sulfat kislota qo‘shiladi va aralashma biroz suv hammomida qizdiriladi. Sirka kislota o‘ziga xos hididan aniqlanadi.

Temir (III) xlorid sirka kislota tuzlari bilan reaksiyaga kirishib, temir atsetat (choy rangiga o‘xshash eritma) hosil qiladi:



Eritma qizdirilganda gidrolizlanish jarayoni sodir bo‘lishi natijasida temir gidroksid tuzini qizil-qo‘ngir cho‘kmasi tushadi:



**Reaksiyaning bajarilishi:** 2–3 tomchi natriy atsetat eritmasi ustiga 3–4 tomchi temir (III) xlorid eritmasidan qo‘shiladi va 5–6 tomchi suv qo‘shib aralashma qaynatiladi. Hidroksid tuz cho‘kmasi tushadi.



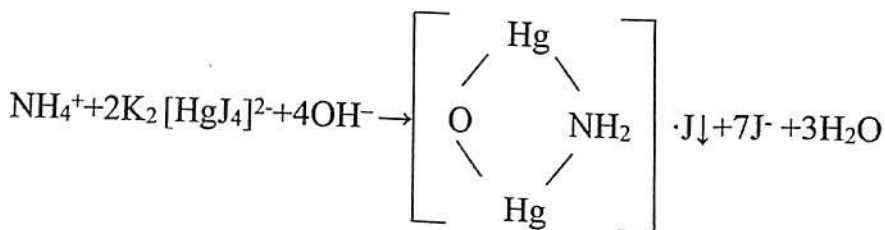
#### 9.4. Quruq holdagi noma'lum tarkibli tuzni tahlil qilish tartibi

Tahlil uchun suvda yaxshi eriydigan, bitta kation va bitta aniondan tashkil topgan quruq holdagi tuz beriladi. Ushbu tuzdan taxminan 0,5 gr (noxotdek qismi) olib distillangan suvda eritiladi. Berilgan tuzda  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  kationlaridan biri va  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  va  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  anionlaridan biri bo'lishi mumkin. Tuz eritilgach kation aniqlanadi.

##### *Kationlarni aniqlash izohi*

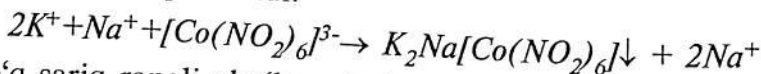
Bunda sistematik analizni o'tkazishga zaruriyat yo'q, chunki kation bitta va ionlarni hech qanday ajratish talab qilinmaydi. U yoki bu kationning borligi, uning uchun eng xarakterli reaksiya bilan tekshiriladi.

**Ammoniy kationi borligini tekshirish:** Probirkaga bir-ikki tomchi tekshirilayotgan tuz eritmasidan tomiziladi va 3–4 tomchi Nessler reaktivi qo'shiladi.



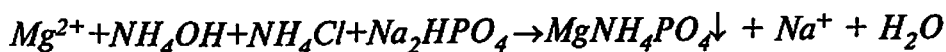
Qizil-qo'ng'ir rangli cho'kmani tushishi eritmada ammoniy kationining borligini ko'rsatadi, agar qizil-qo'ng'ir cho'kma tushmasa, demak, ammoniy kationi yo'q bo'ladi va tajribani davom ettiriladi.

**Kaliy kationi borligini tekshirish.** Probirkaga 1–2 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasidan tomiziladi va 3–4 tomchi kobalt (III) geksanitrit qo'shiladi.



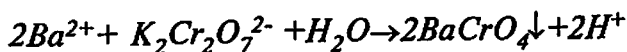
To'q sariq rangli cho'kma tushishi kaliy kationning borligini ko'rsatadi. Agar to'q sariq cho'kma hosil bo'lmasa, demak, kaliy kationi yo'q bo'ladi.

Magniy kationi borligini tekshirish. Probirkaga 1–2 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasi, 2–3 tomchi ammoniy gidroksidi 3 tomchi ammoniy xlorid va 3–4 tomchi natriy gidrofosfat eritmasidan tomiziladi.



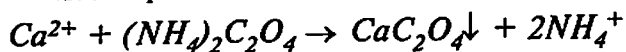
Oq kristall choʻkmaning tushishi magniy kationi borligini koʻrsatadi. Agar oq kristall choʻkma hosil boʻlmasa, demak, magniy kationi yoʻq boʻladi.

**Bariy kationi borligini teshirish.** Probirkaga 1–2 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasidan tomiziladi ustiga 1–2 tomchi sirka atsetat tuzidan va 2–3 tomchi kaliy dixromat eritmasidan quyiladi.



Ochiq sariq (limon) rangli choʻkmani tushishi bariy kationining borligini koʻrsatadi, agar och sariq rangli choʻkma hosil boʻlmasa, demak, bariy kationi yoʻq boʻladi.

**Kalsiy kationi borligini tekshirish.** Probirkaga 1–2 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasidan tomiziladi va 2–3 tomchi ammoniy oksalat eritmasidan qoʻshiladi.



Oq mayda kristall choʻkmani tushishi kalsiy kationi borligini koʻrsatadi, agar choʻkma hosil boʻlmasa, demak, kalsiy kationi yoʻq boʻladi.

Qandaydir kationning borligiga ishonch hosil qilgach, kation tahlili toʻxtatiladi, chunki analiz uchun bitta kationga ega boʻlgan individual modda beriladi.

## 9.5. Anionlarni aniqlash izohi

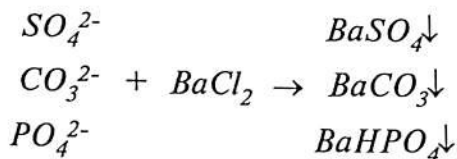
Birinchi navbatda anionlar guruhini aniqlash kerak. Buning uchun quyidagi tekshirishlar oʻtkaziladi. Probirkaga 2–3 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasidan solinadi. 3–4 tomchi bariy xlorid qoʻshiladi. Oq choʻkma tushishi birinchi guruh anionlari borligini bildiradi.

Agar bariy xlorid cho'kma bermasa, u holda ikkinchi guruh anionlarining borligi tekshiriladi. Buning uchun 2–3 tomchi tekshiriladigan tuz eritmasi ustiga suyultirilgan nitrat kislotaning ikki tomchisi bilan 3–4 tomchi kumush nitrat eritmasi qo'shiladi. Cho'kmaning hosil bo'lishi ikkinchi guruh anionlarining borligini ko'rsatadi.

Agar cho'kma na bariy xlorid bilan, na kumush nitrat bilan hosil bo'lmasa, unda aniqlanadigan anion uchinchi guruhga tegishli bo'ladi.

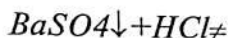
Anion qaysi guruhga tegishli ekanligini topib, so'ngra shu guruhning qaysi anioni ekanligi aniqlanadi.

Agar teskirladigan tuz eritmasi  $BaCl_2$  bilan cho'kma bersa, demak I guruh anionlari, ya'ni  $SO_4^{2-}$  yoki  $CO_3^{2-}$  bo'lishi mumkin.



Mana shu reaksiyalar asosida ularning qaysi biri ekanligini aniqlash uchun hosil bo'lgan cho'kmaga xlorid kislota ta'sir ettiramiz, bunda,

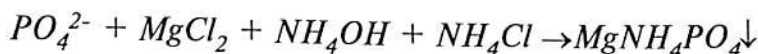
agar  $SO_4^{2-}$  anioni bo'lsa, cho'kma erimaydi:



agar  $CO_3^{2-}$  anioni bo'lsa, cho'kma gaz ajralishi bilan eriydi:

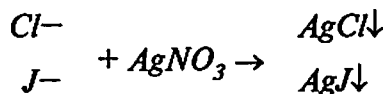


agar  $PO_4^{2-}$  anioni bo'lsa, cho'kma eriydi.  $PO_4^{2-}$  anioniga xarakterli bo'lgan quyidagi reaksiyani qilib tekshirishimiz mumkin. Buning uchun tekshiriladigan tuz eritmasidan probirkaga 1–2 tomchi tomizib, ustiga 2–3 tomchi ammoniy xlorid, 2–3 tomchi ammoniy gidroksid va 3–4 tomchi magniy xlorid eritmasidan qo'shamiz.

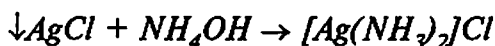


Agar oq kristall cho'kma hosil bo'lsa,  $PO_4^{2-}$  anioni bor bo'ladi.

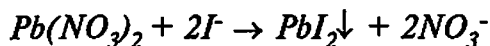
Tekshiriladigan tuz eritmasi II guruh anionlarini guruh reaktivi kumush nitrat bilan suyultirilgan nitrat kislotasi ishtirokida cho'kma bersa, demak, Cl-anioni, yoki J- anioni bor ekanligi ma'lum bo'ladi.



Agar hosil bo'lgan cho'kmani rangi oq bo'lsa,  $Cl^-$  anioni bor bo'ladi va cho'kma ammoniy gidroksid eritmasida erib ketadi:

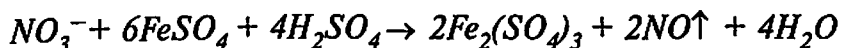


Agar hosil bo'lgan cho'kmani rangi och sariq bo'lsa, J- anioni bor bo'ladi va cho'kma ammoniy gidroksidda erimaydi. J- anioni ekanligini tekshirish uchun quyidagi xarakterli reaksiyani bajarish mumkin. Buning uchun teshiriladigan tuz eritmasidan probirkaga 1–2 tomchi solib, ustiga qo'rg'oshin tuzidan 2–3 tomchi qo'shib, hosil bo'lgan sariq cho'kmani qaynoq suvda eritib, so'ngra sovitsak hosil bo'lgan oltinsimon tangachalar J- anioni borligini bildiradi.



Uchinchi guruh anionlarini guruh reaktivi yo'q bo'lganligi uchun har bir anion o'ziga xos bo'lgan (xarakterli) reaksiya bilan tekshiriladi.

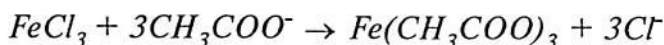
$NO_3^-$  anioni borligini aniqlash. Probirkaga tekshirilayotgan tuz eritmasidan bir-ikki tomchi solib, ustiga 2–3 dona quruq temir sulfatdan va probirka devoridan ehtiyotkorlik bilan 3–4 tomchi konsentrlangan sulfat kislotasidan qo'shamiz.



Quruq tuz konsentrlangan.

Hosil bo'lgan qo'ng'ir halqa,  $NO_3^-$  anioni borligini bildiradi.

$CH_3COO^-$  anioni borligini aniqlash. Probirkaga tekshirilayotgan tuz eritmasidan 1–2 tomchi solib, ustiga 3–4 tomchi temir (III) xloriddan qo'shamiz:



pushti rangli eritmani hosil bo'lishi  $CH_3COO^-$  anioni borligini bildiradi.

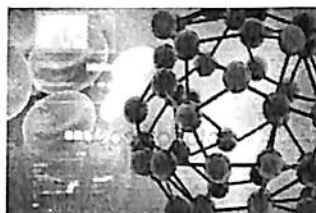
Anion va kationlarni qaysi biri mavjud ekanligi aniqlangach, berilgan noma'lum tarkibli tuzni tahlili haqida xulosa qilish mumkin.

### Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:

1. Birinchi guruh anionlariga misol keltiring.
2. Agar birinchi guruh anionlarini cho'kmasi xlorid kislotada erimasa, qanday anion bor?
3. Agar  $BaCl_2$  ta'sir etganda oq cho'kma hosil bo'lsa va u xlorid kislotada gaz ajralib erisa, qanday anion borligini ko'rsatadi?
4. Qanday modda birinchi guruh anionlari uchun guruh reaktiviti hisoblanadi?
5. Qaysi anionlar ikkinchi guruh anionlariga kiradi?
6. Qanday reaksiya bilan sulfat anionini topish mumkin?
7. Qanday modda ikkinchi guruh anionlari uchun guruh reaktiviti hisoblanadi?
8. Ikkinchi guruh anionlarining borligini qanday topish mumkin?
9.  $C_2O_4^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$  anion cho'ktiruvchilardan qaysi biri kalsiy ionini bir xil sharoitda to'liqroq cho'ktirishiga imkon beradi? Eruvchanlik ko'paytmasining qiymatini bu birikmalar uchun toping.
10.  $AgNO_3$  ta'sir ettirilganda sariq cho'kma hosil bo'lsa, qanday anion bor bo'ladi? Ta'sir ettirilganda suyultirilgan nitrat kislotada erimaydigan och sariq cho'kma tushadi.
11. Eritmada qaysi anion bor va uni qanday tekshirish mumkin?
12. Qaysi reaksiya  $J^-$  anioni uchun eng xarakterli?  $AgCl$  cho'kmasi qanday eritmada eriydi?

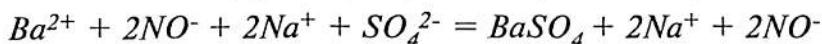
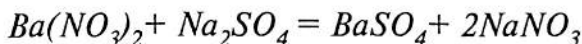
## 10-bob. GETEROGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT. ERUVCHANLIK KO'PAYTMASI

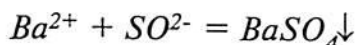
Tabiatda mutlaq erimaydigan modda bo'lmaydi. Cho'kma hosil bo'lishi bilan qaytar ravishda sodir bo'luvchi erish jarayoni boradi. Ba'zan reaksiyada ishtirok etadigan moddalar turli agregat holatda, ya'ni sistema geterogen bo'lishi mumkin. Masalan, sistemada gazlar bilan bir vaqtda suyuqlik va qattiq holdagi modda mavjud bo'lsin. Bu vaqtda reaksiya gaz fazasida boradi, ya'ni: suyuq va qattiq moddalarning bug'larigina reaksiyaga kirishadi. Tabiatda mutlaq erimaydigan modda bo'lmaydi. Cho'kma hosil bo'lishi bilan qaytar ravishda sodir bo'luvchi erish jarayoni boradi. Ba'zan reaksiyada ishtirok etadigan moddalar turli agregat holatda, ya'ni sistema geterogen bo'lishi mumkin. Masalan, sistemada gazlar bilan bir vaqtda suyuqlik va qattiq holdagi modda mavjud bo'lsin. Bu vaqtda reaksiya gaz fazasida boradi, ya'ni: suyuq va qattiq moddalarning bug'larigina reaksiyaga kirishadi.



Cho'kma va to'yingan eritma har xil faza, ya'ni geterogen sistemadan iborat.

Eritmalarda boradigan ko'pgina analitik reaksiyalar cho'kma hosil bo'lishi bilan tugallanadi. Shu boisdan cho'kmalarning cho'kish va erish jarayonlarining qonunlarini bilishimiz zarur. Moddaning cho'kma ko'rinishida ajralib chiqishi moddalarni kimyoviy analiz qilishni asosiy usullaridan biridir. Odatda, cho'kma ion almashinish reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi. Eritmadan qattiq fazaning ajralib chiqishi va cho'kmaning vujudga kelishi *cho'ktirish* deyiladi. Masalan, sulfat ionini bariy sulfat ko'rinishida cho'ktirish:





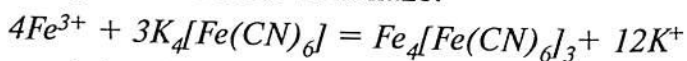
Moddaning xossasi va cho'ktirish sharoiti (harorat, konsentratsiya, pH muhit va boshqalar) ga qarab cho'kmalar har xil ko'rinishda bo'ladi. Misol uchun:

pag'a-pag'a  $Al(OH)_3$ , iviq ( $H_2SiO_3$ ), donador ( $PbSO_4$ ), kristall ( $BaSO_4$ ), suzmasimon ( $AgCl$ ) va boshqalar.

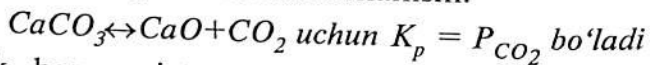
Kristall tuzilishli cho'kmalar ma'lum kristall shaklida bo'lib, hajmi kichik, tez cho'kadi, oson filtrlanadi va yuviladi. Amorf cho'kmalar esa pag'a-pag'a (yoki iviq), hajmi katta, sekin cho'kadi, qiyin filtrlanadi va yuviladi.

Kimyoviy analizda cho'ktirish usulidan quyidagi maqsadlarda foydalaniladi:

– tekshiriladigan eritmadan to'g'ridan to'g'ri ayrim ionlarni ochishda, Masalan:  $Fe^{3+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Cl^-$  ionlari aralashmasiga  $K_4[Fe(CN)_6]$  ta'sir ettirilganda, o'ziga xos *berlin lazuri* cho'kmasining hosil bo'lishi va hokazo:



Ushbu reaksiyani amalga oshirish bilan kation va anionlarni ajratishda, xalaqit beradigan ionlarni yo'qotishda, aralashmadan ayrim ionlarni ajratib konsentrlashda, aralashmadan ayrim komponentlar miqdorini aniqlashda (tortma analiz) foydalaniladi. – Kalsiy karbonatning termik dissotsilanishi:



Demak, har qaysi temperatura uchun  $P_{CO_2}$  kattaligi turg'un qiymat bo'lib, u sistemadagi kalsiy karbonat va ohakning miqdoriga bog'liq emas.

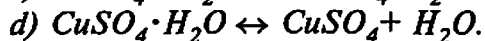
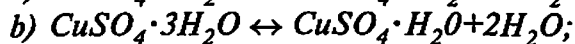
Bu vaqtdagi muvozanat bosimi moddaning dissotsialanish bosimi deyiladi.

Ana shunday, ya'ni mahsulotlardan biri gazsimon modda bo'lgan reaksiyalar ko'p uchraydi. Kristallogidrat, ammiak, ba'zi bir oksidlar, sulfidlar va hokazolarning dissotsialanishi bunga misol bo'ladi. Agar reaksiya mahsulotlari dastlabki moddalar bilan suyuq yoki qattiq eritma hosil qilmasa, dissotsialanish bosimi

faqat temperaturaga bog'liq bo'lib, sistemadagi kondensatlangan moddalar miqdoriga bog'liq bo'lmaydi. Lekin moddalarning tuzilishiga — kristall shakliga, sirtining tabiatiga ham bog'liq bo'ladi.

Suv isitilganda qaynash jarayonini ko'z oldimizga keltirsak, suv isitilgan sari uning bug'lanishi kuchayadi, bug' bosimi esa oshadi.  $373,16^{\circ}\text{K}$  ( $100^{\circ}\text{C}$ ) dan pastda suv-bug'i muvozanatda bo'ladi, suv to'la bug'lanmaydi.  $373,16^{\circ}\text{K}$  da suvning bug' bosimi atmosfera bosimiga tenglashadi va suv qaynay boshlaydi va shu temperatura (qaynash temperaturasida) suv to'liq bug'ga aylanadi. Xuddi shu hol  $\text{CaCO}_3$  da ham sodir bo'ladi.

Dissotsialanishning borishi uchun moddaning dissotsialanish bosimi qiymati atmosfera bosimidan kam bo'lmashligi shart. Masalan,  $\text{CaCO}_3$  parchalanganda  $\text{Pco}_2$  qiymati  $880^{\circ}\text{C}$  dagina atmosfera bosimiga yetadi. Demak,  $880^{\circ}\text{C}$  dan past temperatura da  $\text{CaCO}_3$  to'liq parchalanmaydi. Agar biror, geterogen reaksiya ma'lum temperatura va bosim ma'lum temperatura va bosimda o'z-o'zicha borsa, bu jarayon dastlabki moddalardan bittasi to'liq tugaguncha davom yetadi. Shunga ko'ra, jarayon bir qancha bosqichda borsa, u dissotsialanish bosqichlarini bosib o'tadi. Masalan, mis (II)-sulfatning  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  kristallogidratlari mavjud.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ning suvsizlanishi birin-ketin o'tadigan quyidagi bosqichlardan iborat:



Bu jarayon  $50^{\circ}\text{C}$  da olib boriladi (suv bug'i uzluksiz ravishda reaksiya zonasidan uzoqlashtirib turiladi) P — uch diskret qiymatida boradi.

Moddalar namunasini tahlil qilish jarayonida anchagina murakkab bo'lgan geterogen (ko'p jinsli) sistemalar bilan ham ish olib borishga to'g'ri keladi. Masalan, moddaning to'yingan eritmasi va uning shu eritmadagi cho'kmasidan iborat sistema, bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik, suyuqlik va u bilan muvozanatda turgan gaz. Geterogen sistemalarni bir-biri bilan chegara



sirtlar bilan ajraladigan ayrim qatlamlar faza deb ataladi. Fazalar sistemaning boshqa qismlaridan o'zining kimyoviy termodinamik va boshqa xossalari bilan ajralib turadi. To'yingan eritma va undagi cho'kma geterogen sistemaning fazalaridir. Tahlil jarayonida o'tkaziladigan cho'ktirish reaksiyalarida ana shunday geterogen sistemalar bilan ish ko'riladi, shuning uchun ham ularni o'rganish analitik kimyo uchun nihoyatda muhimdir.

Birorta qiyin eriydigan tuz, masalan,  $\text{AgCl}$  suvga solingan bo'lsin. Bu tuzning kristallarini vujudga keltirgan  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarni yaqin turgan suv disollari tomonidan tortiladi va asta-sekin kristall sirtidan ajralib, ionlar gidrati holida eritmaga o'ta boshlaydi. Lekin ana shu erish jarayoni bilan bir qatorda, unga teskari bo'lgan jarayon eritmada  $\text{AgCl}$  ning cho'kish jarayoni ham sodir bo'ladi. Negaki hosil bo'lgan  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarining gidratlari o'z harorati tufayli  $\text{AgCl}$  kristallari bilan to'qnashadi va kristall panjarasining qarama-qarshi zaryadlangan ionlarni tomonidan tortilib, ba'zan gidratsizlanadi va gidratsizlangan ionlar kristallari sirtiga qaytadan cho'kadi.

Muvozanat boshlangandan so'ng eritmada  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarining ko'payishi, shuningdek, qattiq faza miqdorining kamayishi ham to'xtaydi va to'yingan eritma hosil bo'ladi. Demak, qattiq faza bilan dinamik muvozanatda bo'lgan eritmaga *to'yingan eritma* deyiladi.

Bu muvozanatni boshqaruvchi umumiy qonunni keltirib chiqarish uchun  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarining eritmaga o'tish jarayoni tezligini va ularning  $\text{AgCl}$  kristallari sirtiga cho'kish jarayoni tezligini  $\mathfrak{S}_2$  bilan belgilaymiz.

Tezlik  $\mathfrak{S}_1$  (ya'ni qattiq fazaning sirt birligidan, vaqt birligida eritmaga)  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarni soniga proporsionaldir. Vaqt o'tishi bilan ionlarining bu soni o'zgarmaydi, deb qabul qilish mumkin.

Demak, erish tezligini o'zgarmas temperaturada doimiy deb hisoblash mumkin:

$$\mathfrak{S}_1 = k_1 \cdot P$$

bu yerda,  $k_1$  — o'zgarmas temperaturada doimiy miqdor;  
 $P$  — cho'kmaning eritmaga tegib turgan sirti.

Qaytar jarayon, ya'ni  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlarining cho'kmadagi sirti bilan to'qnashish soniga bog'liq. Oxirgi kattalik ionlarining eritmadagi konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ravishda o'zgaradi.

Demak,

$$\vartheta_2 = k_2 \cdot [Ag^+] \cdot [Cl^-] \cdot P$$

bu yerda,  $P$  — cho'kma sirti;  $K_2$  — o'zgarmas haroratda doimiy miqdor.

To'yingan eritmada muvozanat qaror topgani uchun, ularning qiymati qo'yilsa:

$$K_2 \cdot [Ag^+] \cdot [Cl^-] \cdot P = k_1 \cdot P$$

yoki

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = \frac{k_1}{k_2}$$

Ikki o'zgarmas doimiy qiymatlarning nisbati  $k_1/k_2$  ham o'zgarmas kattaligidir, uni EK (eruvchanlik ko'paytmasi) bilan belgilaymiz.

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = EK_{AgCl} = const$$

EK qiymati tuzning eruvchanligini xarakterlaydi. Qiyin eruvchan elektrolitning to'yingan eritmasidagi ionlar konsentratsiyasining ko'paytmasi o'zgarmas haroratda o'zgarmas miqdor deb, eruvchanlik ko'paytmasi deyiladi. EK ning qiymati har xil modalar uchun turlichadir. Masalan  $EK_{CaCO_3} = 4,8 \cdot 10^{-9}$ ,  $EK_{AgCl} = 1,56 \cdot 10^{-10}$ , o'ladi.

Agar kam eruvchan elektrolitning tarkibi  $A_n B_m$  formulaga muvofiq kelsa, uning elektrolitik dissotsiatsiyalanish tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:



Bu yerda:  $nA^{l+}$  va  $mB^{r-}$  qattiq fazani, ya'ni cho'kmani erib ionlarga ajralgan kation va anionni  $l^+$  va  $r^-$  hosil bo'lgan kation va anionni zaryadini ifodalaydi va u 1, 2, 3, 4 va hokazo bo'lishi mumkin.

Muvozonat vaqtida yuqorida yozilgan tenglama ham massalar ta'siri qonuniga bo'ysunadi va u o'zgarmas haroratda shunday ifodalanadi:

$$K = \frac{[A^{l+}]^n \cdot [B^{k-}]^m}{[A_n \cdot B_m]}$$

yoki cho'kmasini  $[A_n \cdot B_m]$  – konsentratsiyasini doimiy deb qabul qilinsa, unda:

$$K = [A_n \cdot B_m] = [A^{l+}]^n \cdot [B^{k-}]^m.$$

Bu yerda,  $K$  – konsentratsiyali muvozonat konstantasi.

$$K [A_n \cdot B_m] = EK_{A_n \cdot B_m} = const$$

$EK_{A_n \cdot B_m}$  cho'kmaning eruvchan ko'paytmasi.

Masalan,  $Ba_3(PO_4)_2$  qiyin eriydigan cho'kma uchun

$$EK_{Ba_3(PO_4)_2} = [Ba^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2$$

Moddaning eruvchanlik ko'paytmasi eruvchi moddaning tabiatiga, haroratiga va erituvchiga bog'liq bo'ladi, agar moddaning eruvchanligi ma'lum bo'lsa, undan foydalanib,  $EK$  ning qiymatini hisoblash mumkin. Aksincha,  $EK$  ning qiymatidan foydalanib moddaning eruvchanligini (bir litr eritmadagi molekullar yoki grammlar sonini) ko'rib chiqamiz:

**1-misol.**  $PbCl_2$  to'yingan eritmasining 1 litrida  $25^\circ C$  da 11 gr  $PbCl_2$  borligi ma'lum, uning  $EK_{PbCl_2}$  ni hisoblang.

*Yechish.* 1 g-mol  $PbCl_2$ -278 ga teng eruvchanligi bilan ifodalanisa,  $11:278 = 0,039$  yoki quyidagi tenglama bo'yicha dissotsiatsiyalanadi:  $PbCl_2 \leftrightarrow Pb^{2+} + 2Cl^-$

Eritmadagi  $PbCl_2$  tuzi ionlar holatida bo'ladigan konsentratsiyasi:

$$[Pb^{2+}] = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l} \quad [Cl^-] = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$EK_{PbCl_2} = [Pb^{2+}] \cdot [Cl^-]^2 = 3,9 \cdot 10^{-2} / 7,8 \cdot 10^{-2} = 237,9 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

**2-misol.** Xona haroratida  $EK_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{10}$  ga teng bo'lsa, eritmaning eruvchanligini hisoblang.

*Yechish.* Moddaning mol/l bilan ifodalangan izlanayotgan eruvchanligini X bilan belgilaymiz. BaSO<sub>4</sub> tuzining X molekulasini eritmada har biri X mol/l Ba<sup>2+</sup> va X mol/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlariga disotsiatsiyalanadi,  $\leftrightarrow$  Ba<sup>2+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

Demak, [Ba<sup>2+</sup>] = X mol/l      [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] = X mol/l

$$EK_{BaSO_4} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = X \cdot X = X^2 = 1,1 \cdot 10^{10}$$

$$X = \sqrt{1,1 \cdot 10^{10}} = 1,05 \cdot 10^5 \text{ mol/l}$$

BaSO<sub>4</sub> tuzining grammlarda ifodalangan eruvchanligi quyidagicha topiladi:

1 mol . BaSO<sub>4</sub> tuzi = 233,4 g keladi

1,05·10<sup>10</sup> BaSO<sub>4</sub> tuzi – X g keladi

$$X = \frac{233,4 \cdot 1,05 \cdot 10^5}{1} = 2,45 \cdot 10^3 \text{ g/l ga teng bo'ladi}$$

**3-misol.** 25° da to'yingan eritmasining 1 litrida 1,86·10<sup>3</sup> g tuz bor.

EK<sub>AgCl</sub> ni hisoblang.

*Yechish.* Avval AgCl ning to'yingan eritmasi molyar konsentratsiyasini topamiz. AgCl ning massalar og'irligi –143,3 ga tengligini e'tiborga olib:

$$C_{AgCl} = \frac{1,86}{143,3} = 1,9 \cdot 10^{-5} M \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Har bir g-mol AgCl eriganda 1 g-ion Ag<sup>+</sup> va 1 g-ion Cl<sup>-</sup> hosil bo'lgani uchun AgCl ning to'yingan eritmasida bu-ionlarning konsentratsiyasi ham bunday bo'ladi.

Demak,

$$\begin{aligned} EK_{AgCl} &= [Ag^+] \cdot [Cl^-] = (1,3 \cdot 10^{-5}) \cdot (1,3 \cdot 10^{-5}) = \\ &= 1,78 \cdot 10^{-10} = EK_{AgCl} \end{aligned}$$

### 10.1. Cho'kma hosil bo'lishi va uning erishi bilan EK orasidagi bog'lanish

Eruvchanlik qoidasiga muvofiq berilgan qiyin eriydigan elektrolit ionlari konsentratsiyalarini ko'paytmasi «ionlar ko'paytma-

si» berilgan haroratda eruvchanlik ko'paytmasiga teng vaqtdagina eritma shu elektrolitga nisbatan to'yingan bo'ladi.

Ionlar ko'paytmasi eruvchanlik ko'paytmasidan kam bo'lsa, eritma to'yinmagan bo'ladi. Aksincha ionlar ko'paytmasi eruvchanlik ko'paytmasidan ortiq bo'lsa, eritma o'ta to'yingan bo'ladi va bunday eritmadan erigan moddaning bir qismi vaqt o'tishi bilan qattiq faza holida ajraladi, ya'ni cho'kadi. Haqiqatdan ham elektrolitning ionlar konsentratsiyasini oshirish bilan shu elektrolit ionlarining qattiq faza sirtiga cho'kish tezligini oshiramiz. Ionlar ko'paytmasining eruvchanlik ko'paytmasining qiymatiga tenglashganda har ikkala tezlik — erish va cho'kish tezliklari tenglashadi.

Agar ionlar ko'paytmasining qiymati yanada ko'proq ortib, eruvchanlik ko'paytmasi qiymatidan oshib ketsa, u holda cho'kish jarayonining tezligi, erish jarayoni tezligidan ortib ketadi va eritmadan cho'kma ajralishi kerak bo'ladi. Shunday qilib,  $\text{AgCl}$  uchun quyidagini yozish mumkin:

a) to'yinmagan eritmada  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] < E_{\text{K}_{\text{AgCl}}}$

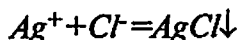
b) to'yingan eritmada  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = E_{\text{K}_{\text{AgCl}}}$

c) o'ta to'yingan eritmada  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] > E_{\text{K}_{\text{AgCl}}}$

Biror eritmaning to'yinmagan eritmasini to'yingan va hatto o'ta to'yingan eritmaga aylantirish mumkin. Buning uchun unga tarkibida shu eritmadagi biror ion bilan bir ismli ion bor elektrolit kerak. Haqiqatdan, agar  $\text{AgCl}$  ning to'yinmagan eritmasiga oz-ozdan  $\text{HCl}$  yoki  $\text{KCl}$  qo'shsak, dastlab  $25^\circ\text{C}$  da  $E_{\text{K}} - 1,78 \cdot 10^{-10}$  dan kam bo'lgan ionlar ko'paytmasi asta-sekin unga tenglashadi va nihoyat undan ortib ketadi. Shunga muvofiq to'yinmagan eritma to'yingan eritmaga va o'ta to'yingan eritmaga aylanadi.

Gomogen, ya'ni bir jinsli sistemadan iborat elektrolitlar eritmasidagi ionlar muvozanatiga doir misollarni ko'rib chiqqan edik. Moddalarni analiz qilish anchagina murakkab bo'lgan geterogen (ko'p jinsli) sistemalar bilan ham ish olib borishga to'g'ri keladi. Geterogen sistemani alohida qismlari fazalar deyiladi — qattiq faza (cho'kma), suyuq faza (eritma), gaz faza va h.k.

«Cho'kma – to'yingan eritma» sistemani quyidagi reaksiya misolida ko'rib chiqamiz:



Hamma  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlari to'liq cho'kmaga tushmaydi, faqat bir-biri bilan to'qnashib, molekula hosil qiladigan ionlar cho'kmaga tushadi. Shu vaqtning o'zida suvning dipol molekullari manfiy polusi bilan kristall ichida  $Ag^+$  ionlari bilan, musbat polusi bilan esa  $Cl^-$  ionlari bilan bog'lanadi, ya'ni ionlar gidratlanib eritmaga o'tadi. Eritmada bu ionlar qaytadan uchrashib molekula hosil qiladi (degidratlanadi). Qattiq faza (cho'kma) va eritma o'rtasida dinamik muvozanat vujudga keladi. Eritmada qolgan  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlarining ko'paytmasi o'zgarmas haroratda doimiy son bo'lib eruvchanlik ko'paytmasi deyiladi va «EK» deb belgilanadi.  $EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-]$ .

Agar binar ionlar bo'lsa, ya'ni agar eritma bir ismli kation va bir ismli anionlardan iborat bo'lsa, bizning misolimizda  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlari bo'lsa, ularning konsentratsiyalarining qiymati eruvchanlik deyiladi va quyidagi formuladan topiladi:

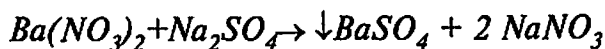
$$E = [Ag^+] = [Cl^-] = \sqrt{EK_{AgCl}}$$

Eruvchanlik qiymatiga qarab cho'kma tushadimi yoki yo'qmi bilish mumkin. Agar eritmadagi ionlarning konsentratsiyasi eruvchanlik qiymatidan katta bo'lsa, sistemada cho'kma hosil bo'ladi.

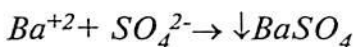
Agar ionlarning konsentratsiyasi eruvchanlik qiymatidan kichik bo'lsa, cho'kma tushmaydi. Eruvchanlik ko'paytmasi qiymati jadvalda berilgan bo'lib, undan eruvchanlik qiymati hisoblanadi va konsentratsiyani oldindan bilgan holda cho'kma tushadimi yoki yo'qmi bilish mumkin.

Eruvchan sulfatlar yoki sulfat kislota bilan o'tkaziladigan reaksiya:

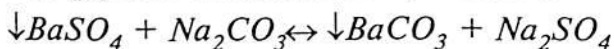
$Ba^{+2}$  ionlari va  $SO_4^{2-}$  anionlari ishtirokida oq cho'kma  $BaSO_4$  hosil bo'ladi.



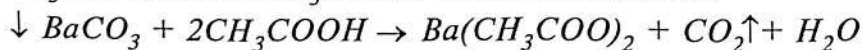
yoki



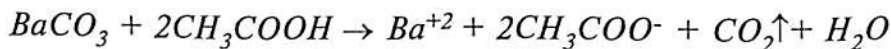
BaSO<sub>4</sub> cho'kmasi kislotalarda (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) erimaydi. Ba'zan analiz qilinayotgan eritmada BaSO<sub>4</sub> ning cho'kma holida bo'lishi, analizni qiyinlashtiradi. Buning uchun avvalo sistemada cho'kmasini ajratib olib, keyin uni suvda eruvchan holatga o'tkaziladi. Ana shu usulda cho'kma ustiga Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tuzining to'yin-gan ertmasidan quyiladi va aralashma qizdiriladi:



Jarayon qaytar bo'lganligi uchun cho'kma ustidagi eritma-ni bir necha marta yangilash kerak (ya'ni Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reaksiya mu-hitidan yo'qotilsa, muvozanat o'ngga siljiydi. Hosil qilingan BaCO<sub>3</sub> cho'kmasini CH<sub>3</sub>COOH da eritish mumkin.



yoki



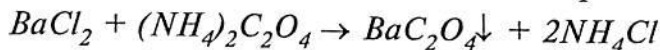
Bariy sulfatni BaCO<sub>3</sub> ga aylantirishni quruq usulda ham amalga oshirish mumkin. BaSO<sub>4</sub> ga 5–6 hissa ko'p miqdordagi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> va K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> tuzlari aralashmasi bilan tigelda suyuqlantiri-ladi, so'ngra aralashma sovutiladi, suvda yuviladi.

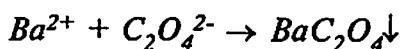
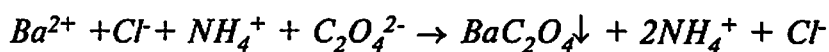
Bunda hosil bo'lgan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> va K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ortiqcha miqdordagi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> va K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> bilan birgalikda suvda erib ketadi, BaCO<sub>3</sub> esa cho'kmada qoladi. Cho'kma eritmada ajratiladi suv bilan yu-viladi va CH<sub>3</sub>COOH da eritiladi.

**Reaksiyaning bajarilishi.** Bariy tuzlarining 2–3 tomchi erit-masiga 2–3 tomchi sulfat kislota (yoki eruvchan sulfat Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tuzlaridan birortasi) eritmasi qo'shiladi.

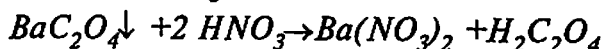
Reaksiya natijasida oq cho'kma hosil bo'ladi.

**Ammoniy oqsalat bilan o'tkaziladigan reaksiya.** Ammoniy oqsalat tuzi bariy ionlari bilan oq cho'kma hosil qiladi:

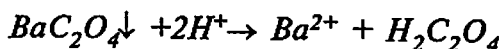
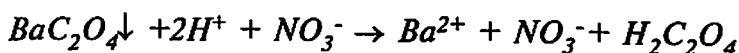




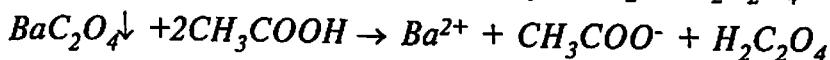
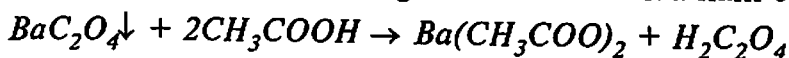
Cho'kma HCl va HNO<sub>3</sub> kislotalarda eriydi:



yoki

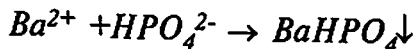
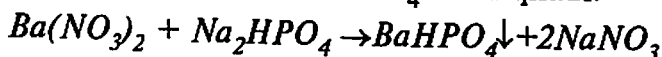


Qizdirilganda esa konsentrlangan sirka kislotasida ham eriydi:

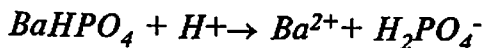


**Reaksiyaning bajarilishi.** Bariy tuzining 2–3 tomchi eritmasiga 2–3 tomchi ammoniy oqsalat qo'shiladi. Natijada BaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bariy oqsalat oq cho'kmasi hosil bo'ladi.

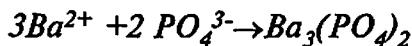
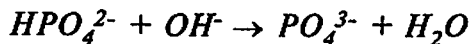
Natriy gidrofosfat bilan bo'ladigan reaksiya. Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> Ba<sup>2+</sup> ioni bilan oq kristal cho'kma BaHPO<sub>4</sub> hosil qiladi:



Bariy gidrofosfat BaHPO<sub>4</sub> cho'kmasi mineral (HCl va HNO<sub>3</sub>) kislotalarda, qizdirilganda esa sirka kislotalarda eriydi: kam disotsiyalanadigan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ionlarining hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.



Natriy gidrofosfat tuzi Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>Ca<sup>+2</sup> va Sr<sup>+2</sup> ionlari bilan ham oq cho'kma CaHPO<sub>4</sub> va SrHPO<sub>4</sub> hosil qiladi. Ular ham kislotalarda eriydi. Agar reaksiya ishqoriy yoki ammiak ishtirokida olib borilsa, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ionlari PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ga aylanadi va o'rta tuz cho'kmaga tushadi.





Cho'kmaga kislotalarning ta'siri  $BaHPO_4$  ta'siri kabidir.

**Reaksiyaning bajarilishi.** Bariy tuzining 2–3 tomchi eritmasiga 2–3 tomchi  $Na_2HPO_4$  eritmasidan qo'shiladi. Oq kristall cho'kma hosil bo'ladi  $BaHPO_4$  – gidrofosfat bariy.

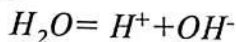
Alangani rangga kirishi. Bariyning o'yuvchan tuzlari  $BaCl_2$ ,  $Ba(NO_3)_2$  gorelkaning rangsiz alangasini sarg'ish yashil tusga kiritadi.

Cho'kma va to'yingan eritma har xil faza, ya'ni geterogen sistemadan iborat.

## 10.2. Tuzlarning gidrolizlanishi

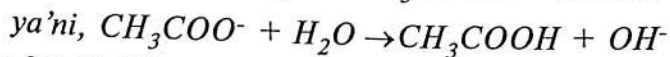
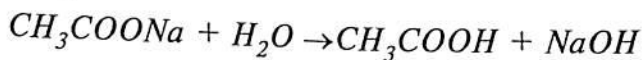
Moddalarning suvda erishi ko'pincha kimyoviy ta'sirlanish bilan o'tadi.

**Gidroliz deb** – erigan tuz ionlarini suvning  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari bilan ta'siriga aytiladi. Suv kuchsiz elektrolit bo'lib,  $H^+$  va  $OH^-$  ionlariga dissotsiyalanadi:



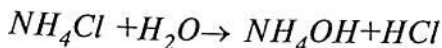
Ayrim tuzlar suvda eritilganda eruvchi tuzning ionlari suvning  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari bilan o'zaro ta'sir qiladi. Tuzlar gidrolizi analizda muhim o'rin tutadi, chunki reaksiyaga kirishuvchi moddalar gidroliz hisobiga muhit pHini keskin o'zgartiradi. Har bir tuzni kislota va asosdan hosil bo'lgan, deb tasavvur qilinsa, u holda kislota va asoslar kuchli va kuchsiz elektrolitlar bo'lishi mumkin. Demak, tuzlarni shu belgi bo'yicha to'rtta turga bo'lish mumkin:

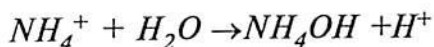
1) Kuchli asos va kuchsiz kislotalardan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi, masalan,



Bunda 0.1 N  $CH_3COONa$  gidrolizlanganda  $pH=8.88$  ga teng bo'ladi, ya'ni muhit kuchsiz ishqoriy bo'ladi.

2) Kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi, masalan,

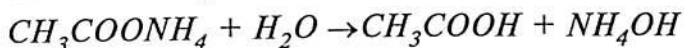




Bunda 0.1 N  $NH_4Cl$  gidrolizlanganda  $pH=5.12$  ga teng bo'ladi, ya'ni muhit kuchsiz kislotali bo'ladi.

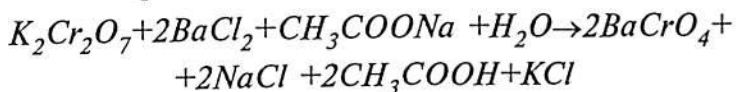
3) Kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi.

Ushbu holatlarda sodir bo'luvchi jarayonlarda  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari ham dissotsilanadigan birikmaga bog'lanadi, ya'ni



Bu holda muhit neytral ko'rinishli qiymatga ega bo'ladi.

Ko'p hollarda gidroliz cho'kmani erita oladigan  $H^+$  ionlarini bog'lash uchun qo'llaniladi, masalan,



Reaksiya natijasida  $HCl$  o'rniga hosil bo'lgan kuchsiz  $CH_3COOH$  kislota bariy xromat cho'kmasini eritmaydi.

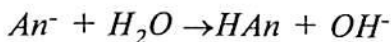
4) Kuchli asos va kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuzlar suvda eriganda suvdagi  $H^+$  ionlarini ham,  $OH^-$  ionlarini ham bog'lanishi sodir bo'lmaydi. Masalan  $KCl$ , kaliy xlorid eritmasini olsak, unda  $K^+$  va  $Cl^-$  ionlari mavjudligi ma'lum, suvning  $OH^-$  ionlari  $K^+$  ionlari bilan bog'lanishi mumkin emas, chunki  $KOH$  kaliy gidroksid kuchli asosdir va to'la dissotsilanadi. Xuddi shunday suvning  $H^+$  ionlari  $Cl^-$  ionlari bilan bog'lanmaydi, chunki xlorid kislota kuchli kislotadir va u ham to'la dissotsilanadi. Demak, kuchli kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchramaydi. Sababi suvning dissotsilanish muvozanati buzilmaydi, eritmada  $H^+$  ionlarinig ham,  $OH^-$  ionlarining ham ortiqchasi bo'lmaydi va bu tipdagi tuzlar eritmasining reaksiyasi neytral bo'ladi:  $pH=7,0$ .

### 10.3. Gidrolizlanish darajasi va uning o'zgarishi

Tuzning umumiy miqdoridan qanday qismi gidrolizga uchraganligini ko'rsatuvchi son gidroliz darajasi deyiladi va «h» deb belgilanadi:

$$h = \frac{C_{gidroliz}}{C_{umumiy}}$$

Miqdoriy jihatdan gidrolizni gidroliz konstantasi orqali ham ifodalash mumkin. Buning uchun quyidagi reaksiyani gidrolizini ko'rib chiqamiz:



Massalar ta'siri qonunini qo'llab ushbu reaksiya uchun muvozanat konstantasini hisoblaymiz.

$$K_{muvo} = \frac{[HAn] \cdot [OH^-]}{[An] \cdot [H_2O]}$$

Tenglamaning ikkala qismini  $[H_2O]$  ga ko'paytiramiz:

$$K_{muvo} \cdot [H_2O] = \frac{[HAn] \cdot [OH^-]}{[An]}$$

$K_{muvo} \cdot [H_2O]$  — doimiy qiymat bo'lib, gidroliz konstantasi deyiladi va  $K_{gidr}$  deb belgilanadi. Bundan:

$$K_{gidr} = \frac{[HAn] \cdot [OH^-]}{[An]}$$

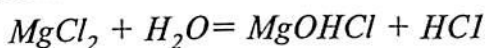
Gidroliz konstantasi bilan gidroliz darajasi o'rtasidagi bog'lanish quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$h = \sqrt{\frac{K_{gidr}}{C_{tuz}}}$$

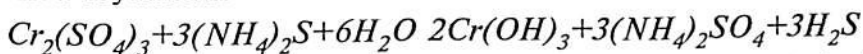
Ushbu tenglamadan ko'rinib turibdiki, tuzning konsentratsiyasi qanchalik kichik bo'lsa, ya'ni tuz eritmasi qanchalik suyultirilgan bo'lsa, gidroliz darajasi shunchalik katta bo'ladi. Gidroliz darajasiga harorat ham ta'sir ko'rsatadi. Yuqori haroratda gidroliz darajasi oshadi. Kimyoviy analizda gidrolizdan keng foydalaniladi:

Masalan, uchinchi guruh sulfidlarini cho'ktirishda ammoniyli bufer aralashma o'rniga ishqoriy reaksiya beruvchi yaxshi gidrolizlanuvchi reagentlar qo'shilsa,  $Al_2S_3$  yoki  $Cr_2S_3$  cho'kmalari o'rniga cho'kmaga shu metallarni gidroksidlari tushadi. Kimyoviy moddalarni gidrolizlanish jarayoniga uchrash shart-sharoitlari har doim ham bir holatda sodir bo'lmaydi. Shunga ko'ra gidrolizlanish jarayonidan quyidagi holatlarda qo'llaniladi:

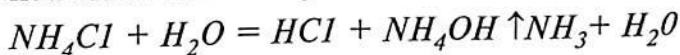
1. Birinchi analitik guruh kationlari aralashmasi analizida, eritma bug'latilgandan keyin  $MgCl_2$  ning gidrolizi natijasida  $MgOHCl$  cho'kmasi hosil bo'ladi:



$(NH_4)_2CO_3$ ,  $(NH_4)_2S$ ,  $CH_3COONa$ ,  $Na_2CO_3$  kabi suvli eritmada gidrolizlanib, erkin  $OH^-$  ionlarini hosil qiladigan tuzlarning eritmalaridan metall kationlarini gidroksidlar holida cho'ktirishda foydalaniladi.



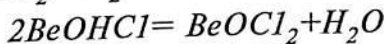
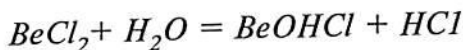
2. Ammoniy kationini aniqlashda uning tuzlari gidrolizlanib, qizdirilganda erkin ammiak ajraladi:



3. Ayrim kationlarning tuzlari gidrolizga uchrab, tuz cho'kmalarini hosil qilgani uchun kationlarni ochishda foydalaniladi



Masalan:



Tuzlarning gidrolizlanish jarayoniga uchrashi laboratoriya amaliyotida olib boriladigan tahlil qilish ishlarida xalaqit beradi, chunki oson gidrolizlanuvchi tuzlarning eritmasi tezda yaroqsiz bolib qoladi. Le-Shatele prinsipidan foydalanib, gidrolizda o'rnatilgan muvozanatga ta'sir qilish mumkin.

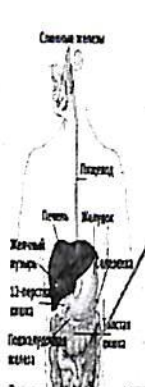
Agar muvozanat o'rnatilgan sistemaga biror hosil bo'luvchi mahsulotlardan kiritilsa, u holda reaksiya teskari tomonga ke-

tadi, shuning uchun agar tuz eritmasiga gidroliz mahsulotlaridan biri kiritilsa, gidroliz to'xtaydi va gidroliz darajasi anchagina kichrayadi. Bu hodisadan oson gidrolizlanadigan tuzlar eritmalarini saqlashda foydalanadi. Chunonchi, agar temirning biror tuzi, masalan  $\text{FeCl}_3$  temir xloridning suvli eritmasi tayyorlansa gidroliz natijasida eritmada tezda asosli tuzning cho'kmasi paydo bo'ladi. Bu eritma xlorid kislota bilan nordonlashtirilganda, gidroliz mahsulotlaridan biri bo'lgan  $\text{H}^+$  ionlari kiritiladi va gidrolizga teskari ustunlika ega bo'ladi. Endi eritma uzoq vaqt saqlanishi mumkin. Boshqa og'ir metallar tuzining eritmasi ham shunday tayyorlanadi.

Kuchli asos kationi bilan kuchsiz kislota anionidan hosil bo'lgan tuzlarning (masalan,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  natriy asetat) gidrolizni to'xtatish uchun eritmaga  $\text{OH}^-$  ionlari kiritiladi ( $\text{NaOH}$  qo'shiladi).



### Ovqat hazm qilishda



Organizmdagi murakkab organik, ya'ni oqsillar yog'lar va uglevodlar gidrolizlanib nisbatan kichik molekulalarga parchalanib, qonga yutilib turli organlarga taqsimlanadi

Kuchsiz asos kationi bilan kuchsiz kislota anionidan hosil bo'lgan tuzlarning eritmasi umuman uzoq vaqt saqlanmaydi. Ularning gidroliz darajasi juda yuqori 80–90 %. Bu eritmalarini bir necha kun ichida saqlash va gidrolizni to'xtatish uchun eritmaga gidroliz mahsulotlaridan biri kiritiladi. Masalan  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

ammoniy sulfidi eritmasiga ortiqcha ammiyak eritmasi kiritiladi, buning natijasida gidroliz qisman to'xtaydi.

*Gidrolizni uch yo'l bilan kuchaytirish yoki susaytirish mumkin:*

1) eritmaga boshqa gidrolizga uchraydigan biror tuz, kislota yoki ishqorni qo'shish;

2) tuz eritmasi konsentratsiyasini o'zgartirish;

3) tuz eritmasini qizdirish yoki sovitish, ya'ni haroratni o'zgartirish bilan gidrolizni kuchaytirish yoki susaytirish mumkin.

#### 10.4. Moddalarni amfoterlik xossasi

Bir qator moddalar suvli eritmada sharoitga qarab ham kislota, ham asos xossasini namoyon qiladi. Bunday moddalar *amfoterlar* deyilib va bu hodisaning esa amfoterlik hodisasi deyiladi. Uchinchi va beshinchi guruh kationlarini o'rganishda amfoterlik xossasini namoyon qiladigan kationlarni uchratish mumkin.

Bularga:  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{As}(\text{OH})_3$  misol bo'ladi. Tipik metallarning gidroksidlari (davriy sistemaning I va II guruh elementlari) asoslardir. Amfoter gidroksidlarni kislotali, asosli dissotsilanish qiymatiga qarab, berilgan gidroksidning qaysi xossalari kuchliroq ekanligini aniqlash mumkin.

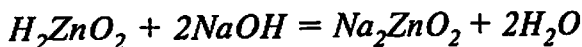
Metallmaslarning gidroksidlari esa kislotali xossalarni namoyon etadi. Lekin shu bilan birga III va IV guruhning ba'zi bir metallarining gidroksidlari ham kislota, ham asos xossalari ega.

Amfoter gidroksidga misol sifatida rux gidroksidini keltirish mumkin.

$\text{Zn}(\text{OH})_2$  boshqa asoslar singari kislotalarda erib, tuz hosil qiladi va asoslik xossalarni namoyon etadi.



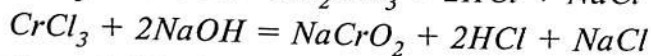
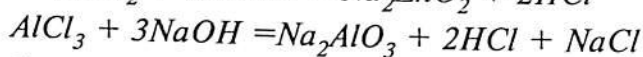
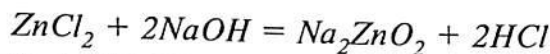
Lekin rux gidroksidi cho'kmasiga ortiqcha miqdorda ishqor qo'shilsa, u eriydi va sinkatlar hosil qilib tipik kislotali xossalarni namoyon etadi.



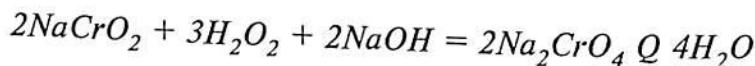
Shunday qilib,  $Zn(OH)_2$  ham kislotalik, ham asoslik xossalari ega, ya'ni tipik amfoter gidroksiddir.

$Zn(OH)_2$ ga o'xshab alyuminiy, xrom, qo'rg'oshin, qalay kabi va boshqa gidroksidlar ham amfoterlik xususiyatiga ega.

Amfoterlik xossasi analizda qo'llaniladi. Masalan, rux guruhchasi kationlarini boshqa III guruh kationlaridan (temir guruhchasi) ajratishda aralashmaga vodorod peroksid ishtirokida ortiqcha miqdorda ishqor ta'sir ettirib, qizdiriladi. Bunda temir guruhchasini kationlari gidroksidlarini hosil qilib, cho'kmaga tushadi ( $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Co(OH)_2$  va boshq.), rux, alyuminiy va xrom kationlari esa sinkatlar, alyuminatlar va xromatlar hosil qilib eritmaga o'tadilar:



Vodorod peroksid ta'sirida xromitlar xromatlargacha oksidlanadi:



4-jadval

| Amfoter gidroksidning formulasi | $K_{Kt(OH)}$         | $K_{HAn}$          |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|
| $Be(OH)_2$                      | $10^{-30}$           | $10^{-18}$         |
| $Jn(OH)_2$                      | $1,3 \cdot 10^{-34}$ | $1 \cdot 10^{-16}$ |
| $Al(OH)_3$                      | $8 \cdot 10^{-25}$   | $4 \cdot 10^{-13}$ |
| $Ga(OH)_3$                      | $1,6 \cdot 10^{-11}$ | $5 \cdot 10^{-11}$ |
| $Pb(OH)_2$                      | $9,6 \cdot 10^{-4}$  | $2 \cdot 10^{-16}$ |

Amfoter gidroksidlarni to'liq cho'ktirishda eritmaning pH katta ahamiyatga ega. Masalan:  $Al(OH)_3$ ning to'la cho'kishi  $pH = 3,4-5,0$  da va  $Zn(OH)_2$ ning cho'kishi  $pH = 6,2-8,7$  da yuz beradi.

**Analitik kimyoda moddalar namunalarini kimyoviy miqdoriy tahlil qilishda amfoterlik xossasidan quyidagi maqsadlarda foydalaniladi:**

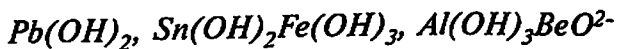
► Kationlarni gidroksidlar ko‘rinishida cho‘ktirishda. Eritmaga ortiqcha ishqor qo‘shilganda amfoter xossaga ega bo‘lgan metall ionlari eritmaga o‘tadi. Masalan:  $Fe^{+3}$ ,  $Al^{+3}$  ionlari bo‘lgan eritmaga  $NaOH$  qo‘shilganda  $Fe(OH)_3$  cho‘kmada,  $Na_3Al_3$  eritmada bo‘ladi.

► Amfoter gidroksidlar ( $Al(OH)_3$ ,  $Cr(OH)_3$ ,  $Zn(OH)_2$ ,  $Be(OH)_2$ ), erimaydigan gidroksidlar ( $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Ni(OH)_2$ ,  $Co(OH)_2$  va boshqalar)dan ajratishda.

► Ayrim amfoter gidroksidlarni (masalan:  $Be(OH)_2$  ni  $NaHCO_3$  eritmasida qaynatib) eritishda.

►  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Be^{2+}$  va  $Mn^{2+}$  ionlari bo‘lgan eritmani sistemali analiz qilishda: eritmaga  $NH_4OH + NH_4Cl$  ta‘sir ettirilganda: cho‘kma 1-eritma  $Fe(OH)_3$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Be(OH)_2$ ,  $Mn^{+2}$

► cho‘kmaga  $NaHCO_3$  qo‘shib qizdirilganda



### Mavzularni chuqur o‘zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:

1. Tuzlar gidrolizi, misollar va gidrolizning analizda qo‘llanishi.
2. Gidroliz darajasi. Gidroliz konstantasi va uni gidroliz darajasi bilan bog‘liqligi.
3. Tuzlar gidrolizi va uning analizda qo‘llanilishi.
4. Suyultirish qonunining gidrolizga ta‘siri.
5. Eruvchanlik, eruvchanlik ko‘paytmasi.
6. Amfoterlik hodisasining analizda qo‘llanishi.
7. Suvning dissotsiatsiyasi va ion ko‘paytmasi.
8. Vodorod ko‘rsatkich (pH) va uni kislotalarda hisoblash.
9. Gidroksil ko‘rsatkich (pOH) va uni ishqorlarda hisoblash.
10. Bufer eritmalar, elektrolitlar.
11. Bufer eritmalarining pHini hisoblash.
12. Osvaldning suyultirish qonuni.



## 11-bob. OKSIDLANISH-QAYTARILISH REAKSIYALARI



### *Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining mohiyati*

«Oksidlanish» va «qaytarilish» tushunchalariga 1913-yilda I.V. Pissarjevskiy tomonidan yaratilgan materiya tuzilishining hozirgi zamon elektron nazariyasi tufayligina aniq ta'rif berildi. Ushbu nazariyaga muvofiq elektronlarning bir atom yoki iondan boshqa atom yoki ionga o'tishi bilan boradigan reaksiyalar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari deyiladi.

Masalan, ushbu reaksiya:



bunga misol bo'ladi.

$\text{Sn}^{2+} - 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{4+}$  – oksidlanish elektron yo'qotish bilan boradi.

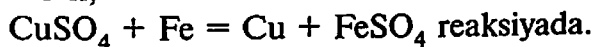
$2\text{Fe}^{3+} + 2e^- \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}$  – qaytarilish elektron biriktirish bilan boradi.

Element oddiy modda hosil qilgan vaqtda elektronlarning atomlari atrofida taqsimlanishi bir xildir. Qoidaga ko'ra, qutbli, kovalent bog'li murakkab moddalarda elektronlarning taqsimlanishi barobar emas. Ion bog'lanishli moddalar hosil bo'lishida elektronlarning barobar taqsimlanmasligi maksimaldir. Elektronlarning boshqa element atomiga siljishi natijasida paydo bo'luvchi atom zaryadi **elementning oksidlanishi darajasi** deyiladi. Elektronlari boshqa element atomiga siljiydigan element oksidlanishning musbat darajasini namoyon qiladi. Elektronlari siljiydigan atom elementi oksidlanishning manfiy darajasini namoyon qiladi.

Oddiy moddalarda elementning oksidlanish darajasi nolga teng.

Ko'pgina elementlar har xil moddalarda turli xil oksidlanish darajasini namoyon qiladi, ammo har bir oksidlanish darajasini (masalan, ishqoriy metallarning oksidlanish darajasi har doim +1) namoyon qiladigan elementlar bor.

Shunday qilib, ko'pgina kimyoviy reaksiyalar bir yoki bir necha elementlarning oksidlanish darajasi o'zgarishi bilan o'tadi. Masalan,



Misning oksidlanish darajasi +2 dan 0 gacha, temirning oksidlanish darajasi esa +2 gacha o'zgaradi.



***Elementning oksidlanish darajasini o'zgarishga olib keladigan reaksiyalar oksidlanish – qaytarilish reaksiyalari deyiladi.***

Atomlar yoki ionlarning elektron yo'qotishi bilan boradigan kimyoviy jarayon *oksidlanish* deyiladi. Keltirilgan misolda temir atomlari  $\text{Fe}^{+2}$  ionigacha oksidlanadi. Elektronlarni biriktirib oladigan kimyoviy protsesslar *qaytarilish* deb ataladi. Yuqorida keltirilgan misolda mis  $\text{Cu}^{2+}$  ionlari mis metaligacha qaytariladi.

Oksidlanuvchi atomlar yoki ionlar elektronlarini yo'qotadi, bu musbat zaryadlarning kamayishiga olib keladi. Oksidlanishning musbat darajasi oksidlanishda oshadi. Oksidlanishnisha teskari bo'lgan protsesslar – qaytarilishda manfiy zaryadlarning ortishi musbat zaryadlarning kamayishi sodir bo'ladi.

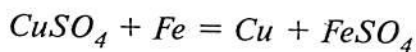
Elektronlar oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida bir xil atom yoki ionlardan boshqalariga o'tadi, shuning uchun biror moddaning oksidlanishi boshqa moddalarning qaytarilishini keltirib chiqaradigan va bunda o'zi qaytariladigan modda *oksidlovchi* deyiladi. Reaksiyadagi oksidlanuvchi modda *qaytaruvchi* deyiladi.

Oksidlovchi oksidlanuvchi moddadan elektronlarni tortib olib o'ziga biriktiradi. Qaytaruvchi elektronlarni beradi. Oksidlovchi qabul qilgan elektronlar soniga teng bo'lishi kerak.

Ko'pincha bir oksidlovchi moddaning oson oksidlanishini, boshqa oksidlovchi esa buni amalga oshirishga qodir emasligini kuzatish mumkin. Turli oksidlovchi va qaytaruvchilardagi har xil kimyoviy aktivlik ma'lum. Qandaydir atom yoki ion qancha oson elektronlarni yo'qotsa, u shu qadar juda aktiv oksidlanuvchidir.

Har qanday oksidlanish-qaytarilish protsesslarda reaksiyaga qadar olingan oksidlanuvchi va qaytaruvchidan yangi oksidlovchi va qaytaruvchi hosil qilinadi, ular boshlang'ichlarga nisbatan kuchsizroq bo'ladi, ya'ni oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida reaksiyalar har doim kuchliroqlardan kuchsizroq oksidlovchi va qaytaruvchi hosil bo'ladigan tomonga qarab boradi.

Misol sifatida biz bir xil metallar boshqa metallarni ularning tuzlaridan siqib chiqarish (qaytarish) qobiliyatini keltirishimiz mumkin. Barcha metallar kuchlanishlar qatori deb ataluvchi qatorga joylashadi: Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Mn, Zn, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. Metall kuchlanishlar qatorida qanchalik joylashgan bo'lsa, u shunchalik kuchli qaytaruvchi bo'ladi. Shuning uchun temir bilan mis sulfat o'rtasidagi reaksiyada



temir misni uning tuzidan siqib chiqaradi, teskari reaksiya esa bormaydi.

Agar eritmada oksidlovchi va u bilan reaksiyaga kirishi mumkin bo'lgan bir necha qaytaruvchilar bo'lsa, u holda oksidlovchi birinchi navbatda eng kuchli qaytaruvchi bilan reaksiyaga kirishadi. Bir necha oksidlovchilar va bitta qaytaruvchi to'g'risida ham gapirish mumkin. Qaytaruvchi boshqa eng kuchli oksidlovchi bilan reaksiyaga kirishadi.

Elementi yuqori oksidlanish darajasida bo'lgan birikmalar faqat oksidlovchilar xossasini namoyon qilishi mumkin. Agar birikmada element eng kichik oksidlanish darajasini namoyon qilsa, bunday birikmalar faqat qaytaruvchi bo'lishi mumkin. Bordi-yu, element oraliq oksidlanish darajasida bo'lsa, sharoitga qarab, uning atomlari elektronlarni ham qabul qilishi, ham berishi mumkin. Shuning uchun oksidlanish darajasidagi elementga ega bo'lgan birikmalar reaksiyaning muhitiga qarab ham oksidlanish, ham qaytarilish xossalari namoyon qilishi mumkin. Masalan, vodorod peroksid  $H_2O_2$  xrom (II) tuzlari bilan

bo'lgan reaksiyalarda oksidlovchi xossalarini, kaliy permanganat  $\text{KMnO}_4$  bilan bo'lgan reaksiyada esa qaytaruvchi xossalarini namoyon qiladi. Nitrit kislota ham shunday xossaga ega.

Juda ko'p hollarda oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari kislotali va ishqoriy muhitda o'tadi. Agar reaksiya vaqtida  $\text{H}^+$  ionlari kerak bo'lsa, reaksiyani kislotali muhitda olib boriladi. Agar, aksincha, reaksiya natijasida  $\text{H}^+$  ionlari hosil bo'lsa, u holda uni ishqoriy muhitda olib borish kerak.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari biologiyada katta ahamiyatga ega. Fotosintez, nafas olish, hazm qilish – buning hammasi oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.

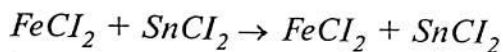
Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ham sifat, ham miqdor analizida keng qo'llaniladi. Sifat analizida har xil oksidlanish darajasini namoyon qiladigan ko'pgina elementlarni ( $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ) aniqlash oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yordamida o'tkaziladi. Miqdor analizida bir qator titrimetrik metodlar asosida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yotadi, masalan, permanganatometriya, yodometriya, bromatometriya.

### **11.1. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tenglamalarini tuzish**

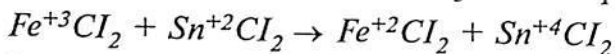
Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida oksidlovchi tomonidan qabul qilinadigan elektronlarning soni qaytaruvchi beradigan elektronlar soniga teng. Reaksiya tenglamasini tuzish va koeffitsiyentlarni qo'yishda bu qoidani asos qilib olish zarur. Berilgan yoki qabul qilingan elektronlarning oksidlanish darajasining o'zgarishiga qarab fikr yuritiladi. Reaksiya tenglamalarini tuzishda o'sha yoki boshqa moddalar reaksiya natijasida nimaga aylanishini bilish kerak. Agar reaksiya eritmada o'tsa, u holda, unda suv ham ishtirok etishi mumkin, bu – tenglamani tuzish protsessida aniqlanadi. Agar reaksiya ishqoriy yoki kislotali muhitda o'tsa, u holda reaksiyaning mahsulotlaridan biri suv bo'ladi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining tenglamalarini tuzishga misollar ko'rib chiqamiz.

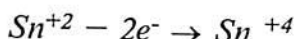
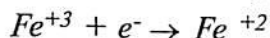
**I. Ikkita tuz o'rtasida o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi:**



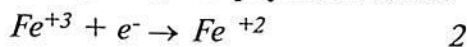
1. Oksidlanish-qaytarilish jarayonida ishtirok etuvchi elementlarning reaksiyadan keyin oksidlanish darajasini aniqlaymiz:



2. Reaksiyada sodir bo'ladigan elektronlarning ko'chishi quyidagi elektron tenglamalar ko'rinishida yoziladi:

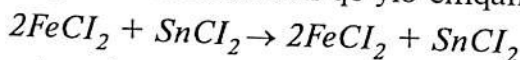


3. Berilgan va biriktirib olingan elektronlarning soni bir xil bo'lishi uchun ko'paytuvchilarni topamiz va ularni oksidlovchi va qaytaruvchining atomlar miqdoriga ko'paytirish kerak:



2 va 1 son tenglamaning chap va o'ng qismidagi moddalarning formulasidagi koeffitsientlarni:

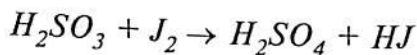
4. Tenglamalarga koeffitsientlarni qo'yib chiqamiz:



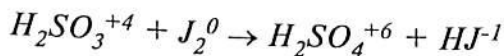
5. Tenglamaning chap va o'ng qismidagi temir, qalay va xlor atomlarining sonini hisoblab, koeffitsientlarning to'g'ri qo'yilishini tekshiramiz.

**II. Suv ishtirokida o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi.**

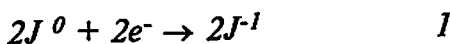
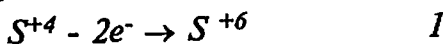
Sulfat kislota bilan erkin galogen o'rtasidagi reaksiya bunga misol bo'lishi mumkin.



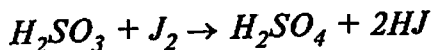
1. Oksidlovchi bilan qaytaruvchining oksidlanish darajasi o'zgarishini aniqlaymiz:



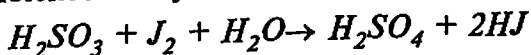
2. Elektron tenglamalarni yozamiz va biriktirib olingan va berilgan elektronlarning soni uchun ko'paytuvchilar topamiz:



3. Oksidlovchi va qaytaruvchiga koeffitsientlar qo'yib chiqamiz:



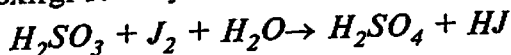
4. Sxemaning ikkala qismidagi vodorod atomlarining sonini hisoblab chiqadigan bo'lsak, tenglamaning chap qismida 2 vodorod atomi, o'ng qismida 4 vodorod atomi borligi ma'lum bo'ladi. Demak, reaksiyada suv ishtirok etishi kerak. Tenglamaning chap qismiga suv molekulasini yozamiz:



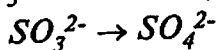
Tenglamaning chap va o'ng qismidagi kislorod atomlarining sonini hisoblab, qo'yib chiqilgan koeffitsientlarning to'g'riligini tekshiramiz.

Keltirilgan koeffitsientlarning qo'yish usuli *elektron balans metodi* deb nomlanadi.

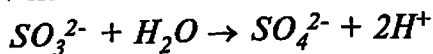
Yarim reaksiyalar metodi (elektron – ion balansi) nomi bilan atalgan boshqa usul murakkabroq, biroq ketadigan oksidlanish-qaytarilish protsessining mohiyatini to'g'ri aks ettiradi. Misol tariqasida oxirgi reaksiyani olamiz:



Yodning qaytarilish jarayoni tenglamasi o'sha ko'rinishga ega. Oltinugurtning oksidlanish tenglamasi esa murakkabroq ko'rinishga ega bo'lib  $SO_3^{2-}$  ionlari  $SO_4^{2-}$  ionlariga aylanadi:

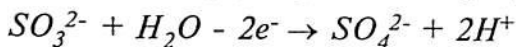


Reaksiyada suv ishtirok etadi, demak

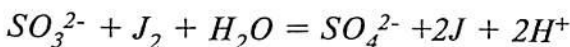
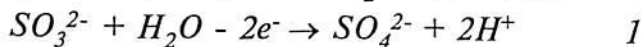


Chap qismda bo'lgan ionlarning umumiy zaryadi ikkita manfiy zaryadga teng, o'ng qismida esa 0 ga teng. Modomiki, chap

qismdagi zaryadlar teng bo'lishi kerak ekan,  $SO_3^{2-}$  ioni oksidlanishining oxirgi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

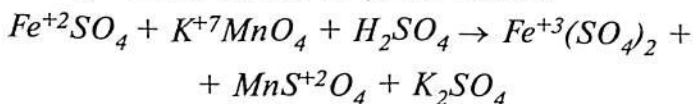


Reaksiyaning umumiy tenglamasi:  $J_2^0 + 2e^- \rightarrow 2J^-$  1

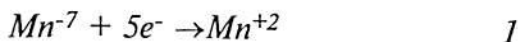
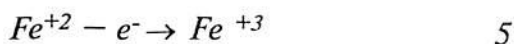


Molekulyar formada:  $H_2SO_3 + J_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HJ$

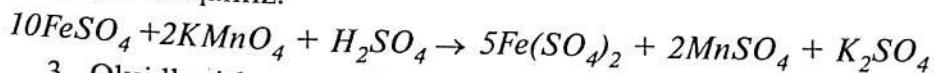
**III. Kislotalarda muhitli o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari.** Misol sifatida temir (II) sulfatning kislotali muhitda kaliy permanganat bilan oksidlanish reaksiyasining tenglamasini tuzamiz. Reaksiya ushbu sxema bo'yicha boradi:



1. Elektron tenglamalarni tuzamiz:

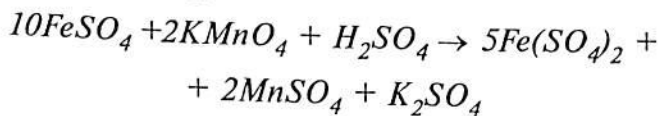


2. Temir (III) sulfat molekulasida ikkita temir atomiga ega bo'lishini hisobga olib, oksidlovchi va qaytaruvchiga koeffitsientlar qo'yib chiqamiz:

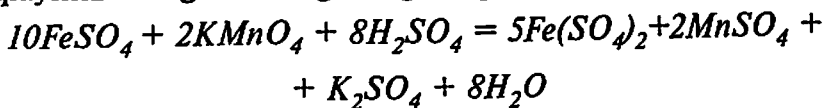


3. Oksidlanish-qaytarilishda ishtirok etmaydigan sxemaning chap va o'ng qismidagi metallar atomining sonini tenglashtiramiz. Ushbu holda bu kaliy atomlaridir. Sxemaning chap va o'ng qismida ikkitadan atom bor.

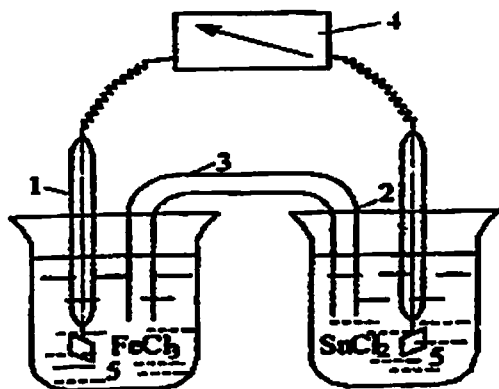
4. Oksidlanish-qaytarilishda ishtirok etmaydigan ushbu holda  $SO_4^{2-}$  kislota qoldiqlar sonini tenglashtiramiz. Buning uchun tenglamaning chap qismidagi sulfat kislota molekulasiga 8 koeffitsientini qo'yish kerak:



5. Tenglamaning chap qismidagi vodorod atomlar sonini aniqlaymiz. Tenglamaning oxirgi ko'pinishi:



Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari elektronlarni bir atom yoki iondan boshqasiga o'tishi bilan borishini isbotlash uchun qalay ionlari bilan temir ionlari o'rtasida boradigan reaksiyani ko'rib chiqish mumkin.



Elektr o'tkazuvchanlikni oshirish va tuzlarning gidrolizi oldini olish maqsadida HCl qo'shib kislotali muhitga keltirilgan  $\text{FeCl}_3$  va  $\text{SnCl}_2$  ning 0.1 M eritmalarini ikkita stakanga solamiz. Eritmadagi ionlar bir stakandan ikkinchisiga diffuziyalana oladigan bo'lishi uchun stakanlar KCl eritmasi bilan to'ldirilgan, «elektrolitik kalit» deb ataluvchi U simon nay (3) orqali tutashiriladi. So'ngra har bir stakanga sim bilan sezgir voltmetr (4) ulangan platina elektrodlari (5) tushiriladi. Ushbu sistema galvanik element deyiladi. Voltmetr strelkasining burilishi tuzilgan galvanik elementning tashqi zanjirida elektr toki paydo bo'lganini va uning yo'nalishini ko'rsatadi. Bu yerda elektronlar  $\text{SnCl}_2$  eritmasi solingan (2) stakandan  $\text{FeCl}_3$  eritmasi solingan (1) stakanga o'tadilar. Birozdan keyin bu eritmalar tegishli reaktivlar bilan tekshirib ko'rilsa,  $\text{SnCl}_2$  eritmasida  $\text{Sn}^{4+}$  ionlari,  $\text{FeCl}_3$  eritmasida



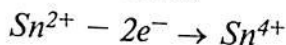
esa  $Fe^{2+}$  ionlari paydo bo'lganiga ishonch hosil qilish mumkin. Bu tajriba haqiqatan ham (2) stakanda  $Sn^{2+}$  ionlarining oksidlanishi, (1) idishda esa  $Fe^{3+}$  ionlarining qaytarilishi, ya'ni elektronlar qalaydan temirga o'tishini tasdiqlaydi. Bu tenglamalarni hadlab qo'shib galvanik elementda boradigan reaksiyaning umumiy tenglamasini hosil qilamiz:



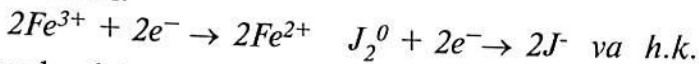
Xlor ionlari oksidlanmaydi ham, qaytarilmaydi ham, faqat (1) idishdan (2) idishga nay (3) orqali o'tib ichki zanjirga tok tashiydi, xolos.

Shunga o'xshash galvanik elementlarni boshqa ionlar uchun ham tuzish mumkin va voltmeter ko'psatadigan elektr yurituvchi kuchni miqdori reaksiyada qatnashayotgan moddalarning elektronlarini qaytadan taqsimlashga intilishining o'lchovi bo'ladi va u miqdoriy jihatdan (E) potensial orqali ifodalanadi.

Kislorod atomlari elektron biriktirishga moyil element bo'lgani uchun boshqa atom yoki molekulalar bilan reaksiyaga kirishganda elektron biriktirib olishga intiladi. Shuning uchun kislorod bilan boradigan barcha reaksiyalar oksidlanish reaksiyalaridir, degan fikr bor. Yuqorida aytilganlar asosida atom, molekula yoki ionlarning elektron yo'qotishi bilan boradigan har qanday kimyoviy reaksiyalar — oksidlanish deb aytiladi. Qaytarilish esa oksidlanishning teskarisi bo'lib, elektron biriktirish bilan boradi. Elektron yo'qotish musbat zaryadlarning ortishiga olib keladi. Bizning misolimizda ikki valentli qalay ikkita elektron yo'qotib to'rt valentli qalaygacha oksidlanadi:



Teskari jarayon, elektron qabul qilish zaryadlarning kamayishiga olib keladi:



Eritmada elektronlar erkin holatda qolmaydi, balki bir atom molekula yoki iondan boshqasiga o'tadi. Biror moddaning oksidlanishi natijasida hamma vaqt boshqasi qaytariladi va shuning

uchun qaytaruvchi bergan elektronlar soni oksidlovchi qabul qilgan elektronlar soniga teng bo'lishi kerak. Bu qoidadan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tenglamalari uchun koeffitsient tanlashda foydalaniladi.

$H_2SO_4$  molekulasidagi oltingugurtning oksidlanish darajasini ko'rib chiqamiz. Ikki atom vodorodning oksidlanish darajasi ikkiga teng, ya'ni ikki elektron yo'qotgan. Bir atom kislorodni qaytarilish darajasi ikkiga teng, ya'ni to'rtta kislorod atomi 8 ta elektron qabul qilgan. Ayirma  $8-2=6$  ta elektronni tashkil etadi. Demak, oltingugurt atomi 6 ta elektron bergan va uning oksidlanish darajasi  $+6$  bo'ladi.

### ***Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari analizda keng qo'llanadi:***

Ushbu elementlarning oksidlanish darajasi quyidagilarga asosan topiladi:

1. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida vodorod va metallar deyarli hamma vaqt elektron yo'qotadi. Vodorodning oksidlanish darajasi birga teng, ya'ni  $H^+$ .
2. Kislorod odatda ikkita elektron qabul qiladi, ya'ni uning qaytarilish darajasi ikkiga teng, ya'ni  $O^{2-}$ .
3. Boshqa elementlar qanday ionlar hosil qilishiga qarab, musbat va manfiy zaryadli bo'lishi mumkin.
4. Molekulani tashkil etuvchi zaryadlarning yig'indisi nolga teng, ya'ni molekula elektroneytraldir.
5. Murakkab iondagi turli atomlarning bergan va qabul qilib olgan elektronlar sonining ayirmasi, shu ionning valentligini va zaryad sonini belgilaydi. Masalan, murakkab ion  $CrO_4^{2-}$  da bir atom xrom oltita elektron yo'qotgan, kislorodning har bir atomi esa 2 ta elektron qabul qilgan, demak, kislorodning 4 ta atomi — 8 ta elektron qabul qilgan. Ayirmasi 2 ta elektronga to'g'ri keladi, shuning uchun xromatsion minus ikki valentli.

• Kimyoviy analizda ular ba'zi bir kation va anionlarni ochishda qo'llaniladi ( $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $J^-$ ,  $Br^-$  va h.k.). Bundan tashqari ba'zi bir ionlarning xalaqit beruvchi ta'siri ularni oksidlangan yoki qaytarilgan shakliga o'tkazib yo'qotiladi.

• Miqdoriy analiz usullarida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan maxsus usullar bor (permanganatometriya, xromatometriya, yodometriya va b.q.). Ushbu tur reaksiyalari fizik-kimyoviy analiz usullarida keng qo'llanadi.

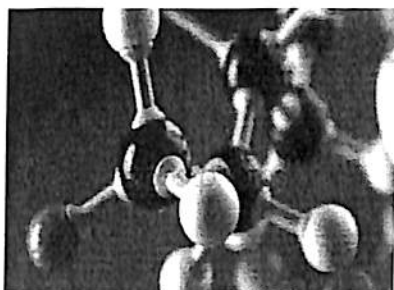
Kimyoviy analizda ular ba'zi bir kation va anionlarni ochishda qo'llanadi ( $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $J^-$ ,  $Br^-$  va h.k.). Bundan tashqari ba'zi bir ionlarning xalaqit beruvchi ta'siri ularning oksidlangan yoki qaytarilgan shakliga o'tkazib yo'qotiladi.

### Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:

1. Organik reagentlarning yutug'i va kamchiligini tushuntiring.
2. Kompleks birikmalarning analizda ahamiyati.
3. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi avvalgi tasavvur.
4. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi zamonaviy tasavvur.
5. Galvanik element. Galvanik element yordamida oksidlovchi va qaytaruvchilarni aniqlash.
6. Ionlarning oksidlanish va qaytarilish darajasini aniqlash.
7. Murakkab ionlarning zaryadini aniqlash.
8. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining analizda ahamiyati.
9. Miqdoriy analiz usullarida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan maxsus usullarini aytib bering.
10. Fizik-kimyoviy analiz usullarida keng qo'llanadigan tur reaksiyalari.
11. Kislotali muhitda o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga misol yozing.
12. Suv ishtirokida o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga misol keltiring.

## 12-bob. KOMPLEKS BIRIKMALAR

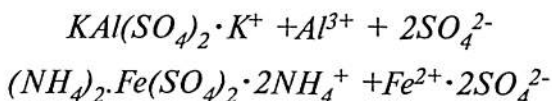
Kompleks birikmalarning molekuli yoki ionini markaziy atoma ega bo'lib, uni bir necha ion yoki molekullar, ya'ni ligandlar qurshab turadi. Agarda markaziy ionning zaryadi, uni qurshab turgan ligandlarni manfiy zaryadlari yig'indisidan ortiq, bo'lsa bunday kompleksga *kation-kompleks*, aks holda esa *anion-kompleks*, zaryadlari yig'indisining ayirmasi nolga teng bo'lsa, *neytral-kompleks* deyiladi.



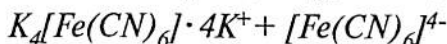
III guruh kationlari  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$  va boshqa shu singari oddiy tuzlar bilan bir qatorda tarkibi jihatidan ancha murakkab bo'lgan yuqori tartibdagi birikmalarni ham hosil qiladi.

Achchiqtosh yoki alyuminiyli achchiqtosh  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , Mor tuzi  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  va shunga o'xshashlar shunday birikmalardir.

Bu tuzlar eritilganda hamma tarkibiga kiruvchi ionlarga disotsiatsiyalanadi:



Bular go'yoki ikki oddiy tuzlar aralashmasidek — kaliy sulfat va alyuminiy sulfat, ammoniy sulfat va temir sulfat aralashmasidek bo'ladi. Bunday birikmalar *qo'shaloq tuzlar* deyiladi. Ammo yuqori tartibdagi birikmalar hamma vaqt shunday dissotsilanavermaydi. Masalan, kaliy ferrotsianid  $K_4[Fe(CN)_6]$  ni olaylik.



Bu yerda:  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  — temir va sianid ionlariga dissotsilanmaydigan yagona ion.

Bunday birikmalar *kompleks birikmalar* deyiladi.  $K_4[Fe(CN)_6]$  kompleks birikmasida kaliy ionlari *tashqi koordinatsion sfera*

• Miqdoriy analiz usullarida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan maxsus usullar bor (permanganometriya, xromatometriya, yodometriya va b.q.). Ushbu tur reaksiyalari fizik-kimyoviy analiz usullarida keng qo'llanadi.

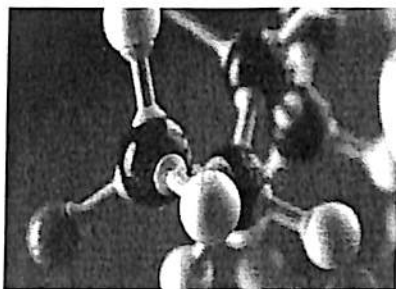
Kimyoviy analizda ular ba'zi bir kation va anionlarni ochishda qo'llanadi ( $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $J^-$ ,  $Br^-$  va h.k.). Bundan tashqari ba'zi bir ionlarning xalaqit beruvchi ta'siri ularning oksidlangan yoki qaytarilgan shakliga o'tkazib yo'qotiladi.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Organik reagentlarning yutug'i va kamchiligini tushuntiring.
2. Kompleks birikmalarning analizda ahamiyati.
3. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi avvalgi tasavvur.
4. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi zamonaviy tasavvur.
5. Galvanik element. Galvanik element yordamida oksidlovchi va qaytaruvchilarni aniqlash.
6. Ionlarning oksidlanish va qaytarilish darajasini aniqlash.
7. Murakkab ionlarning zaryadini aniqlash.
8. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining analizda ahamiyati.
9. Miqdoriy analiz usullarida oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan maxsus usullarini aytib bering.
10. Fizik-kimyoviy analiz usullarida keng qo'llanadigan tur reaksiyalari.
11. Kislotali muhitda o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga misol yozing.
12. Suv ishtirokida o'tadigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga misol keltiring.

## 12-bob. KOMPLEKS BIRIKMALAR

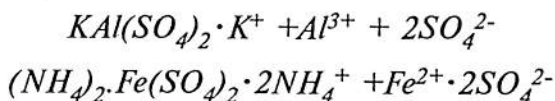
Kompleks birikmalarning molekulasi yoki ionini markaziy atomga ega bo'lib, uni bir necha ion yoki molekularlar, ya'ni ligandlar qurshab turadi. Agarda markaziy ionning zaryadi, uni qurshab turgan ligandlarni manfiy zaryadlari yig'indisidan ortiq, bo'lsa bunday kompleksga *kation-kompleks*, aks holda esa *anion-kompleks*, zaryadlari yig'indisining ayirmasi nolga teng bo'lsa, *neytral-kompleks* deyiladi.



III guruh kationlari  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$  va boshqa shu singari oddiy tuzlar bilan bir qatorda tarkibi jihatidan ancha murakkab bo'lgan yuqori tartibdagi birikmalarni ham hosil qiladi.

Achchiqtosh yoki alyuminiyli achchiqtosh  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , Mor tuzi  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  va shunga o'xshashlar shunday birikmalardir.

Bu tuzlar eritilganda hamma tarkibiga kiruvchi ionlarga disotsiatsiyalanadi:



Bular go'yoki ikki oddiy tuzlar aralashmasidek — kaliy sulfat va alyuminiy sulfat, ammoniy sulfat va temir sulfat aralashmasidek bo'ladi. Bunday birikmalar *qo'shaloq tuzlar* deyiladi. Ammo yuqori tartibdagi birikmalar hamma vaqt shunday dissotsilanavermaydi. Masalan, kaliy ferrotsianid  $K_4[Fe(CN)_6]$  ni olaylik.



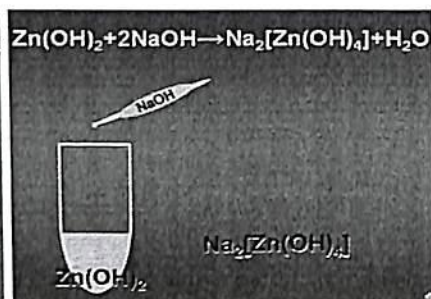
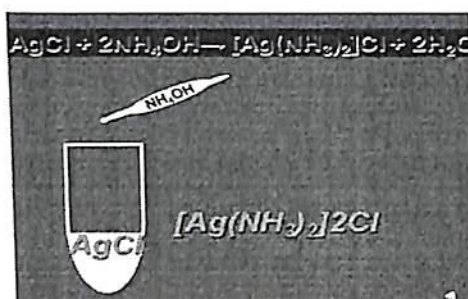
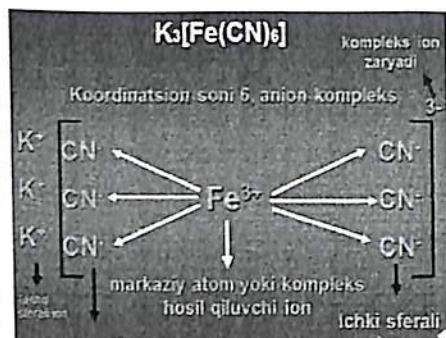
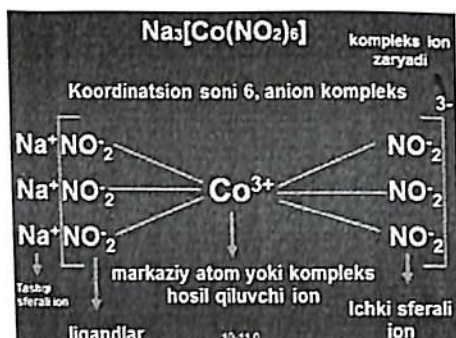
Bu yerda:  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  — temir va sianid ionlariga dissotsilanmaydigan yagona ion.

Bunday birikmalar *kompleks birikmalar* deyiladi.  $K_4[Fe(CN)_6]$  kompleks birikmasida kaliy ionlari *tashqi koordinatsion sfera*

deyiladi, ferrotsianid ioni esa *ichki koordinatsion sfera* deyiladi. Ushbu kompleks birikmada:

$\text{Fe}^{2+}$  – markaziy atom yoki kompleks hosil qiluvchi;

$\text{CN}^-$  – ligand yoki addenda, u yoki ion yoki molekula bo'lishi mumkin.



**KOMPLEKS BIRIKMALARNING SINFLANISHI**

*gidratlar* –  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}_2$ ,

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$

*ammiakattar* –  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ,

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

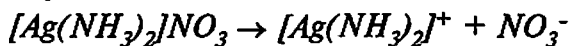
*Metallarning karbonilari* –

$[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ ,  $[\text{V}(\text{CO})_6]$ .

Kompleks hosil qiluvchi bilan birikkan ligandlarning umumiy soni *koordinatsion son* deyiladi. U ikkidan  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  oltigacha –  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  bo'lishi mumkin.

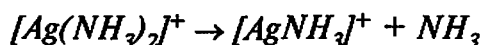
## 12.1. Kompleks birikmalarning barqarorligi

Yuqorida ko'rsatib o'tganimizdek, kompleks birikmalar ( $K_4[Fe(CN)_6]$  misoli) tashqi koordinatsion sfera —  $K^+$  va ichki koordinatsion sfera  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  ga dissotsilanadi. Temir va sianid ionlari eritmada aniqlanmaydi. Lekin ichki koordinatsion sferaning ionlari juda oz miqdorda bo'lsa ham, eritmada aniqlanishi mumkin. Buni  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$  kompleks tuzi misolida ko'rib chiqamiz.  $KCl$  yoki  $KBrO_3$  ta'sir ettirilganda  $AgCl$  yoki  $AgBrO_3$  cho'kmalari hosil bo'lmaydi. Ammo boshqa cho'ktiruvchilar  $KJ$ ,  $H_2S$  ta'sirida  $AgJ$  (sariq rangli),  $Ag_2S$  (qora rangli) cho'kmalar hosil bo'ladi, bu esa ichki koordinatsion sferada ham dissotsilanish bo'lishini va kompleks birikmalarining ba'zi bir reagentlarga nisbatan beqaror ekanligini bildiradi.  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$  ni dissotsilanishi bosqichli boradi:



Bu bosqichda berilgan birikma kuchli elektrolit kabi dissotsilanadi. Keyin ichki koordinatsion sferada bosqichli dissotsilanish sodir bo'ladi:

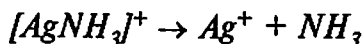
Birinchi bosqich:



Massalar ta'siri qonuni bo'yicha uning dissotsilanish konstantasini topamiz:

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{[AgNH_3]^+[NH_3]}{[Ag(NH_3)_2]^+}$$

Ikkinchi bosqich:



Ikkinchi bosqichda kompleksning dissotsilanishi kam darajada boradi va umumiy konstantaning qiymati bilan xarakterlanadi:

Bu konstantaning qiymati qanchalik katta bo'lsa, berilgan kompleks shunchalik kuchli dissotsilanadi va shunchalik beqaror bo'ladi. Bu konstanta kompleksning beqarorlik konstantasi



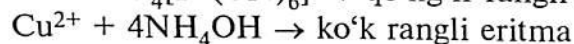
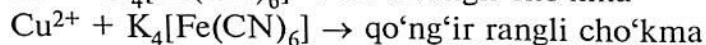
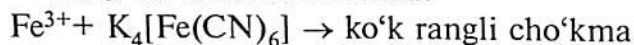
yoki kompleksning parchalanish konstantasi deyiladi. Beqarorlik konstantasiga teskari miqdori kompleksning hosil bo'lish konstantasi yoki barqarorlik konstantasi deyiladi.

$$K_{\text{beqaror}} = \frac{1}{K_{\text{beqaror}}}$$

Qanchalik beqarorlik konstantasining qiymati kishik bo'lsa, shunchalik kompleks barqaror bo'ladi.

Kompleks birikmalar va kompleks hosil qilish reaksiyalari analizda keng qo'llaniladi:

▪ **Ba'zi bir ionlarni ochishda:**



▪ Xalaqit beruvchi ionlarni, ularni boshqa kompleksga o'tkazib, niqoblash va ularni birin-ketin aniqlash uchun (Cd ionlarini HCN ishtirokida)  $\text{H}_2\text{S}$  ta'sir ettirib birin-ketin aniqlash mumkin.

▪ Kompleks hosil qilish reaksiyalaridan ba'zi bir cho'kmalarni eritmaga o'tkazib keyinchalik aniqlashda qo'llash mumkin.

▪ Miqdoriy analizda maxsus kompleks hosil qilish reaksiyalariga asoslangan asoslarni aniqlash metodikasi mavjud.

Noorganik ligandlar bilan bir qatorda organik ligandlar ham keng qo'llanadi va ular aniqlashlarning tanlovchanligi va sezgirliги bo'yicha bir qator afzalliklarga ega. Bunday kompleks birikmalar ichki kompleks birikmalar tipiga kiradi.

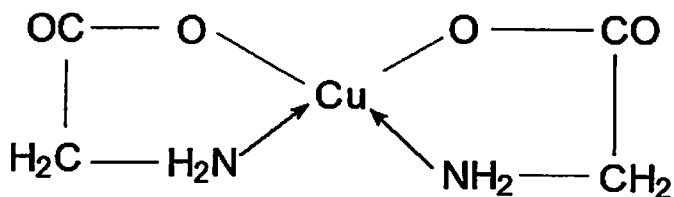
Organik reaktivlarni birinchi bo'lib M.A. Ilinskiy qo'lladi. U 1884-yilda kobaltni ochish uchun organik kompleks hosil qiluvchi sifatida alfanitrozo-betta naftoldan foydalandi. Lekin organik reagentlar 1905-yilda Chugayev tomonidan nikelni organik reagent dimetilglioksim bilan (Chugayev reaktivi) ochilganidan so'ng keng qo'llanila boshladi.

Metall ionlarini organik reagentlar bilan kompleks hosil qilishi tuz hosil qiluvchi  $-\text{COOH}$ ,  $=\text{NOH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$  va boshqa gu-

ruhlar hisobiga boradi va bunda ma'lum sharoitda vodorod atomi metall ionlari bilan o'rin almashadi. Agar organik reagentning molekulasida ligand hosil qiluvchi guruhlar ham bo'lsa, metall atomlari bilan koordinatsion bog' ham hosil bo'ladi. Natijada ichki kompleks birikmalar deb ataluvchi komplekslar hosil bo'ladilar.

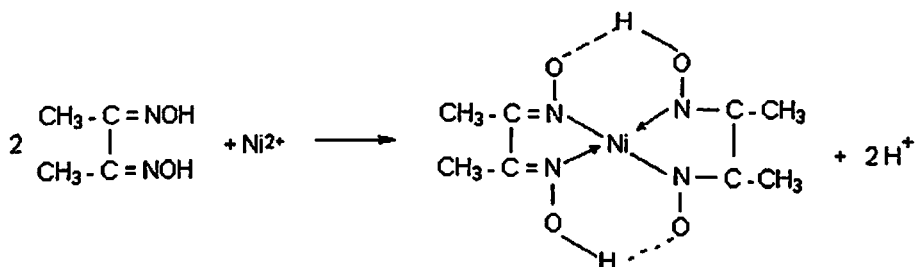
Shularga o'xshash kompleks birikmalarni hosil qilishga aminokislotalar, dioksidlar, azoreagentlar va boshqalar moyildir.

Tuz hosil qiluvchi guruh  $-COOH$  va liganda  $-NH_2$  ga xos guruh bilan mos keluvchi mis va aminosirka kislotasi ( $H_2N - CH_2 - COOH$ ) misolida kompleks birikma hosil bo'lishini ko'rib chiqamiz.



Ushbu kompleksda karboksil guruhning vodorod atomlarini almashinuvi hisobiga ion bog' hosil bo'ladi. Aminoguruhni azot atomlarini bo'linmagan elektronlar jufti mis atomi tomon siljiydi va koordinatsion bog'larni hosil qiladi.

Nikel dimetilgliksim (dioksim) bilan reaksiyasida xuddi shunday ichki kompleks birikma hosil qiladi:



Hosil bo'lgan kompleks birikmalar halqasimon (siklik) tuzilishga ega. Azot atomlari ikki tomondan metall atomlarini qisqichsimon changallab qisqichsimon komplekslar yoki xelatlar hosil qiladi.

Ichki kompleks birikmalar analiz uchun muhim ahamiyatga ega, chunki ular suvda yaxshi eriydi, tiniq rangga ega va barqaror, radikalning zanjiri qanchalik uzun bo'lsa, reagent shunchalik spetsifik va sezgir bo'ladi. Organik reagentlarning yagona kamchiligi – ularning kamyobliligi va qimmatbaholigidadir.

Kompleks birikmalar tabiatda nihoyatda keng tarqalgan bo'lib, ular ko'pgina jarayonlarda muhim rol o'ynaydi. Masalan, o'simliklarning yashil qismida sodir bo'ladigan va fotosintezni amalga oshiradigan modda xlorofill – magnit kompleks birikmasidir. Tirik hujayralarni kislorod bilan ta'minlab turadigan moddaning gemoglobini temirning kompleksidir. Juda ko'p minerallar, masalan, alyuminosilikatlar ham kompleks birikmalardir. Metallurgiyada oltin, kumush, platina kabi nodir birikmalardan ajratib olinadi.

Kompleks birikmalarning o'ziga xos suyuqlanish, qaynash temperaturalari, ma'lum erituvchilarda, ayniqsa, suvda eruvchanligi, elektr o'tkazuvchanligi, spektrlarining turlari va magnit xossalari bo'ladi.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Oddiy va qo'shaloq tuzlar va ularning dissotsiatsilanishi.
2. Kompleks tuzlar va ularning dissotsiatsiyasi.
3. Kompleks tuzlarning tuzilishi, ichki kompleks birikmalar.
4. Komplekslarning barqarorligi.
5. Ichki kompleks birikmalarning tuzilishi.
6. Organik reagentlarning yutug'i va kamchiligi.
7. Kompleks birikmalarning analizda ahamiyati.
8. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi avvalgi tasavvur.
9. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqidagi zamonaviy tasavvur.
10. Galvanik element haqida.

### 13-bob. MIQDORIY ANALIZ USULINING SINFLANISHI. GRAVIMETRIK ANALIZ ASOSI VA USULLARI

Miqdoriy analizning vazifasi tekshiriladigan modda tarkibiga kirgan element, ion yoki kimyoviy birikmalarning miqdorini aniqlashdan iborat. Miqdoriy analizdan avval doim sifat analizini bajarish kerak.

Miqdoriy analiz ilmiy tekshirishlarda muhim ahamiyatga ega. Masalan, biror noma'lum moddaning kimyoviy formulasini aniqlash uchun uning tarkibiga kiruvchi har bir elementning foiz miqdorini aniqlash kerak.

Miqdoriy analiz geologiya, biologiya, tibbiyot, qishloq xo'jaligi, farmatsevtika sanoati, zargarlik buyumlari tayyorlashda va h.k.larda keng qo'llanadi. Ishlab chiqarish jarayonining hamma bosqichlarida muhandis-texnolog ishlab chiqarilayotgan materiallarning sifat va miqdor tarkibini bilishi zarur. Hozirgi vaqtda sanoatda kimyoviy tarkibi, uning sifati va miqdori maqsadga muvofiq ekanligini aniqlamasdan turib hech bir material qabul qilinmaydi va tayyorlab chiqarilmaydi. Shuning uchun deyarli har bir zavod va fabrikalarda ishlab chiqarishning texnologik jarayonini doimiy nazorat qiladigan va chiqariladigan mahsulotning sifatini tekshiradigan analitik laboratoriyalar mavjud.

***Miqdoriy analiz quyidagicha sinflanadi:***



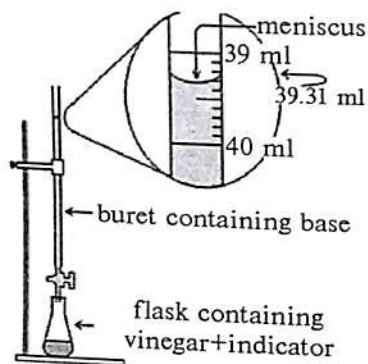
- gravimetrik (tortma) usullar;
- titrimetrik (hajmiy) usullar;
- fizikaviy usullar;
- fizik-kimyoviy analiz usullar.

Yuqorida ko'rsatilgan usullarning hozirgi vaqtda barchasi qo'llanadi. Keltirilgan usullar ichida **gravimetrik analiz** usuli ko'p vaqt talab qiladi. Lekin aniqligi yuqori bo'lgani uchun shu vaqt-gacha o'z ahamiyatini yo'qotmagan.

Unchalik aniqlik talab etilmagan hollarda titrimetrik analiz usullari qo'llaniladi va ular murakkab moslamalarni talab etmaydi.

**Fizik-kimyoviy analiz usullari** — usullar ichida eng perspektivroqdir. Bu usulda tarkibi jihatidan murakkab bo'lgan obyektlardan moslamalar yordamida aniq va tez elementlarning juda oz miqdorini ham aniqlash mumkin.

### 13.1. Xatolar nazariyasi



Miqdoriy analizda xatolikni aniqlash muhim ahamiyatga ega. Biror miqdoriy aniqlash qanchalik badiqqat o'tkazilmasin, olingan natija, odatda, aniqlanayotgan moddaning haqiqiy miqdoridan biroz farq qiladi, ya'ni ba'zi xatoliklarga ega bo'ladi.

Analiz xatolari o'z xarakteri bo'yicha:

- sistematik xatolar
- tasodifiy xatolar
- qo'pol xatolarga bo'linadi.

#### *Sistematik xatolar*

Sistematik xatolar deb, kattaligi doimiy bo'lgan yoki ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradigan xatoliklarga aytiladi. Ular metodikani, moslamani, reaktivni va h.k.ni tanlashda sodir bo'ladi va olingan

natijalarni ortishiga yoki kamayishiga ta'sir ko'rsatadi. Sistematik xatolarni tuzatma — tuzatgich koeffitsientini kiritib oldini olish yoki yo'qotish mumkin.

### *Tasodifiy xatolar*

Kelib chiqishi ma'lum bir qonuniyatga asoslanmay, kattaligi va ishorasi noma'lum bo'lgan xatolar *tasodifiy xatolar* deb ataladi. Tasodifiy xatolar bizga bog'liq bo'lmagan tashqi faktorlar ta'sirida, ya'ni temperaturaning va havo namligining o'zgarishi, havoning iflosligi, xonaning yetarli darajada yoritilmaganligi, shuningdek, ehtiyot bo'lmasdan, pala-partish ishlash natijasida, tortish vaqtida yo'qotishlarda ro'y berishi mumkin. *Tasodifiy xatolarni* sistematik xatolardan farqli ravishda biror tuzatma kiritish yo'li bilan yo'qotib bo'lmaydi, lekin ularni parallel aniqlashlar sonini oshirib va ulardan olingan natijalarni bir-biriga yaqin qiymatlaridan o'rtachasini hisoblab kamaytirish mumkin.

### *Qo'pol xatolar*

Bunday xatolar jumlasiga, masalan, tortish vaqtida tarozi toshlari va tarozi shkalasining ko'rsatishini noto'g'ri hisoblash, titrlash vaqtida byuretka shkalasi bo'yicha noto'g'ri hisoblash, aniqlash vaqtida eritmaning yoki cho'kmaning bir qismini to'kib yuborish va shunga o'xshashlar kiradi. Qo'pol xatolar tufayli analizning natijasi noto'g'ri bo'lib qoladi va shuning uchun u bir necha parallel aniqlashlardan o'rtachasini olishda tashlab yuboriladi.

Sifat jihatidan analiz natijalari xatoliklari **absolyut va nisbiy xatolarga** bo'linadi, odatda ular foizda ifodalanadi.

**Absolyut xato** — aniqlanayotgan kattalikning haqiqiy miqdori bilan olingan natija o'rtasidagi ayirma va u 100 ga ko'paytiriladi:

$$D_{abs} = (a_{olin.} - a_{haqiq.}) \cdot 100\%$$

bu yerda,  $D_{abs}$  — absolyut xato;

$a_{olin.}$  — olingan eksperimental natija;

$a_{haqiq.}$  — haqiqiy natija.

**Nisbiy xato** – absolyut xatoni haqiqiy natijaga nisbati, u ham foizda ifodalanadi:

$$D_{nisb} = \frac{a_{olin} - a_{haqiqiy}}{a_{haqiqiy}} \cdot 100\%$$

Nisbiy xato analiz natijalarini obyektivroq ifodalaydi. Agar aniq-lanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati noma'lum bo'lsa, u holda uning o'rniga bajarilgan aniqlashlarda olingan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati olinib, uni ayrim natijalarning har biri bilan so-lishtirib ko'riladi. Olingan natijalar ayrim natijalarning o'rtacha qiymatidan chetlanish deyiladi. Ular orqali analiz natijalarining aniqligi to'g'risida fikr yuritish mumkin, ya'ni chetlanish qiyma-ti qanchalik kichik bo'lsa, olingan natijalar shunchalik aniq bo'ladi. Aniqlashlar natijalarini aniqroq ifodalash uchun matematik statis-tika metodi bilan analiz natijalarini qaytadan hisoblash qo'llanadi.

### 13.2. Gravimetrik analiz usuli

**Gravimetriya** katta miqdordagi moddalarni aniqlashning aniq usullarida hisoblanadi. Bu usul aniq tarkibli birikma yo-ki elementar holda ajratilgan namunaning aniqlanadigan kompo-nent aniq massasini o'lchashga asoslangan. Bunda aniqlanuvchi komponent odatda kam eruvchan shaklga o'tkazilib, tindiriladi. So'ngra cho'kma ajratilib tindiraladi, quritiladi, qizdiriladi. Ush-bu holatda aniqlovchi komponent boshqa kimyoviy shaklga o'tadi va aniq o'lchanadi. Cho'kma massasini va uni kimyoviy tarkibini bilib analit massasini hisoblash mumkin.

**Gravimetriya** – bu nafaqat eng aniq balki eng murakkab ana-liz usulidir. Aynan gravimetriyadan T.U. Richards kimyoviy el-ementlarning atom massalarini hisoblashda foydalangan va 1914-yilda xizmatlari uchun Nobel mukofoti bilan taqdirlangan. Bu haqida batafsil uning cho'kmalarning ifloslanish sabablarini aniqlashga bag'ishlangan ishlaridan bilib olish mumkin<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. – 2009-y. 1-tom. – 434-bet.

**Qanday qilib gravimetrik analizni muvaffaqiyatli amalga oshirish mumkin?**

Gravimetrik analizni muvaffaqiyatli amalga oshirish bir qator muhim jarayonlarni o'tkazishga bog'liq, bular filtrlash va tortish uchun ishlab chiqilgan. Masalan, xlorid ionlarini aniqlashda ularni kumush xloridi ko'rinishida cho'ktirish yetarli emas, ularni namuna eritmasiga kumush nitrat eritmasini quyamiz va hosil bo'lgan cho'kmani filtrlab keyingi bosqichga o'tamiz.

Gravimetrik analizda yuqori aniqlikka erishish uchun tindirish va cho'kmaga ishlov berishga taalluqli barcha bosqichli jarayonlarini aniqlash talab etiladi.

O'rtacha namuna olishda modda maydalanadi va aralashtiriladi.

Namuna eritilgandan so'ng gravimetrik analizda quyidagi jarayonlarni bosqichma-bosqich amalga oshirish lozim:

- √ eritmani tayyorlash;
- √ cho'kmani tindirish;
- √ filtrlash;
- √ cho'kmani yuvish;
- √ quritish va qizdirish;
- √ o'lchash;
- √ analizlar hisobi.

***Eritmani tayyorlash bosqichi.*** Avval eritmani tayyorlaymiz. Gravimetrik analizning birinchi bosqichi — bu eritma namunasini cho'ktirishga va tindirishga tayyorlash. Bunda ba'zan xalqit beruvchi komponentlarni ajratib olish talab etiladi. Cho'kmani kam erishini ta'minlovchi sharoit yaratish zarur va uni filtrlash jarayoni uchun qulay shaklga keltirish lozim. Ba'zi hollarda xalqit berayotgan komponentni niqoblash kerak bo'ladi. Bunda inobatga olish zarur bo'lgan omillardan biri tindirish jarayonidagi eritma hajmi, aniqlanuvchi komponentning konsentratsiya diapazoni, boshqa komponentlarning mavjudligi, eritmaning harorati va pH muhiti.

Masalan, kalsiy oksalat ishqoriy muhitda umuman erimaydi, lekin pH past bo'lganda uning eruvchanligi ionlar oksalati-



ni protonlar bilan bog'langani sababli keskin ortadi, bu esa oksalat ionlarini protonlar bilan birikib kuchsiz kislota hosil bo'lishi hisobiga boradi. Yana bir misol:  $\text{Al}^{3+}$   $\text{pH} = 4$  bo'lgan sharoitda cho'ktirish mumkin, lekin  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari uchun cho'ktiruvchi anion konsentratsiyasi (8-oksixinolinat) uchun bu yetarli emas. Cho'ktirish uchun  $\text{pH}$  muhitini o'ngga 8-oksixinolinat dissotsiyasi muvozanatini siljitish natijaga erishiladi.

**Eritmani cho'ktirish bosqichi** eritmani tindirishga tayyorlagandan so'ng o'z-o'zi tindirishni o'tkazish zarur. Bunda aniq bir shartga rioya qilish kerak. Birinchi navbatda cho'kma eruvchanligi yetarli past bo'lishi uchun, ya'ni modda sarfi eruvchanlik hisobiga kichik bo'ladi deb hisoblaymiz. Cho'kma imkoni boricha yirik kristall holatda bo'lishi kerak, shunda u oson filtrlanadi. Undan tashqari, bu holda toza cho'kma hosil bo'ladi va cho'kmalar ixtiyoriy holda eritmadagi turli zarrachalarni qamrab oladi; lekin yirik kristallar ham ifloslanadi. Tindirish sharti muhimligini baholash uchun tindirish jarayonini to'liq ko'rib chiqamiz. Eritmaga tindirgichni (cho'ktirgichni) qo'shganda (masalan,  $\text{AgNO}_3$ ) tindirilayotgan modda eritmasiga (masalan, xloridlar),  $\text{AgCl}$  ni cho'kma hosil qilishi bir necha bosqichdan o'tadi.

*Cho'kma hosil qilishda geterogen munosabat o'rnatiladi, bu biroz vaqt talab etadi.*

Avval to'yinish holati bo'ladi, bundan eritma fazasi muvozanat sharoitiga qaraganda erigan moddalar miqdori ko'p. Bu holat metastabildir: harakatga keltiruvchi kuchi mavjud sistemani muvozanat holatiga keltirishga intiladi. Muvozanat holatiga o'tishda dastlabki cho'kma hosil qilish boshlanadi (nuklyatsiya). Cho'kma hosil bo'lishi uchun, erigan modda zarrachalarini minimal soni birga birlashishi mumkin va qattiq faza mikroskopik zarrachasini hosil qiladi. To'yish darajasi qancha yuqori bo'lsa dastlabki cho'kma hosil bo'lish tezligi katta bo'lib, nihoyat cho'kma zarrachasi ko'p hosil bo'ladi va ularning o'rtacha o'lchami esa kichik bo'ladi.

Bunda cho'kmaning umumiy yuza maydoni katta bo'ladi va adsorbsiyadan uni ifloslanish xavfi yuqori bo'ladi. Dastlabki

cho'kma hosil qilish jarayoni o'z-o'zidan bo'lib o'tishi mumkin. Lekin odatda u changlar ta'sirida yoki idish devorlaridagi tirnallishlar ta'sirida yuzaga chiqadi yoki kristall cho'kmaga maxsus tomizg'i qo'shish sababli hosil bo'ladi. Dastlabki cho'kmalar ularning yuzasida boshqa zarralarini tindirilishi natijasida o'sa boshlaydi, ular cho'kma tarkibiga kiradi. Natijada to'g'ri geometrik shakldagi kristallar hosil bo'ladi. Bu jarayon qanchalik tez o'tsa, uning to'yinish darajasi yuqori bo'ladi. Agar kristallar o'sishi tezligi juda katta bo'lsa, ular strukturasi nuqson hosil bo'lishi ortadi. Aralashmani qamrab olishni Fon Veymarn aniqladi, unga ko'ra cho'kma zarrachalarining o'rtacha o'lchami tinish jarayonida eritmani o'ta to'yishi nisbatiga teskari proporsionaldir, u quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = S \text{ nisbiy to'yingan,}$$

Bu yerda,  $Q$  — cho'ktirish boshlanguncha cho'kma hosil qiluvchi zarrachalar konsentratsiyasi; (bu kattalik eritmaning o'ta to'yinganlik darajasini aniqlaydi);

$S$  — muvozanat holatdagi cho'kma eruvchanligi.

Nisbatan to'yinish kattaligi Fon Veyrman tindirishi deyiladi.

Yuqorida aytilganlardan ma'lumki to'yinish holati metastabil-dir (o'zgaruvchan), to'yinish qanchalik yuqori bo'lsa, cho'kma hosil qiluvchi markaziy zarracha hosil bo'lish tezligi yuqori bo'ladi.

**Eslab qoling:** yuqori nisbiy to'yinishda — cho'kmaning mayda zarrachalari soni ko'p, yuza maydoni esa katta bo'ladi.

**Past nisbiy to'yinishda** — cho'kmaning kattaroq zarrachalarining soni kam, yuza maydoni kichik bo'ladi.

Ko'rinib turibdiki, tindirish jarayonida  $Q$  ning qiymati kichik qilib ushlab turiladi,  $S$  ning qiymati ko'paytiriladi. Shuning uchun tindirishning optimal sharoitini ushlab turishga imkon beruvchi usullarni qabul qilamiz. Bu usullarning barchasi to'yinishni kichraytiradi va cho'kmani yirik zarrachalarini olishga imkon beradi.

■ Tindirishni aralashgan eritmalarda o'tkazish kerak, bu esa  $Q$  qiymatini kichraytirishga imkon beradi.

■ Aralashtirilgan eritmani asta-sekin aralashtirib turib qo'shiladi. Bu Q ni qiymatini past darajada ushlab turishga va tindirgichni ortiqchasi hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladi.

■ Tindirishni qaynoq eritmadan o'tkazish kerak. Bunda S eruvchanligi ortadi. Shu vaqtda eruvchanlik uncha katta bo'lmasligi kerak, chunki bunda tinish jarayoni to'liq bo'lmasligi kuzatiladi. Ba'zan tindirishni asosiy massasini issiq eritmasidan tindiriladi, so'ngra tindirishni to'liq ta'minlash uchun eritmani sovutiladi.

■ Tindirishni pH ni past qiymatida o'tkazish kerak, bunda to'liq tinishga erishish oson bo'ladi. Nordon muhitda ko'pgina cho'kmalarning eruvchanligi ortadi, tinish tezligi esa pasayadi. Nordonlikda eruvchanlikni ortishi eritma tarkibidagi anionning cho'kmani protonlari bilan bog'lanishi sabablidir. Eritmalarni aralashtirishda aralashmalar konsentratsiyasi kamayadi, qizdirish jarayonida, eritmaning nordonlashishda aksincha ularning eruvchaligi ortadi, bunda tindirishning kichik tezligida cho'kma zarralari tomonidan aralashmalarni ushlab qolishi susayadi.

Undan tashqari kristallarning o'rtacha o'lchami ham ahamiyatga ega, agar kristallarning o'rtacha o'lchami katta bo'lsa, cho'kmaning yuza maydoni ham shunchalik kichik bo'ladi.

Eruvchanligi sust bo'lgan, ya'ni kam eriydigan cho'kmalarni gravimetriyada qo'llash qulay emas, chunki bu holda nisbiy to'yinish ancha katta bo'ladi.

Tindiruvchini ortiqcharoq qo'llash zarur, bunda cho'kmaning eruvchanligi pasayishi ion ta'siri hisobiga bo'ladi, bu esa tinishning to'liqligini ta'minlaydi, agar analitik miqdori taxminan ma'lum bo'lsa, odatda tindirgich 10% ortiqcha qo'shiladi. Tinishning to'liqligini ta'minlash kerak. Buning uchun eritmaga tinish imkoni beriladi, so'ngra shaffof eritmadagi cho'kma ustiga bir necha tomchi tindirgich tomiziladi. Agar boshqa cho'kma hosil bo'lmasa, tindirish to'liq hisoblanadi.

Cho'kmalarni eskirishi — bunda toza kristallar hosil bo'ladi va ular yiriklashadi.

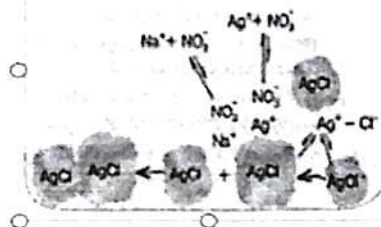
Ma'lumki, cho'kmaning juda kichik zarralari katta yuza maydoni ulushi bilan, yuqori yuza energiyasiga ega bo'lib, yirik kristallarga nisbatan eruvchanligi yuqoridir. Agar cho'kma asosiy eritma ostida qoldirilsa, u holda kichik kristallar erib, yiriklariga cho'kadi, yiriklari esa yanada o'sib boradi. Ushbu jarayon cho'kmalarni eskirishi yoki **Ostvald** etilishi deyiladi.

Bu usul aniq tarkibli birikma yoki elementar holda ajratilgan namunaning aniqlanadigan komponentining aniq massasini o'lchashga asoslangan. Gravimetrik analiz ikki usulga bo'linadi: haydash va cho'ktirish.

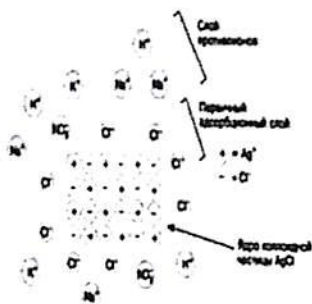
**Haydash usuli** — uchuvchan moddalarni qizdirgandan so'ng aniqlanadigan moddaning massasi kamayishini aniqlashga asoslangan. Bu usul bilan kristallizatsion suvni, karbonatlar tarkibidagi  $\text{CO}_2$  va b.q. miqdori aniqlanadi. Bu metod universal emas, chunki faqat yengil uchuvchan moddalarni aniqlash mumkin. Lekin, chegaralanganligiga qaramasdan bu usul o'z **kristallarining yetilishi** ahamiyatini yo'qotmagan, chunki organik birikmalar analizida hozirgi vaqtgacha aniq usullardan biri hisoblanadi.

Haydash usuliga asoslangan element organik analiz kontrol analizi sifatida xizmat qiladi va ularning bergan ma'lumotlariga qarab, moslamalar kalibrovkalanadi (sozlanadi masalan, xromatograflar va boshqalar tuzatgich koeffitsientlari hisoblanadi<sup>1</sup>).

**Cho'ktirish usuli** — tekshiriladigan moddaning tortimini (aniq massasini) olib, uni eritmaga, o'tkazib, cho'ktiruvchi ta'sirida cho'kmaga tushirib, cho'kmani filtrlab, quritib va tortishga asoslangan. Cho'kmaning massasi va formulasiga qarab aniqlanadigan element yoki modda miqdori hisoblanadi.



<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. — 2009-y. 1-tom. — 438-bet.



AgCl eritmasidagi kolloid zarrachalarining adsorbsion qatlamdagi mol miqdorda xlorid ionlari bo'lgan sharoitda ko'rinishi<sup>1</sup>.

Bunda kolloid zarrachalar o'lchami juda kichik 1–100 mkm ega bo'lishiga qaramay, kattagina yuza maydonni egallaydi. Yuzada AgCl zarralari  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlari bilan almashinib turadi,

shu sababdan yuzaning boshlang'ich zaryadi nolga teng.

Cho'ktiruvchi ta'sirida hosil bo'lgan cho'kma cho'kma holat deyiladi.

**To'liq va miqdoriy cho'ktirish uchun cho'kma holati quyidagi talablarga javob berishi kerak:**

√ Namunani to'liq cho'kishi uchun cho'kmaning eruvchanlik ko'paytmasi.

√  $EK < 10^{-8}$  oshmasligi kerak.

√ Cho'kma iloji boricha yirik kristall bo'lishi kerak, chunki ular qo'shimcha cho'kmalarni adsorbsiyalamaydi va yengil filtrlanadi.

√ Cho'kma holati tez va to'la tortma holatga o'tishi kerak, nisbatan yuqori bo'lmagan haroratda.

**Cho'kma qizdirib quritilgandan so'ng tortma holat hosil bo'ladi.**

**Tortma holat quyidagi talablarga javob berishi kerak:**

√ Tortma holat tarkibi kimyoviy formulasiga to'la mos kelishi lozim, chunki hamma hisoblashlar tortma holat formulasiga asoslangan.

√ Yetarli darajada kimyoviy barqaror bo'lishi kerak, ya'ni gigroskopik bo'lmashligi kerak, o'ziga gazlarni yutmasligi kerak va h.k.

√ Aniqlanadigan elementning miqdori cho'kma holatda ham, tortma holatda ham mumkin qadar kam bo'lishi kerak, chunki bunda anqlash xatolari analizning oxirgi natijasiga kam ta'sir etadi, aniqlanadigan elementning yo'qolishi ham kam bo'ladi.

<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. — 2009-y. 1-tom. — 439-bet.

Ushbu talablarni bajarish uchun esa cho'ktiruvchini to'g'ri tanlanishi kerak.

**Cho'ktiruvchini tanlashda qo'shimcha yana quyidagilarni hisobga olish kerak:**

– cho'ktiruvchi yengil uchuvchan bo'lishi kerak, chunki uning miqdori ortiqcha;

– qizdirish vaqtida uchib ketadi va qo'shimcha massa bermaydi;

– cho'ktiruvchi spetsifik bo'lishi kerak, ya'ni faqat aniqlanadigan ionni cho'ktirishi kerak.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, cho'kma iloji boricha yirik kristall bo'lishi kerak. Buning uchun esa ma'lum sharoitlar yaratishga to'g'ri keladi.

### 13.3. Tindirish jarayoni

Eritma tindirishga tayorlanganidan so'ng o'zini-o'zi tindirishni o'tkazish zarur. Bunda aniq bir ma'lum shartga rioya qilish kerak. Birinchi navbatda cho'kma eruvchanligi yetarli past bo'lishi, ya'ni modda sarfi eruvchanlik hisobiga kichik bo'ladi deb hisoblaymiz. Cho'kma imkoni boricha yirik kristall bo'lishi kerak, shunda u oson filtrlanadi. Unda tashqari bu holda cho'kma toza hosil bo'ladi: cho'kmalar ixtiyoriy holda eritmada-gi turli zarrachalarni qamrab oladi, lekin yirik kristallar kam ifloslanadi.

Tindirish shartining muhimligini baholash uchun tindirish jarayonini to'liq ko'rib chiqamiz. Eritmaga tindirgichni (cho'ktirgichni) qo'shganda (masalan,  $\text{AgNO}_3$  tindirilayotgan modda eritmasiga (masalan, xloridlar),  $\text{AgCl}$  ni cho'kma hosil qilishi bir nechta bosqichdan o'tadi. Avval to'yinish holati bo'ladi, bunda eritma fazasi muvozanat sharoitiga qaraganda erigan moddalar miqdori ko'p. Bu holat metastabildir: harakatga keltiruvchi kuchi mavjud, sistemani muvozanat holatiga keltirishga intiladi. Muvozanat holatiga o'tishda murtak hosil qilish boshlanadi. (nuxmatsiya) cho'kmaning murtagi hosil bo'lishi uchun erigan modda zarrachalarining minimal soni birga birlashishi mum-

kin va qattiq faza mikroskopik zarrachasini hosil qiladi. To'yish zarrachasi qancha yuqori bo'lsa murtak hosil bo'lish tezligi katta bo'lib, oxirida cho'kma zarracha ko'p hosil bo'ladi va uning o'rtacha o'lchami kichik bo'ladi.

Gravimetrik analizda «eritma-sho'kma» muvozanatini quyidagi chizmada ko'rish mumkin.  $BaSO_4$  eritmasini  $Ba^{2+}$  ionlarini mol miqdordagi konsentratsiyasi eruvchanligiga bog'liqlik grafigi.

#### 13.4. Kristall cho'kmalarning hosil bo'lish sharoitlari

Biz yirik kristall cho'kma hosil bo'lishi uchun sharoit yaratishimiz kerak. Buning uchun esa boshlang'ich kristallarning sonini kamaytirish, ya'ni cho'ktiriladigan moddaning konsentratsiyasi kamayishi va eruvchanlikni oshirish yo'li bilan o'ta to'yinishning oldini olish kerak.

*Cho'ktirish vaqtida eritma mumkin qadar kamroq o'ta to'yingan bo'lishi uchun.*

*Avvalo: Cho'ktirishni suyultirilgan eritmalarda olib borish kerak (cho'ktiruvchining ham suyultirigan eritmasini qo'shish bilan).*

☐ Cho'ktiruvchini sekin tomchilatib qo'shish kerak (ayniqsa, cho'kishning boshlanishida).

☐ Cho'ktiruvchi qo'shilganda eritmaning cho'ktiruvchi qo'shilayotgan qismi o'ta to'yinib ketmasligi uchun eritmani doimo shisha tayoqcha bilan aralashtirib turish kerak.

☐ Cho'ktirish issiq eritmalarda olib borilishi kerak (cho'ktiruvchining ham issiq eritmasi bilan cho'ktirish kerak).

☐ Cho'ktirish eruvchanlikni oshiruvchi moddalar ishtirokida olib borilishi kerak (suyultirilgan kislotalar).

☐ Sekin sovishi va cho'kmaning yetilishi uchun cho'kmani kamida 3 soatdan keyin filtrlash kerak.

Ba'zi bir hollarda o'z tabiatiga qarab amorf cho'kmalar hosil bo'ladi. Ular kolloid eritmalarning koagullanishi natijasida hosil bo'ladi. Shuning uchun ularning koagullanishi uchun sharoitlar yaratish kerak.

### 13.5. Amorf cho'kmalarning hosil bo'lish sharoitlari

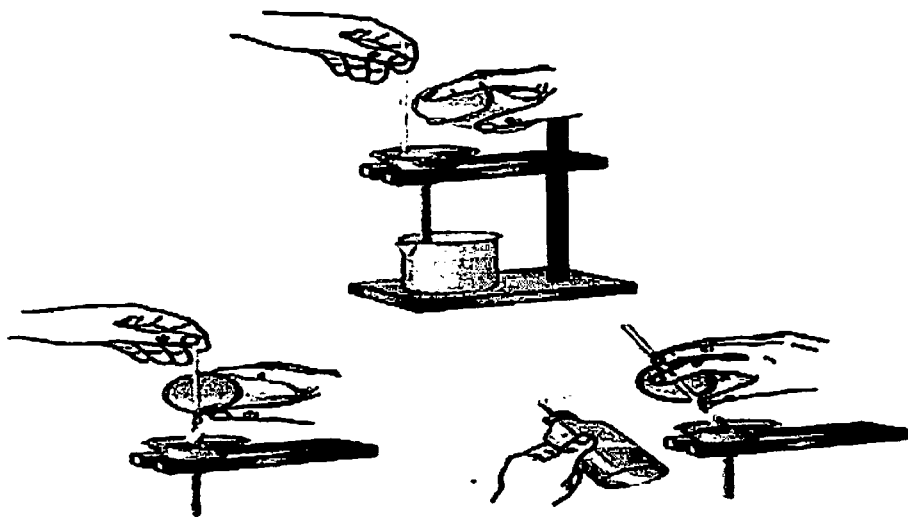
► *Adsorbsiyaning oldini olish maqsadida, cho'ktirishni issiq eritmalarida olib borish kerak.*

► *Cho'ktirishni elektrolit – koagulyant ishtirokida olib borish kerak, ular esa kolloid zarrachalarning zaryadini neytrallab, ularning koagulyatsiyasiga, ya'ni zarrachalarning yopishishiga olib keladi.*

► *Cho'ktirish jarayonini tezlashtirish va adsorbsiyaning oldini olish maqsadida cho'ktirishni konsentrlangan eritmalarida olib borish kerak.*

► *Adsorbsiyaning oldini olish maqsadida shu zahotiyuq, issiq holda filtrlash kerak.*

Cho'kmani filtrga o'tkazish texnikasi



Cho'kmalarning hosil bo'lishida *birgalashib cho'kish* hodisasi, ya'ni cho'kmaning begona qo'shimchalar bilan ifloslanishi sodir bo'ladi.

Birgalashib cho'kishning ikki turi mavjud:

- **Adsorbsiya** – amorf cho'kmalarda hosil bo'ladi.
- **Okklyuziya** – kristall cho'kmalarda sodir bo'ladi.



**Adsorbsiya** – bu cho‘kmaning mayda dispers zarrachalarini sirtqi yutilishidir. Bu jarayon termodinamik, ya‘ni harorat ko‘tarilishi bilan zarrachalarning harakat tezligi ortadi va ularni adsorbsiyalash qiyin bo‘ladi. Filtrlash vaqtida harorat pasayib ketmasligi uchun ichiga filtr va cho‘kma solingan voronka o‘rnatilgan maxsus isitkichlar qo‘llaniladi. Agar adsorbsiya sodir bo‘lgan bo‘lsa, filtr ustidagi cho‘kmani cho‘ktiruvchini issiq suyultirilgan eritmasi bilan yuvish kerak.

**Okklyuziya** – bu begona qo‘shimchalarning cho‘kma kristallari ichiga yutilishidir. Kristallar bir tekis o‘smasligi sababli kristallarda g‘ovak, bo‘shliqlar hosil bo‘ladi va ular begona qo‘shimchalar bilan to‘ladi, bundan tashqari, mayda zarrachalar yopishadi.

Bu hodisalar cho‘kma massasining ortishiga olib keladi va aniqlash xatoligini ko‘paytiradi shuning uchun ular bilan kurashish kerak.

Cho‘ktiruvchi sifatida noorganik cho‘ktiruvchilar bilan bir qatorda organik cho‘ktiruvchilar ham keng qo‘llanadi va ular bir qator afzalliklarga ega:

- ular yuvilganda erimaydigan, kam eruvchan cho‘kmalar hosil qiladilar;
- birgalashib cho‘kish juda oz darajada sodir bo‘ladi;
- organik cho‘ktiruvchining molekulyar og‘irligi katta bo‘lgani uchun;
- aniqlanayotgan elementning cho‘kmadagi miqdori ancha kam bo‘ladi;
- organik reaktivlar ta‘sir ettirilganda hosil bo‘ladigan mahsulotlar ko‘pincha, to‘q rangli bo‘ladi.

Bu esa tegishli ionlarning konsentratsiyalari eritmada nihoyatda kam bo‘lgan vaqtda ham ularning kolorimetrik metod bilan aniqlashga imkon beradi. Sifat analizida organik reagentlar kabi organik cho‘ktiruvchilarning kamchiligi ularning qimmatbaho va kamyobligida.

Yuqorida aytib o‘tganimizdek, gravimetrik analiz ko‘p vaqt talab qiladi. Lekin o‘zining aniqligi yuqoriligi va universalligidan

o'zining ahamiyatini yo'qotmagan. Bu usul asosan yuqori aniqlikka ega natijalar kerak bo'lganda qo'llaniladi. Lekin uning asosiy ahamiyati — bu nazorat analiz, chunki uning natijalari bo'yicha tuzatgich koeffitsientlari keltirib chiqariladi va bo'yicha analitik moslamalar sozlanadi, byuretka sonlarini to'g'ri ko'rish va titrlashni to'g'ri bajarish.

### **13.6. Tarozilar va ulardan foydalanish qoidalari**

Tarozilar analitik kimyoda ishlatiladigan asosiy asboblardan biri hisoblanadi. Analiz qaysi usul bilan bajarilmasin uning natijasi tekshirilayotgan moddaning ma'lum miqdoriga keltirilishi, masalan, uning og'irligiga nisbatan foizlarda ifodalanishi kerak. Shuning uchun analizni boshlashdan oldin moddani tekshirish uchun kerakli miqdori tarozida tortib olinadi.

Miqdoriy analizning gravimetrik (tortish) analizda olib borilayotgan tajribalarda texnik va analitik tarozilardan foydalaniladi.

#### ***Tarozlar 2 xil bo'ladi:***

1. Texnik kimyoviy.
2. Analitik kimyoviy.

**Texnik kimyoviy tarozilar** 500 gr — 0,01 gr gacha bo'lgan moddalarni o'lchash (tortish) qobiliyatiga ega. Namuna dastlab texnik kimyoviy tarozilarda tortiladi. Texnik kimyoviy tarozilar namunaning taxminiy massasini o'lchab beradi.

**Analitik kimyoviy tarozilar** 200 gr — 0,00001 gr gacha bo'lgan moddalarni o'lchaydi. Analitik kimyoviy tarozilar namunaning aniq massasini aniqlab beradi. Analitika laboratoriyalarida eng ko'p qo'llaniladigan ADB-200 markali demfirli tarozi hisoblanadi.

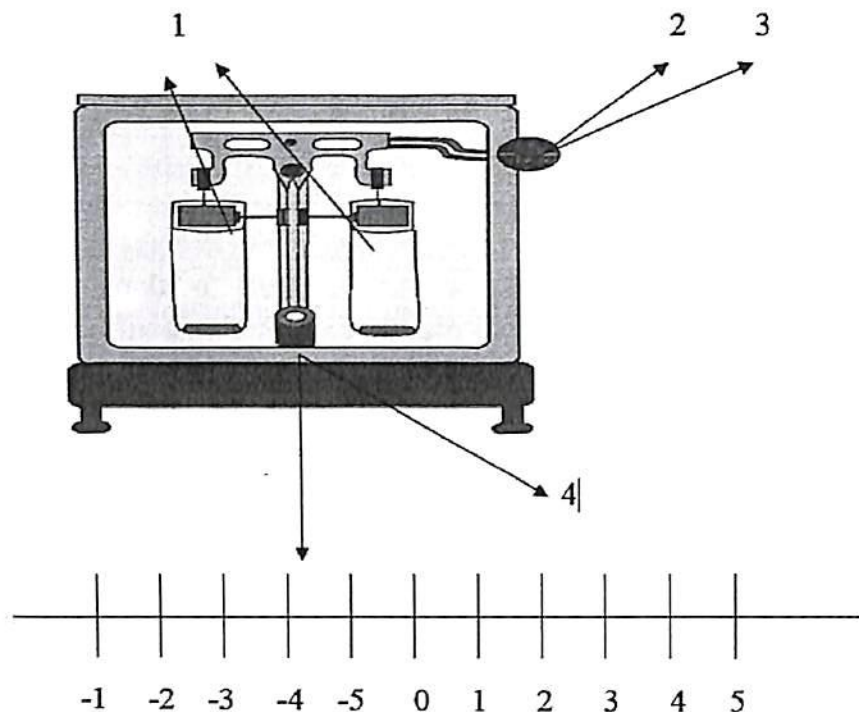
#### **ADB-200 markali demfirli analitik tarozisi**

**1-demfir** — tarozi pallalarini tebranishdan to'xtatish uchun xizmat qiladi.

**2-tashqi disk** — 100 milligrammdan 900 milligrammgacha og'irlikdagi halqalar joylashgan.

**3-ichki disk** – 10 milligrammdan 90 milligrammgacha og'irlikdagi halqalar joylashgan.

**4-veytograf** – butun sondan keyingi 1000/1, 10 000/1 ulush qiymatlar olinadi.

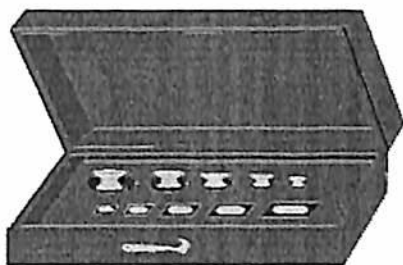


### Tarozi toshlari

Analitik tarozi toshlari maxsus qutichaga solib qo'yiladi. Qutichada 50, 20, 10, 5, 2, 1g massali tarozi toshlari bilan bir qatorda 10 mg dan 990 mg gacha bo'lgan mayda toshchalar ham bo'ladi.

**ADB-200 demfirli tarozisida ishlash tartibi.** Kimyo laboratoriyasida **ADB-200** demfirli tarozi ishlatiladi. Bu xil tarozilar tuzilishining eng asosiy xususiyati shundan iboratki, ularda tarozi strelkasining tebranishini tez to'xtatuvchi havoli tinchlantirgich (demfir)lar bo'ladi.

Demfirilar alyuminiydan yasalgan ichi kovak silindrlar bo'lib, usti qopqoq bilan yopilgan, past tomoni esa ochiq bo'ladi. Bu silindrlar ilmoqlar yordamida osib qo'yiladi va tarozi pallalarining tepasida turadi.



Shayinning o'ng tomonidagi halqaga shayinga perpendikulyar qilib gorizontal planka o'rnatilgan. Og'irligi 10 mg dan 990 mg gacha bo'lgan halqa shakldagi mayda toshlari bu planka ustiga ilib qo'yiladi. Mayda toshlari planka ustiga tarozi shkafining o'ng tomoni tashqarisiga o'rnatilgan diskli dastani burab osiladi. Diskli dasta har ikki tomonga buraladigan ikkita diskdan iborat bo'lib, bu disklarga raqamlar yozilgan bo'ladi. Tashqi diskni burash bilan plankaga 100, 200, 300, ... 900 mg toshlarni osib qo'yish mumkin. Xuddi shu yo'l bilan kichik diskni burab 10, 20, 30, ... 90 mg li toshlari qo'yiladi, ya'ni tarozining o'ng pallasiga grammning yuzdan bir ulushi qo'yiladi.

### ADB-200 demfirli tarozi

Analitik elektron tarozilarinig zamonaviy ko'rinishlariga misollar



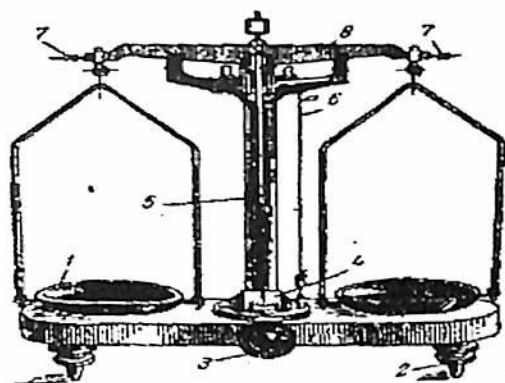
### ***Tarozi o'rnatish qoidalarini***

1. Tarozi o'rnatiladigan joy katta yo'ldan (tramvay yo'lidan) kamida 100 m uzoqlikda bo'lishi kerak.
2. Tarozi og'ir metall list ustiga o'rnatiladi. Bunda mazsus tarozi joylashtiriladigan stol ustidagi maxsus joylarga avval namat so'ngra namat ustiga metall list yoki marmar plita joylashtirilib tarozi o'rnatiladi.
3. Tarozi o'rnatilgan stol atrofida isituvchi va sovituvchi moslamalar bo'lmasligi kerak.
4. Namunaning tortimi olinayotgan vaqtda tarozi eshiklari va derazalari yopiq holatda bo'lishi kerak.



### ***Tarozida tortish texnikasi***

1. Dastavval tarozi muvozanatini 0 ga keltirib olish lozim.
2. Tarozidan foydalanishdan oldin hamma vaqt uning gorizontal holatda turganligini tekshirish kerak.
3. Tortilayotgan modda avval texnik kimyoviy tarozida taxminiy o'lchamga keltirilib, keyin analitik kimyoviy tarozida tortiladi.
4. Tarozi toshlaridan foydalanishdan avval uning butunligiga va massasiga e'tibor berish kerak.
5. Tarozining toshlaridan foydalanishda qo'l bilan ushlab olinishi mumkin emas, maxsus ushlagich (pinset) yordamida ushlab olinishi zarur.

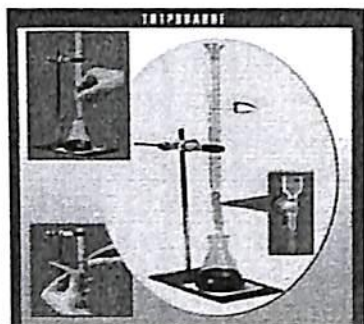


*Texnik kimyoviy tarozisi*

**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Analitik kimyodagi miqdoriy tahlil qilish obyektlari.
2. Miqdoriy analiz asoslari va uning qo'llanishi.
3. Miqdoriy analiz usullarining sinflanishi va ularni qo'llanish sohalari.
4. Analiz (tahlil) qilish usullariga qo'yiladigan talablar.
5. Analiz usullarining tavsifi.
6. Xatolar nazariyasi.
7. Xato turlari va ularni yo'qotish yo'llari.
8. Tahlil qilish jarayonida qo'llanadigan kimyoviy o'zgarishlar.
9. Xatolarni ifodalash usullari.
10. Okklyuziya hodisasi.
11. Adsorbsiya hodisasi.
12. Gravimetrik tahlil usullari.
13. Gravimetrik tahlil usullarining bosqichlari.
14. Xatolarni ifodalash usullari.
15. Gravimetrik tahlil usullarining afzallik va kamchiliklari.
16. Miqdoriy tahlil qilishdagi asosiy talab qilinadigan holatlar.

## 14-bob. TITRIMETRIK ANALIZ ASOSLARI VA USULLARI KONSENTRATSIYA TURLARI. TITRIMETRIK ANALIZDA HISOBLASHLAR



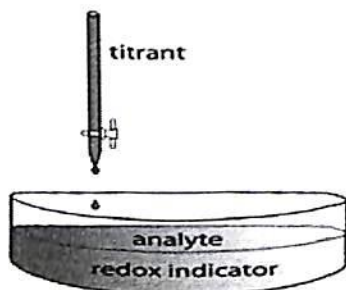
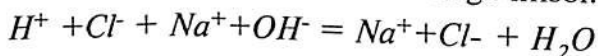
Miqdoriy tahlilning kislota asosli titrlash usulining asosida kislotalarning ekvivalent miqdorda asoslar bilan reaksiyasi yotadi. Titrlash egri chizig'i grafigini chizishda eritma pH titrantning hajmiga nisbatidan titrlashning so'nggi nuqtasini aniqlash qiyin emas.

**Titrant bu** – har doim kuchli kislota yoki kuchli asosning eritmasidan

iboratdir.

**Analit** – sifatida esa kuchli kislota yoki kuchsiz asosdan foydalanish mumkin.

Kuchli kislotalarni kuchli asos bilan titrlashda titrant ham analit ham butunlay ion holatga o'tadi. Bunga misol:



$H^+$  va  $OH^-$  ionlari suv hosil qiladi, qolgan ionlar esa reaksiyada ishtirok etmaydi.

Gravimetrik analiz aniqligi yuqori bo'lgan usuldir, lekin juda ko'p vaqt talab etadi. Analizni bunday sekin bajarilishi amaliy ish talablariga ko'pincha javob bermaydi. Biron texnologik jarayonni kimyoviy nazorat qilishda analiz natijasini o'z vaqtida olish kerak, bu esa o'z navbatida yaxshi sifatli mahsulot ishlab chiqarishga imkon beradi. Aksincha juda e'tibor bilan ishlangan analiz natijasi ham, agar u o'z vaqtida olinmasa, mutlaqo befoyda bo'ladi. Titrimetrik analizda aniqlashlar tezligini cho'ktirish, cho'kmani yetiltirish, filtrlash, doimiy og'irlikkacha qizdirish va tortish jarayonlari

yoʻqligi hisobiga ancha yuqori. Titrimetrik analizda ushbu jarayonlar oʻrniga reaksiyaga ketgan reagent hajmini byuretkada yordamida oʻlchashning oʻzi yetarli. Bu usulda konsentratsiya aniq eritmani (titrlangan eritma) byuretkaga solib, konussimon kolbaga solingan aniq hajmli tekshiriladigan eritma ustiga tomchilab qoʻshiladi va yaxshilab aralashtiriladi. Tashqi oʻzgarishlar (rang oʻzgarishi, yoʻqolishi yoki paydo boʻlishi) tufayli reaksiyaga sarflangan ekvivalent hajm aniqlanadi. Ushbu jarayon titrlash deyiladi. Sarf boʻlgan eritmaning hajmini uni titriga (1 ml eritmadagi moddaning grammlar miqdori) koʻpaytirilib, reaksiyaga sarflangan moddaning gramm miqdori aniqlanadi va reaksiya tenglamasi boʻyicha aniqlanadigan moddaning miqdorini hisoblash mumkin.

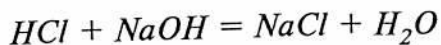
Analitik tarozida tortish byuretkada hajm oʻlchashga nisbatan aniqroq boʻlgani uchun tortma analiz hajmiy analizga nisbatan aniqroq boʻladi. Lekin toʻgʻri ishlansa bu farq shunchalik oz boʻladiki, koʻpincha uni nazarga olmaslik ham mumkin. Lekin titrlashga asos boʻladigan har qanday reaksiya bir qator talablarga javob berishi kerak.

#### 14.1. Titrimetrik tahlilda qoʻllaniladigan reaksiyalarga qoʻyiladigan talablar

Titrimetrik analizda qoʻllaniladigan reaksiyalarga quyidagi talablar qoʻyiladi:

- Ekvivalent hajmi (titrlashga sarflangan eritmani hajmi) aniqlash imkoniyati boʻlishi kerak. Baʼzi bir hollarda ekvivalent nuqta deyiladi.

√ indikator yordamida:

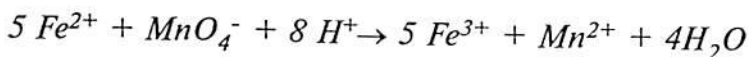


bu reaksiyada rangsiz indikator fenolftalein (f/f) ekvivalent nuqta-da och pushti rangga kiradi.





√ indikatorsiz:



Ekvivalent nuqtagacha margansovkani rangli eritmasi eritma-ga tushgach, rangsiz  $\text{Mn}^{2+}$  gacha qaytariladi, ekvivalent nuqta-da esa margansovkani ortiqcha miqdori och pushti rang beradi.

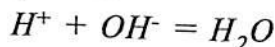
- *Reaksiya tezligi yetarli darajada yuqori bo'lishi kerak.*
- *Titrlash vaqtida qo'shimcha reaksiyalar sodir bo'lmasligi kerak.*

## 14.2. Titrlash usullarining sinflanishi



• *Kimyoviy reaksiya xarakteriga qarab sinflanishi:*

▣ kislota-asosli titrlash usuli (neytrallash). Usul asosida neytrallash reaksiyasi yotadi:



▣ oksidlanish-qaytarilish titrlash usuli (redoksimetriya). Usul asosida

oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi yotadi:

– permanganometriya –  $\text{KMnO}_4$  bilan oksidlanish reaksiyasi;  
– yodometriya –  $\text{J}_2$  molekulasi yoki  $\text{J}^-$  ionlari bilan oksidlanish yoki qaytarilish reaksiyasi;

– bixromatometriya –  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  bilan oksidlanish;

– bromatometriya –  $\text{KBrO}_3$  bilan oksidlanish va h.k.

▣ cho'ktirish usuli.

$\text{X}^- + \text{Aq}^+ = \text{AqX}\downarrow$  – argentometriya usuli.

Bu yerda:  $\text{X}^-$  – galogenid ion ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ )

$2\text{X}^- + \text{Hg}_2^{2+} = \text{Hg}_2\text{X}_2\downarrow$  – merkurometriya usuli

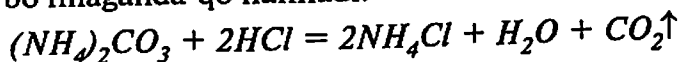
kompleks hosil qilish yoki kompleksometriya usuli.

• *Titrlash usuli bo'yicha sinflanishi:*

▣ to'g'ri titrlash usuli.

Aniqlanayotgan ion reagent eritmasi bilan titrlanadi yoki aksincha.

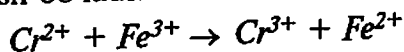
■ teskari titrlash usuli (qoldiq bo'yicha titrlash) va bu usul reaksiya sekin borganligi tufayli ekvivalent nuqtani aniqlash imkoniyati bo'lmaganda qo'llaniladi:



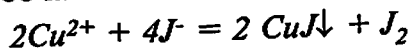
Reaksiya sekin boradi, shuning uchun HCl ni ortiqcha miqdorini qo'shib qizdiriladi va reaksiya oxirida qolgan HCl ni NaOH yoki KOH ishqor eritmasi bilan titrlanadi. Necha ml HCl quyilganini va reaksiyadan keyin qancha qolganligini bilgan holda ularning ayirmasidan reaksiyaga sarflangan hajm va  $(NH_4)_2CO_3$  ni miqdori aniqlanadi.

■ o'rin olish usuli

Bu usul ham ochiq to'g'ri titrlash imkoniyati bo'lmaganda yoki ekvivalent nuqtani aniqlash mumkin bo'lmaganda qo'llaniladi. Masalan, havo kislorodi bilan ham  $Cr^{3+}$  gacha oksidlanuvchi  $Cr^{2+}$  ni miqdorini aniqlash kerak. Bu holda  $Cr^{2+}$  eritmasi ustiga  $Fe^{3+}$  eritmasi qo'shiladi. Reaksiya natijasida  $Cr^{2+}$  ga ekvivalent miqdorda  $Fe^{2+}$  hosil bo'ladi.



Hosil bo'lgan  $Fe^{2+}$  ni permanganat eritmasi bilan titrlab,  $Cr^{2+}$  ni miqdori aniqlanadi yoki  $Cu^{2+}$  mis ionlarini yodometrik usul bilan aniqlashda KJ qo'shiladi. Reaksiya natijasida ekvivalent miqdorda  $J_2$  hosil bo'ladi:



Hosil bo'lgan  $J_2$  natriy tiosulfat bilan titrlanadi. Har xil reaksiyalar va har xil titrlash usullarini qo'llab deyarli hamma moddalarni aniqlash mumkin.

### 14.3. Eritmalarning konsentratsiyasini ifodalash usullari

**Konsentratsiya (Concentration)** — lotin tilidan olingan bo'lib, **miqdor** ma'nosini beradi. Hamma vaqt barcha konsentratsiyalar C — harfi bilan belgilanadi (lotincha nomining bosh harfi). **Eritma yoki erituvchining ma'lum og'irlik miqdori yoki hajmidagi erigan modda miqdori konsentratsiya deyiladi.**

Yuqori konsentratsiyali eritma *konsentrlangan eritma* deb, past konsentratsiyali eritma esa *suyultirilgan eritma* deb ataladi.

Eritma konsentratsiyasini ifodalashning bir necha xil ifodasi bor.

▣ **Molyar konsentratsiya** – bir litr eritmada erigan moddaning gramm-mol miqdori va u «M» harfi bilan belgilanadi.

▣ **Normal konsentratsiya** – bir litr eritmada erigan moddaning gramm-ekivalent miqdori va «N» harfi bilan belgilanadi.

▣ **Foiz konsentratsiya** – 100 ml eritmada erigan moddaning gramm miqdori va % deb belgilanadi.

▣ **Titir konsentratsiya** – 1 ml eritmada erigan moddaning gramm miqdori va «T» harfi bilan belgilanadi.

Kam holatlarda molyal konsentratsiya qo'llaniladi.

▣ **Molyal konsentratsiya** – 1 litr erituvchida erigan moddaning gramm-mol miqdoridir.

Ba'zi bir hollarda konsentratsiya mg/ml, mkg/ml va h.k. ifodalanadi. Hisoblashlar asosan quyidagi tenglama bo'yicha olib boriladi:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

bu yerda:  $N_1$  va  $V_1$  – reaksiyaga kirishuvchi moddalardan birining hajmi va normal konsentratsiyasi;

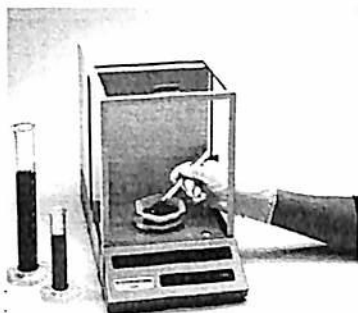
$N_2$  va  $V_2$  – ikkinchi moddaning hajmi va konsentratsiyasi.

Ushbu formuladan har qanday moddaning normal konsentratsiyasini hisoblash mumkin. Bu formula titrimetrik analizda qo'llaniladigan barcha hisoblash formulalarini keltirib chiqarish uchun asos bo'ladi.

### **Asosiy jihozlar va asbob-uskunalar**

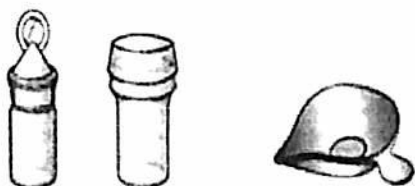
Analitik kimyoda ba'zi oddiy va arzon hamda murakkab va qimmat jihozlar, asbob-uskunalar ham ishlatiladi. Massa o'lcham va hajmni o'lchashda ishlatiladigan asbob-uskunalar haqida aniq ma'lumotga ega bo'lishimiz lozim. O'lchash ishlarini olib borish uchun mos keluvchi jihozlar va asbob-uskunalaridan foydalaniladi.

Namunaning massasi turlicha usullarda o'lanadi. Namlikka chidamli, ya'ni gigroskopik bo'lmagan tortiladigan material toza va quruq idishda saqlanadi. Bu idishning massasi tara deyiladi. Idishning massasi o'zgarmas massaga ega bo'lishi shart. Havodagi namlikni yutuvchi namunani tarozida tortish boshqacha usulda amalga oshiriladi. Buning uchun namuna massasi aniq bo'lgan idishga joylanadi va idish bilan birgalikda tortiladi. Namina boshqa idishga o'tkazib olingandan keyin bo'sh idish yana tarozida tortiladi va birgalikdagi massadan ayirib hisoblanadi. Shunday qilib namunaning aniq massasi o'lanadi.



#### Namunani o'lchash uchun byuklar

Analitik o'lchashlar shunchalik aniqki, hatto barmoq izlarining massasini ham o'lchash mumkin. Demak, barmoq izlari ham namunaning massasini aniqlashga xalal beradi. Shuning uchun namunani qo'l bilan ushlamaslik kerak. Namuna maxsus materiallar va qisqichlar bilan ushlanadi. Tez bug'lanib, massasi o'zgarib qoladigan suyuqliklar, qopqog'i germetik berkiladigan idishlarda saqlanadi va o'lanadi. Mufel pechida quritilgan namunalar keyinchalik ham havodagi namlikni tortib (yutib) olmasligi uchun, ular quritish shkaflarida saqlanadi. Suyuqliklar hajmini aniq o'lchash uchun ma'lum hajmga ega bo'lgan va kalibrovkalangan shisha o'lchov idishlaridan foydalanadi.



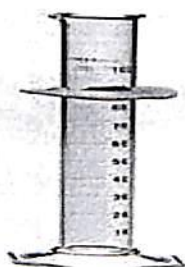
#### 14.4. Hajmiy o'lchov idishlari

Kimyogar analitiklar eritma, suyuqliklarning hajmini o'lchashda ko'pgina shisha idishlardan foydalanadi. Ulardan

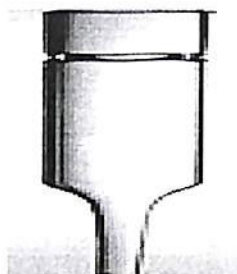
ba'zilarining rasmlari keltirilgan. Asosiy e'tibor foydalaniladigan o'lchov idishlarining aniqlik darajasiga qaratiladi. Menzurka (a), silindr (b) va mikropipetka (c)lar hajmni taxminiy o'lchash uchun ishlatiladi. Bunda bir necha foizgacha xatolik kuzatiladi. O'lchov idishlari (d) va pipetka (e)lar aniq o'lchov idishlari hisoblanadi. O'lchov idishlari 20°C temperaturada kalibrovkalanadi va belgilangan hajm 0,03–0,2% gacha xatolik bilan o'lchanadi. 100 ml li o'lchov idishlari 0,01 ml, katta hajmga ega bo'lgan o'lchov idishlari esa 0,1 ml gacha aniqlik bilan o'lchashga yordam beradi<sup>1</sup>.



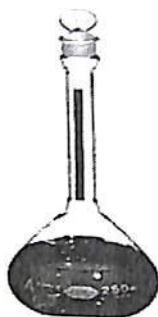
a) menzurka



b) silindr



c) mikropipetka



d) o'lchov idishi

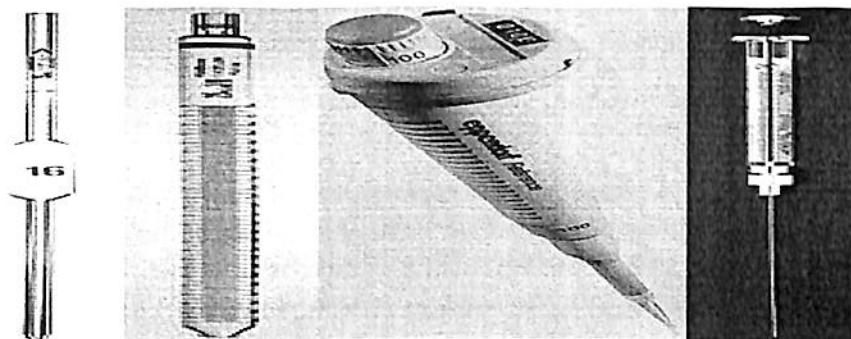


d) pipetka

Pipetka eritmaning hajmini aniq o'lchash uchun ishlatiladi. Pipetkaga eritmani tortib olish uchun rezina riyoz (grusha)dan

<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. – 2009-y. 1-tom. – 50–58-bet.

foydalaniladi (Hech vaqtda pipetkani suyuqlik bilan og'iz orqali tortib to'ldirmang).



Shprisli pipetkalar

Rezina riyoz bilan suyuqlik pipetkaning o'lcov belgisidan ortiqroq miqdorda tortib olinadi va pipetkadan rezina piyoz ajratib olingandan so'ng pipetkaning yuqori teshigi ko'rsatkich barmoq bilan berkitib turib, suyuqlik belgisigacha keltirib olinadi.

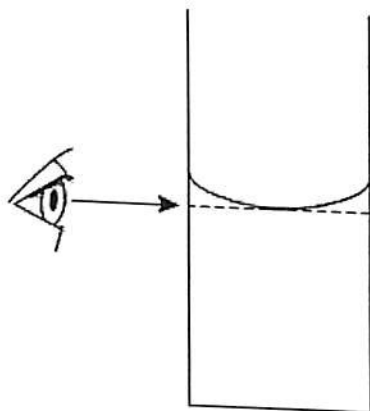
Pipetkaning devorida va uchida qolgan suyuqlik tomchilarini majburan tushirish yaramaydi. Raqamli pipetka va sirinkslar yordamida hajmni mikrolitrlargacha bo'lgan kichik qismlarda o'lchash mumkin. Aniq o'lchov idishlaridan foydalanganda uchta muhim holatga e'tibor qaratishimiz shart.

Birinchidan, pipetka yoki o'lchov idishi toza bo'lishi kerak. Idishning ichki devori iflos yoki yog' bilan qoplangan bo'lsa, suyuqlikning bir tekis chiqib ketishiga qarshilik qiladi. Suyuqlik tomchilari kir va moy devorlarga yopishib qoladi. Bu holat o'lchanishi lozim bo'ladigan suyuqlikning hajmi kalibrovkalan-gan hajmga ko'ra kam bo'lib qoladi. Ikkinchidan, pipetka yoki o'lchov kolbasi belgisigacha suyuqlik bilan aniq to'ldirilishi-ga e'tibor qaratish kerak. Suyuqlikning ustki qismi shisha idish-ning belgisiga tegib turishi kerak. Ko'zimiz bilan kalibrovka chizig'i parallel (gorizontal) holatda bo'lishi zarur (rasmga qa-rang) va uchinchidan, pipetka yoki o'lchov kolbani to'ldirilishi

lozim bo'lgan suyuqlikning kam miqdori bilan uch marta chayib tashlash zarur. Bu holat oldin solingan har qanday suyuqlikning idishdan chiqib ketishini ta'minlaydi.

Tasavvur qiling, sizdan ichimlik suvini tahlil etish talab etilgan. Siz bu muammoni qanday hal qilgan bo'lar edingiz?

Bu savolga javob berish uchun to'rtta analitik metodologiya: metodlar; denaturant – doza-ning ortib ketishi; protseduralar va bayonlar. Aniqlanuvchini o'rganish uchun qo'llaniluvchi har qanday kimyoviy yoki fizikaviy jarayon – *ishni bajarish texnikasi* deyiladi.



Agar ko'zimiz belgidan yuqorida bo'lsa, u holda pipetka yoki o'lchov kolbasidagi suyuqlik ortiqcha bo'ladi. Ko'zimiz belgidan pastda bo'lsa, pipetka yoki o'lchov kolbasidagi suyuqlik kam miqdorda bo'ladi.

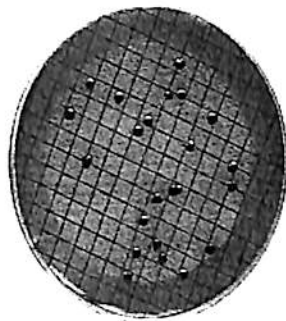
Kimyogar analitik fanga oid bo'lgan ma'lum terminologiya asosida mulohaza yuritadi. Uning fikrini to'liq va aniq tushunish uchun siz analitik terminologiyani bilishingiz lozim. Balki siz «aniqlik», «aniqlash» kabi analitik so'zlar bilar tanishdirsiz, ammo bu so'zlarning analitik mohi-

yatini bilmasligingiz mumkin. Bu bobda siz kimyogar analitiklar ishlatadigan ko'pgina terminlar bilan tanishasiz. Ularni o'qish va tushunishni oson bilib olasiz. Boshqa so'zlar, masalan, «titrlash», «standartlash» kabi so'zlar sizga tanish bo'lmasligi ham mumkin.

#### 14.5. Analiz (tahlil) qilish, aniqlash va o'lchash

Avvalo «analiz», «aniqlash» va «o'lchash» so'zlarining o'zaro farqini aniqlab olaylik. Analiz namunani kimyoviy va fizikaviy jihatdan o'rganishdir. Namunani analiz qilganimizda biz identifikatsiya qilamiz, konsentratsiyasi va xossalarini aniqlaymiz. Bu jarayonni amalga oshirish uchun bir yoki bir necha kimyoviy yoki fizikaviy xossalar aniqlanadi.

Quyidagi misollar analiz, aniqlash va o'lchash terminlarining ma'nosi orasidagi farqni anglashimizga yordam beradi. 1974-yilda AQSH hukumati ichimlik suvining xavfsizligi to'g'risida qonun qabul qildi. Ichimlik suvini aholiga ba'zi zararli moddalardan holi (toza) holga yetkazib berish uchun uni muntazam ravishda analiz qilib turish lozim. Shunday zararli moddalardan biri bakteriyalardir. Buning uchun suv ta'minotdan olinadi va membrional filtrlanadi. Filtr oziqlantiruvchi muhitga o'tkaziladi va inkubatsiya qilinadi. Inkubatsiya qilingan bakteriyalar (elektron mikroskop ostida Goryayev kamerasi yordamida) sanaladi (rasmga qarang). Shunday qilib, manbadan olingan suvdagi bakteriyalarning konsentratsiyasi analiz qilinadi.



#### 14.6. Konsentratsiya turlari

% — foiz konsentratsiya 100 ml erigan moddaning gramm miqdori.



**N** – konsentratsiya 1000 ml (1 litr) eritmada erigan moddaning gr ekvivalent miqdori.

**M** – konsentratsiya 1000 ml (1 litr) eritmada erigan moddaning gr mol miqdori.

**T** – Titr konsentratsiya deb 1 ml.da erigan moddaning gr miqdoriga aytiladi.

$$T = (m) / V_{z/ml} \quad T = (N \vartheta) / 1000$$

$$V_1 N_1 = V_2 N_2; \quad N_1 = (V_2 N_2) / V_1$$

Massa o'lchami va hajmini o'lchashda ishlatiladigan asbob-uskunalar haqida aniq ma'lumotga ega bo'lishimiz lozim. O'lchash ishlarini olib borish uchun mos keluvchi jihozlar va asbob-uskunalardan foydalaniladi. Namunaning massasi turlicha usullarda o'lchanadi. Namlikka chidamli, ya'ni gigroskopik bo'lmagan tortiladigan material toza va quruq idishda saqlanadi. Bu idishning massasi tara deyiladi. Idishning massasi o'zgarmas massaga ega bo'lishi shart.

**Analiz** – namunadagi elementlarning kimyoviy yoki fizikaviy xossalari to'g'risida ma'lumotga ega bo'lish jarayoni.

**Aniqlanuvchi** – namunadagi elementlar.

**Matritsa** – namunadagi aniqlanuvchi elementlardan boshqa barcha elementlar.

**Aniqlash** – analiz qilinayotgan namunadagi aniqlanuvchini identifikatsiyalash, konsentratsiya yoki xossasini o'rganish.

**O'lchash** – aniqlanuvchining kimyoviy yoki fizikaviy xossalari ni tadqiqot usullarida aniqlash.

- Havodagi namlikni yutuvchi namunani tarozida tortish boshqacha usulda amalga oshiriladi. Buning uchun namuna massasi aniq bo'lgan idishga joylanadi va idish bilan birgalikda tortiladi. Namuna boshqa idishga o'tkazib olingandan keyin bo'sh idish yana tarozida tortiladi va birgalikdagi massadan ayirib hisoblanadi. Shunday qilib namunaning aniq massasi o'lchanadi.

**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish  
uchun savollar:**

1. Titrimetrik analiz asoslari.
2. Qo'llaniladigan reaksiya bo'yicha titrlash usullarining sinflanishi, misollar bilan.
3. Titrlash usullari bo'yicha sinflanishi.
4. Titrimetriyada reaksiyalarga qo'yiladigan talablar.
5. Konsentratsiyani ifodalash turlari.
6. Titrimetrik analizda hisoblashlar.
7. Normal va molyar konsentratsiya.
8. Titrimetrik analizga qo'yiladigan talablar.
9. Foiz konsentratsiya.
10. Titr konsentratsiya.
11. Titrimetrik analizda foydalaniladigan jihozlar.
12. Titrlash usullarining sinflanishi.

**15-bob. NEYTRALLASH USULI ASOSLARI.  
INDIKATORLARNING ION VA XROMOFOR NAZARIYASI.  
OKSIDLANISH-QAYTARILISH USULLARI ASOSI.  
USULNING SINFLANISHI**

Neytrallash yoki kislota-asosli titrlash usuli-vodorod va gidroksid ionlarining reaksiyasiga asoslangan:



Bu usulda biror kislotalarning titrlangan eritmasidan foydalanib, ishqorlarning konsentratsiyasini aniqlash mumkin (atsidometriya) va aksincha, ishqorlarning titrlangan eritmasidan foydalanib kislotalarning miqdorini aniqlash mumkin (alkalometriya). Shu bilan bir qatorda bu usul bilan gidrolizlanish natijasida kislotali yoki ishqoriy muhit beruvchi tuzlarning miqdorini ham aniqlash mumkin. Konsentratsiyasi aniq eritma – titrlangan eritma deb ataladi.

Noma'lum moddaning konsentratsiyasini aniqlashga yordam beruvchi aniq konsentratsiyali eritma ishchi eritma deyiladi. Ishchi eritma sifatida neytrallash usulida odatda kislota (HCl yoki  $H_2SO_4$ ) yoki ishqor (KOH yoki NaOH) eritma qo'llanadi. Bu eritmalarning aniq tortim bo'yicha tayyorlab bo'lmaydi, chunki ular gigroskopikdir. Tortim bo'yicha tayyorlangan eritmalar keyinchalik boshqa standart eritmalar (aniqlovchi) bilan titrlanadi. Ishchi eritmalarning konsentratsiyasini aniqlashga yordam beruvchi konsentratsiyasi aniq eritmalar aniqlovchi eritmalar deyiladi.

Kislotalarning titrini aniqlashda aniqlovchi eritma sifatida ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) yoki suvsiz soda ( $Na_2SO_3$ ) ishlatiladi va ularning aniq tortim bo'yicha tayyorlash mumkin. Ishqorlarning titrlarini aniqlash uchun oksalat kislotalari ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) dan foydalaniladi. Kislota-asosli titrlash usulida ekvivalent nuqtasini aniqlash uchun maxsus kislota-asosli indikatorlari qo'llaniladi.

### **15.1. Indikatorlar nazariyasi**

Ma'lumki neytrallanish reaksiyasida hech qanday rang o'zgarishi kuzatilmaydi, shuning uchun bu usul bilan titrlan-

ganda ekvivalent nuqta indikatorlar qo'llab aniqlanadi. Ushbu indikatorlar o'z rangini muhit pH o'zgarishi bilan o'zgartirishi kerak va reaksiyaga kirishuvchi moddalarning tabiatiga bog'liq bo'lmasligi kerak.

Neytrallash usuli indikatorlari quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- *Indikatorning rangi pH qiymatining kichik oralig'ida keskin o'zgarishi kerak.*

- *Indikatorning rangi iloji boricha intensivroq bo'lishi kerak.*

- *Indikatorning rangi o'zgarishi uchun kerak bo'ladigan ishqor va kislotalar titrlash natijalari aniq bo'lishi uchun, iloji boricha kam bo'lishi kerak.*

- *Indikatorning rang o'zgarishi qaytar jarayon bo'lishi kerak.*

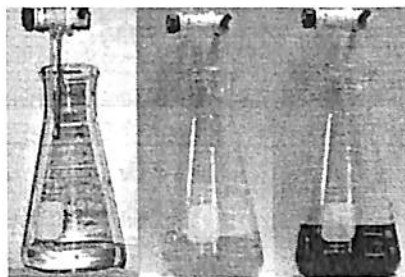
Ushbu talablarning qat'iyligi qo'llaniladigan pH indikatorlarning sonini juda kamaytiradi va ularning soni yigirmadan oshmaydi. Shuning uchun to'g'ri indikatorlarni qo'llash uchun, indikatorlar nazariyasini yaxshi bilish kerak.

Neytrallanish usulining indikatorlari uchun ikki nazariya – ion va xromofor nazariyalari mavjud.

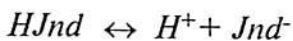
### *Indikatorlar ion nazariyasi*

Bu nazariyaga muvofiq neytrallash usulini indikatorlar (pH-indikatorlari) dissotsilanmagan molekulari va ionlari turli rangga ega bo'lgan kuchsiz organik kislota yoki asoslardir. Masalan, lakmus kuchsiz organik kislota bo'lib, dissotsilanmagan

molekulasi qizil, ionlari esa ko'k rangli bo'ladi. Agar har qanday indikator kislotani shartli ravishda HJnd deb uning ionla-

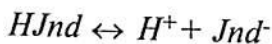


rini esa  $Jnd^-$  deb ifodalasak, bunda lakmusning dissotsilanish tenglamasini shunday yozish mumkin:



*qizil*                      *ko'k*

Kuchsiz kislota bo'lgani uchun lakmus kislotali muhitda dissotsilana olmaydi, shuning uchun molekula holda bo'lib qizil rangga ega. Ishqoriy muhitda vodorod ionlarini neytrallanishi hisobiga muvozanat o'ngga siljiydi, dissotsilanish sodir bo'ladi va lakmus ko'karadi. Lakmus suvda eriganda (neytral muhitda) qisman molekulyar va dissotsilangan shaklda bo'ladi va eritmaning rangi oraliq rang, ya'ni binafsha rangda bo'ladi. Lakmusni ham molekulyar ham dissotsilangan shakli rangli. Bunday indikatorlar ikki rangli indikatorlar deyiladi. Faqat bir shakli rangli ikkinchisi esa rangsiz bo'lgan indikatorlar ham mavjud. Bunday indikatorlar bir rangli deyiladi. Bularga, masalan, kislotali va neytral muhitda rangsiz, ishqoriy muhitda esa dissotsilanish hisobiga qizil rangga ega bo'lgan fenolftalein kiradi. Fenolftaleinni dissotsilanish jarayonini shunday ko'rsatish mumkin:



*rangsiz*      *qizil*

Asosli indikatorlar rangining o'zgarishini ham xuddi shunday tushuntirish mumkin:



Demak, indikatorlarning ion nazariyasi eritmaga vodorod yoki gidroksil ionlari kiritilganda indikatorlar rangining o'zgarish sabablarini sodda va yaqqol tushuntirib beradi. Biroq hamma indikatorlar ham o'z rangini dissotsilanish hisobiga o'zgartirmaydi. Ba'zi bir indikatorlarning rang o'zgarishi molekula ichida atomlarning qayta guruhlanish hisobiga bo'ladi. Bu tekshirishlar natijasida indikatorlarning xromofor nazariyasi deb ataladigan boshqa nazariya kelib chiqdi.

## Indikatorlarning xromofor nazariyasi

Xromofor nazariyaga muvofiq, indikatorlar — bu molekulasida xromoforlar deb ataluvchi maxsus atom guruhlari bor organik moddalardir. Xromos — rang degani, ya'ni rang beruvchi guruhlar. Xromofolar jumlasiga  $\text{O}=\text{N}\rightarrow\text{O}$  gu-

ruhiga aylana oladigan nitroguruh,  $\text{O}\leftarrow\text{N}-\text{OH}$ ,  $=\text{N}-\text{N}=\text{O}$  guruhga

aylana oladigan azoguruh —  $\text{N}=\text{N}-$ , xinoid guruhga o'tuvchi benzol guruhi va boshqalar kiradi.

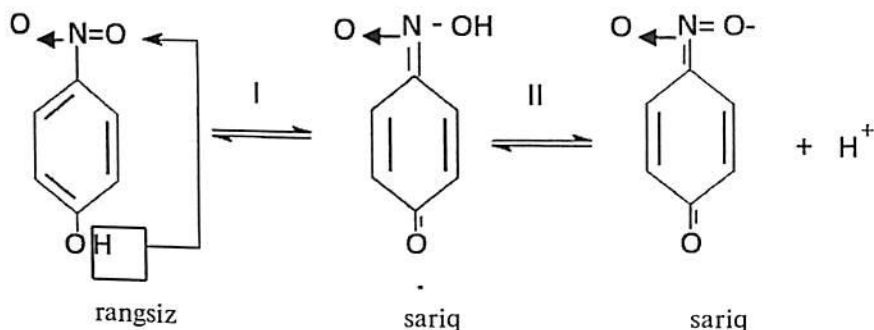


Indikatorlarning rangi o'zgarishiga sabab, bu o'tishlarda qo'shbog'ning siljishidir. Xromofor guruhlardan tashqari indikatorlar molekulasiga auksoxromlar ham kiradi. Auksoxromlarning o'zi xromoforlar kabi birikmani biror rangga kiritmaydi, ya'ni indikatorning rangi o'zgarishiga ta'sir ko'rsatmaydi, balki uning rangini quyuqlashtiradi, bu esa indikatorning sezgirligining ortishiga olib keladi.

Eng muhim auksoxromlar  $-\text{OH}$  va  $-\text{NH}_2$  hamda vodorod atomlarining turli radikallar bilan almashinishida hosil bo'lgan mahsulotlar  $-\text{OCH}_3$ ,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$  va h.k. kiradi. Tautomer o'zgarishlar hisobiga indikatorning rangini o'zgarishini paranitrofenol — indikator misolida ko'rish mumkin.

Ushbu misoldan ko'rinib turibdiki, paranitrofenol indikatorining rang o'zgarishi qo'shbog'ni siljishiga olib keluvchi benzol strukturasi xinoidga aylanishi hisobiga boradi (I muvozanat). Ishqor eritmasi qo'shilganda indikator sarg'ayadi, kislota

ta qo'shilganda esa muvozanat chapga siljiydi va indikator rangsizlanadi.



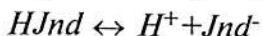
Tautomer o'zgarishlardan tashqari bu yerda indikatorning anion va vodorod ionlariga dissotsilanishi kuzatiladi (II muvozanat). Bu ikkala nazariya indikatorning rang o'zgarish sababini har xil tushuntiradi, lekin bir-birini to'ldirib turadi.

Indikatorning rang o'zgarishi kislota yoki ishqor qo'shilganda, ya'ni pH-muhit o'zgariganda sodir bo'ladi. Indikatorning rangi, pH ning ma'lum qiymatlari oralig'ida o'zgaradi va bu indikatorning rang o'zgarishi sohasi deb ataladi. Indikatorlarning rang o'zgarish sohasiga bir necha misol keltiramiz. Masalan:

| Indikator turi | Rang o'zgarish intervali | Eritmaning rangi |
|----------------|--------------------------|------------------|
| lakmus         | pH=5                     | qizil            |
|                | pH=8                     | ko'k             |
| metiloranj     | pH=3                     | sariq            |
|                | pH=4,5                   | pushti           |
| fenolftalein   | pH=8,2                   | rangsiz          |
|                | pH=10                    | rangsiz          |

Ushbu ko'rsatkichlar indikatorning dissotsilanish konstantasiga bog'liq.

Ion nazariyaga muvofiq ushbu bog'lanishni ko'rib chiqamiz:



Indikatorning dissotsilanishiga massalar ta'siri qonunini qo'llaymiz:

$$K_{dis} = \frac{[H^+][Ind^-]}{[HInd]}$$

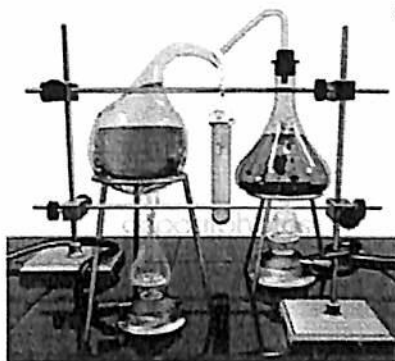
Formuladan ko'rinib turibdiki, dissotsilanish konstantasi vodorod ionlarining konsentratsiyasiga, ya'ni eritmaning pH iga bog'liq.  $K_{dis}$  indikatorning tabiatiga ham bog'liq. Bulardan xulosa qilib aytish mumkinki, har qanday indikator o'z dissotsiatsiya konstantasiga ega va muhitga bog'liq ravishda o'z rang o'zgarish sohasi bor.

## 15.2. Oksidlanish-qaytarilish titrlash asosi

Titrimetrik analizning asosiy bo'limlaridan biri oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan titrlash usulidir uni redoks titrlash ham deyiladi.

Oksidlanish-qaytarilish titrlash usulida (redoksimetriya) bir atom, ion yoki molekuladan elektronlarni boshqasiga o'tishi bilan bo'lgan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari qo'llaniladi. Ushbu reaksiyalarda elektron yo'qotuvchi moddalar qaytaruvchi bo'lib, o'zi oksidlanadi, elektron biriktirib oluvchi moddalar esa oksidlovchi bo'lib, o'zi esa qaytariladi.

Kuchli oksidlovchilar kuchli elektronga moyillikka ega, o'рта kuchga ega oksidlovchilarning elektron moyilligi kuchsizroq bo'ladi. Bir ion ham oksidlovchi, ya'ni elektron biriktirib olishi ham qaytaruvchi bo'lishi, ya'ni elektron chiqarishi mumkin. O'xshash xossaga faqat bir necha oksidlanish darajasida bo'la oladigan ionlar ega. Masalan, vannadiy ionlari ikkidan beshgacha oksidlanish darajasida bo'la oladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida elektronlar eritmada erkin holda bo'la olmaydi.





Qaytaruvchi elektron chiqarishi uchun yetarli darajada elektron moyillikka ega bo'lgan oksidlovchi bo'lishi shart. Demak, alohida oksidlovchi yoki qaytaruvchi haqida emas, balki bir birikmani ham oksidlangan ham qaytarilgan shaklli komponenti bo'lgan oksidlanish-qaytarilish sistemasi haqida gapirish kerak.

Ushbu mexanizmni tushuntirish uchun elektrokimyoviy yacheykalar va potensial haqida tushunchaga ega bo'lishimiz kerak.

Oksidlovchi va qaytaruvchi o'rtasida boradigan bu jarayon redoks reaksiyalar ham deyiladi. Galvanik elementlarda kimyoviy jarayon o'z-o'zidan boradi, natijada u elektr energiya manbai bo'lib qoladi. Bunga oddiy misol qo'rg'oshinli batareyalardir yoki oddiy cho'ntak fonarlari reaksiyaning borishiga qarab yacheykalar toliqishi natijada potensial nolga tenglashadi (batareya ishlaymaydi).

Elektrolitik yacheykalarda esa teskarisi, tashqi manbadagi elektr energiya galvanir elementdagi jarayonga teskari kimyoviy reaksiya boladi. Suvning elektrolizi bunga misol bo'la oladi. Bunda har ikkala yacheykalarda elektrodlar bo'lib, oksidlanish sodir bo'layotgan qismi anod, qaytarilish jarayoni sodir bo'layotgan qismi esa katod deyiladi. Galvanik elementlar potensimetriyada foydalaniladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasini yo'nalishini ko'z oldimizga keltirishimiz uchun oksidlanish-qaytarilish potensiali qiymatini bilish kerak.

Oksidlanish-qaytarilish sistemasining potensiali qanchalik katta bo'lsa, uni elektronga moyilligi shunchalik katta bo'ladi va oksidlanish xossasi kuchliroq bo'ladi. Sistemani kuchi qanchalik kichik bo'lsa, oksidlash xossalari kam bo'lib, qaytaruvchilik xossalari ortadi. Lekin shu vaqtning o'zida potensialni o'rta qiymatiga ega bo'lgan sistemalar ko'p. Ushbu sistemalar ham oksidlanish ham qaytarilish xossaloriga ega. Agar ular kichik potensialga ega oksidlanish-qaytarilish sistemalari bilan reaksiyaga kirishsa, elektron biriktirib oladi, ya'ni oksidlovchi bo'ladi. Aksincha, agar ular katta potensialga ega sistema bilan reaksiyaga kirishsa, elektron beradi, ya'ni qaytaruvchi bo'ladi. Ushbu xossalarga

potensial jadvalida standart potentsiallari o'rtada joylashgan  $\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ ,  $\text{J}_2/2\text{J}^-$  va ko'pchilik oksidlanish-qaytarilish juftlariga ega. Potensial qiymatini galvanik elementni qo'llab aniqlash mumkin<sup>1</sup>. Vodород elektrodining potentsiali xalqaro kelishuv bo'yicha «O» deb qabul qilingan. Idishga  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  jufti eritmasi solingan. Potensiometr ko'rsatadigan potensial temirni oksidlanish-qaytarilish potentsiali bo'lib +0,77 voltga teng.

Plyus (+) belgisi temir galvanik elementda oksidlovchi rolini bajarishini ko'rsatadi. Idishga temir jufti eritmasi o'rniga boshqa juftlarni solib ularning standart oksidlanish-qaytarilish potentsialini o'lchash mumkin va olingan natijalar jadvalga kiritiladi. Oksidlanish-qaytarilish potentsiali ko'pchilik omillarga bog'liqligi Nernst tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{ox}]}{[\text{Red}]}$$

Bu yerda:  $E$  – real potentsial;

$E^0$  – berilgan juftning standart potentsiali;

$R$  – gaz doimiysi (8.314 dj/mol-grad);

$T$  – absolyut temperatura (Kelvin bo'yicha);

$F$  – Faradey soni 96500 kul/g-ekv;

$n$  – reaksiyada ishtirok etuvchi elektronlar soni;

[ok] – oksidlangan shaklning konsentratsiyalari;

[qay] – qaytarilgan shaklning konsentratsiyasi.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, potensial quyidagilarga bog'liq:

√ reaksiyaga kirishuvchi moddalarning tabiatiga ( $E^0$ ,  $n$ );

√ temperaturaga ( $T$ );

√ konsentratsiyaga;

√ ba'zi bir hollarda muhitga.

<sup>1</sup> Analitik kimyo. G.Kristian. – 2009-y. 1-t. – 487-bet.

Nernst tenglamasida doimiy sonlar ko'p (R, T, F). Agar biz tenglamaga ularning qiymatlarini qo'ysak va natural logarifmidan o'nli logarifmga o'tsak, bu tenglama ancha soddalashadi:

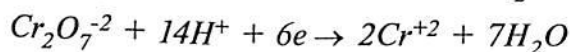
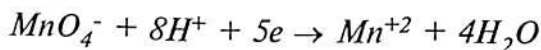
$$E = E^0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[ox]}{[Red]}$$

Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> jufti uchun bu tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

Agar oksidlangan [Fe<sup>3+</sup>] va qaytarilgan shakllarning [Fe<sup>2+</sup>] konsentratsiyasi 1 g-ion/l yoki teng bo'lsa, ya'ni [Fe<sup>3+</sup>]=[Fe<sup>2+</sup>] ularning nisbati birga teng bo'ladi. lg1=0 bo'lgani uchun 0,058·1 ham nolga teng bo'ladi. Bunda E=E<sup>0</sup> bo'ladi, ya'ni berilgan juftning real potentsiali standart potentsialga teng bo'ladi.

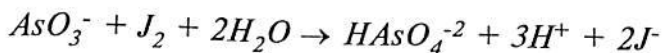
Ko'p hollarda tarkibida kislorod bor ionlarning oksidlangan shaklini qaytarilgan shaklga o'tish H<sup>+</sup> ionlar ishtirokida boradi, masalan, permanganat, bixromat ionlarining va b.q. qaytarilish:



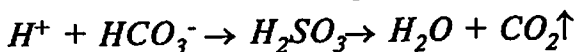
Bu holatda potensial eritmadagi H<sup>+</sup> ionlarining konsentratsiyasiga, ya'ni muhitga ham bog'liq bo'ladi:

$$E_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = E^0 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}$$

Bu reaksiyalar faqat kuchli kislotali muhitda boradi. Ba'zi bir oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari H<sup>+</sup> ionlarining ajralishi bilan boradi:



Agar bu reaksiya kislotali muhitda olib borilsa, u chap tomonga va reaksiya to'g'ri ketishi uchun  $\text{NaHCO}_3$  qo'shiladi, bu esa ajralib chiqqan vodorod ionlarini bog'laydi:



Yuqorida aytilganlarni umumlashtirib, quyidagicha xulosa qilish mumkin, agar reaksiya  $\text{H}^+$  ionlari ishtirokida olib borilsa, uni kislotali muhitda olib borish kerak va aksincha, agar ular reaksiya natijasida hosil bo'lsa, ularning ishqor yoki  $\text{NaHCO}_3$  ga o'xshash moddalar qo'shib bog'lash kerak.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Oksidlanish-qaytarilish titrlash usuli asosi.
2. Potensial haqida tushuncha.
3. Galvanik element.
4. Nernst tenglamasi.
5. Potensialning turli omillarga bog'liqligi.
6. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining muhitga bog'liqligi.
7. Neytrallash usuli asosi.
8. Ishchi va aniqlovchi eritmalar.
9. Neytrallash usuli indikatorlari.
10. Indikatorlarning ion nazariyasi.
11. Indikatorlarning xromofor nazariyasi.
12. Indikatorlarning rang o'zgarish sohasi.

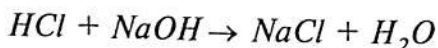
## 16-bob. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI. KUCHLI KISLOTANI KUCHLI ASOS BILAN TITRLASH EGRI CHIZIG'I



Indikatorni to'g'ri tanlash uchun titrlash jarayonida ekvivalent nuqta yaqinida pH qanday o'zgarishini, ekvivalent nuqtada eritmaning pH qanday ahamiyatga egaligini bilish kerak. Ushbu savollarga javob berish uchun titrlash jarayonida pH o'zgarishi hisobini qilish va buning asosida «pH – qo'shiladigan ishchi eritma hajmi» oralig'ida grafik tuzish kerak. Hisoblashda eritmani suyultirilishi e'tiborga olinmaydi, bu esa sezilarli xatolarga olib kelmaydi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi.

### 16.1. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i

Faraz qilaylik, 100 ml 0,1 N HCl eritmasi berilgan bo'lib, bunda quyidagi reaksiya ketadi:



Titrlashdan oldin 0,1 N HCl eritmasi berilgan bo'lib, uning  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg[0,1] = 1$  bo'ladi. 90 ml 0,1 N NaOH eritmasi qo'shildi, deylik. Bunda 90% kislota neytrallanadi va 10% kislota qoladi, ya'ni kislotani konsentratsiyasi dastlabki konsentratsiyaga nisbatan 10 marta kam, ya'ni 0,01 N teng bo'ladi.  $\text{pH} = -\lg[0,01] = 2$ .

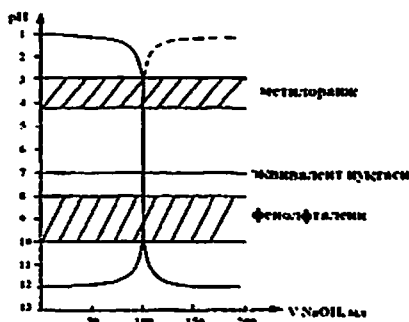
Titrlanayotgan eritmaga 99 ml NaOH eritmasidan qo'shamiz, bunda 99% kislota neytrallanadi va HCl konsentratsiyasi yana 10 marta kamayadi va 0,001 N bo'ladi  $\text{pH} = -\lg[0,001] = 3$ .

99,9 ml 0,1 N NaOH qo'shamiz. Kislotaning konsentratsiyasi yana 10 marta kamayadi va 0,0001 N bo'ladi.  $\text{pH} = -\lg[0,0001] = 4$ .

100 ml 0,1 N NaOH qo'shamiz. Hamma kislota neyrallangan bo'ladi, ya'ni eritmadagi kislotaga ekvivalent miqdorda ishqor qo'shilgan bo'ladi, ya'ni ekvivalent nuqtaga erishiladi. Bu paytda

eritmada faqat reaksiya natijasida hosil bo'lgan tuz – NaCl bo'ladi. Bu tuz gidrolizlanmaydi va muhitga ta'sir ko'rsatmaydi va eritmaning  $pH=7$  bo'ladi. 100,1 ml 0,1 N NaOH qo'shamiz. Ishqorni (0,1 ml) ortiqcha miqdori  $OH^-$  ionlarini hosil qiladi. Ularning konsentratsiyasi eritmaga 0,1 ml ortiqcha HCl qo'shilganda hosil bo'ladigan  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$[OH^-]=0,0001=10^{-4}$$



$$pH=14-pOH=14-[-\lg 10^{-4}]=14-4= 10$$

101 ml NaOH qo'shilganda:  $[OH^-]=0,001$

$$pH=14 - pOH = 14 - [-\lg 10^{-3}] = 11$$

110 ml NaOH qo'shilganda:  $[OH^-]=0,01$

$$pH=14 - pOH = 14 - [-\lg 10^{-2}] = 12 \text{ va h.k.}$$

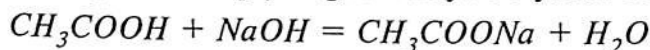
Olingan hisoblashlar asosida pH ni qo'yiladigan eritma hajmiga bog'liq bo'lgan egri chizig'ini tuzamiz. Egri chiziqning chapdan o'ngga yo'nalishi, ya'ni pH ortishi tomonga, ishqor bilan titrlanganda sodir bo'ladi. Kislotaga titrlanganda pH egri chizig'i o'ngdan chapga (punktir chizig'i) ortadi. Titrlash egri chizig'idan ekvivalent nuqta neytrallanish nuqtasi bilan mos kelishini ko'ramiz ( $pH=7$ )  $pH=4$  dan  $pH=10$  oraliqida keskin o'zgarish bo'ladi va titrlash egri chizig'ida vertikal to'g'ri chiziq hosil bo'ladi va u titrlash sakrashi deb ataladi.

Indikator tanlashda uning rang o'zgarish sohasi ekvivalentlik nuqtasi bilan mos tushishi shart emas. Indikatorning rang

o'zgarish sohasi titrlash egri chizig'idagi pH sakrashi oralig'ida bo'lsa yetarli bo'ladi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, indikator sifa-tida metiloranjni qo'llash uncha qulay emas, lekin lakmus ( $pH=5-8$ ) va fenolftalein ( $pH=8,2-10$ ) indikatorlarning rang o'zgarish sohalari pH sakrashi oralig'iga to'g'ri keladi va ularning muvaffaqiyat bilan kuchli kislalani kuchli asos bilan va aksincha, kuchli asosni kuchli kislota bilan titrlashda qo'llash mumkin.

### 16.2. Kuchsiz kislalani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i

Faraz qilaylik, titrlash quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:

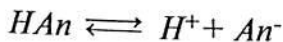


Kuchsiz kislotalar eritmalarda juda kuchsiz dissotsilana-di va shuning uchun pH ning qiymatini hisoblashda  $[H^+]$  ion-larining konsentratsiyasini eritmadagi kislolaning umumiy konsentratsiyasiga teng deb olish mumkin emas. Shuning uchun bu yerda pH ni hisoblashda berilgan kuchsiz kislolaning dissotsi-lanish konstantasi tenglamasidan foydalaniladi.

Titrlash egri chizig'ini hisoblash uchun uchta formulani keltirib chiqarish kerak:

- titrlashdan avval kislalani pH ni hisobi;
- titrlash jarayonida pH ni hisobi;
- ekvivalent nuqtada pH ni hisobi.

Kuchsiz kislalani HAn deb belgilaymiz. U quyidagi sxema bo'yicha dissotsilanadi:



Massalar ta'siri qonunini qo'llab, dissotsilanish konstantasi-ni topamiz:

$$K_{HAn} = \frac{[H^+][An^-]}{[HAn]}$$

Ushbu tenglamadan avval  $[H^+]$  ionlarni konsentratsiyalari va kuchsiz kislolaning pH ini hisoblash tenglamasini keltirib chiqa-ramiz.

$$pH = \frac{1}{2} pK_{HAN} - \frac{1}{2} \lg C_{An}$$

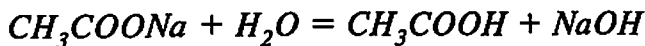
Xuddi shunday titrlash jarayonda pH ni hisoblash tenglamasi keltirib chiqariladi:

$$pH = pK_{HAN} - \lg \frac{C_{HAN}}{C_{An}}$$

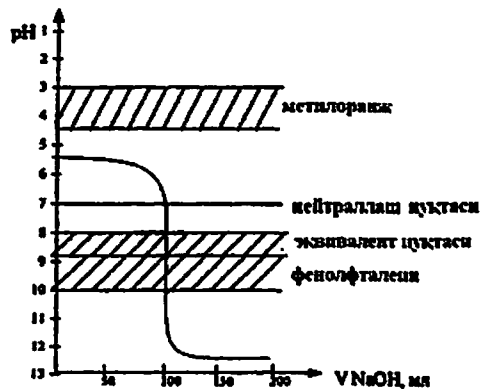
va nihoyat, ekvivalent nuqtada pH ni hisoblash formulasi keltirib chiqariladi, unda eritmada faqat kuchsiz kislota va kuchli asos tuzi bo'ladi:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{HAN} + \frac{1}{2} \lg C_{HAN}$$

Ushbu hisoblash formulalaridan foydalanib titrlash jarayonida pH hisobi olib boriladi, olingan natijalar jadvalga yozilib, titrlash egri chizig'i chiziladi. Titrlash egri chizig'idan ko'rinib turibdiki, ekvivalent nuqtasi neytrallanish nuqtasiga mos tushmaydi va u titrlash sakrash o'rtasida bo'lib, pH=8,88 ni tashkil etadi, egri chiziq esa ishqoriy muhitga siljigan. Bunga sabab, kislota to'liq neytrallanishi tufayli eritmada faqat  $CH_3COONa$  tuzi qoladi, u esa suvli eritmada quyidagicha dissotsilanadi:



Hosil bo'lgan NaOH kuchsiz sirka kislotasidan ancha kuchliroq bo'lib, muhit ishqoriy bo'ladi. Bu usulda metiloranj indikatorini qo'llash mumkin emas, chunki uning rang o'zgarish sohasi

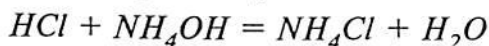




kislotali muhitga to'g'ri keladi. Fenolftalein indikatorini qo'llash mumkin, chunki uning rang o'zgarish sohasi titrlash sakrashi oralig'ida yotadi.

### 16.3. Kuchli kislotani kuchsiz asos bilan titrlash egri chizig'i

Faraz qilaylik, quyidagi reaksiya ketadi:



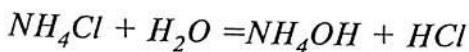
Titrlashning boshida eritmada 100 ml 0,1 N HCl eritmasi bor va uni 0,1 N  $NH_4OH$  eritmasi bilan titrlaymiz. HCl kuchli kislota bo'lgani uchun to'liq dissotsilanadi va kislota konsentratsiyasi  $[H^+]$  ionlarini konsentratsiya deb hisoblash mumkin. Bunda:

$$pH = -\lg 0,1 = -\lg 10^{-1} = 1$$

Titrlashning oraliq nuqtalarida eritmada  $[H^+]$  ionlaridan tashqari  $NH_4Cl$  tuzi ham bo'ladi. Shuning uchun pH ni hisobini yuqorida o'xshash usul bilan keltirib chiqarilgan tenglama bo'yicha olib boriladi:

$$pH = pK_{kisl} - \lg \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}}$$

Ekvivalent nuqtada eritmada faqat  $NH_4Cl$  tuzi bo'ladi va u quyidagicha gidrolizlanadi:



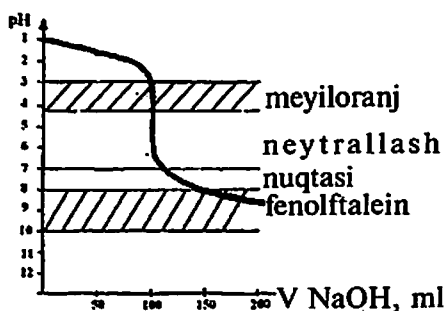
Gidroliz konstantasi tenglamasidan: 
$$\frac{[NH_4OH][H^+]}{[NH_4^+]} = \frac{pK_{H_2O}}{K_{asos}}$$

Ekvivalent nuqtadagi pH ni hisoblash formulasini topamiz:

$$pH = \frac{1}{2} pK_{H_2O} - \frac{1}{2} pK_{tuz}$$

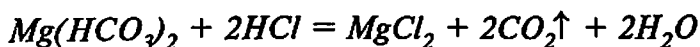
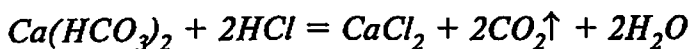
Ushbu hisoblash formulalari asosida titrlash jarayonidagi pH ni hisoblaymiz va «pH qo'shiladigan eritma  $NH_4OH$  hajmi» oralig'ida grafik chizamiz. Titrlash egri chizig'idan ko'rinib turibdiki, kuchli kislotani kuchsiz asos bilan titrlanganda titrlash-

ni metiloranj (rang o'zgarish sohasi pH=3-4,5) va lakmus (rang o'zgarish sohasi pH=5-8) ishtirokida olib borish mumkin, fenolftaleinni esa qo'llash mumkin emas (rang o'zgarish sohasi pH=2-10). Shunday qilib, har qanday sistema uchun titrlash egri chizig'ini tuzib, rang o'zgarish sohasini bilgan holda mos keluvchi indikatorni tanlash mumkin.



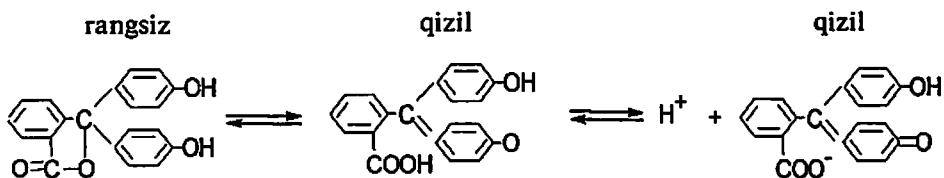
#### 16.4. Neytrallash usulini qo'llanilish sohalari

Neytrallash usuli asosan kislota va asoslarning konsentratsiyasini aniqlashda qo'llaniladi. Shu bilan bir qatorda gidrolizlanuvchi tuzlarning konsentratsiyasini ham aniqlash mumkin. Bu usul suvning vaqtinchalik yoki karbonatli qattiqligini aniqlashda keng qo'llaniladi va u asosan suvdagi kalsiy va magniyni gidrokarbonatlari  $Ca(HCO_3)_2$  bilan belgilanadi va uning miqdori xlorid kislota eritmasi bilan titrlanadi:



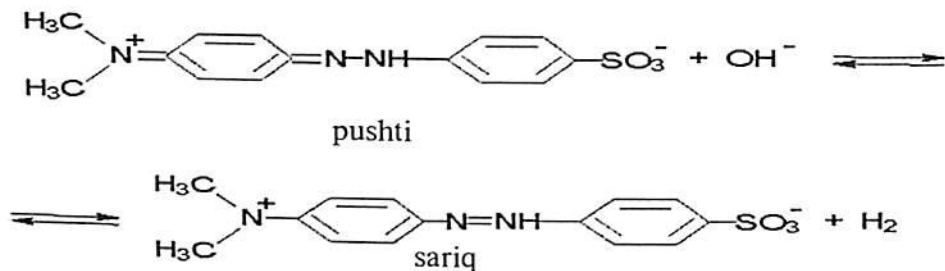
Indikator sifatida metiloranj qo'llaniladi, chunki hosil bo'lgan tuzlar gidroliz natijasida ekvivalent nuqtada kislotali muhitga ega bo'ladi, bu esa metiloranjni rang o'zgarish sohasiga mos keladi (pH=3-4,5). Indikatorlarga misollar:

##### Fenolftalein:



Ishqoriy muhitda dissotsilanish (ionlanish) ko'payadi va muvozanat o'ng tomonga siljiydi.

**Metiloranj:**

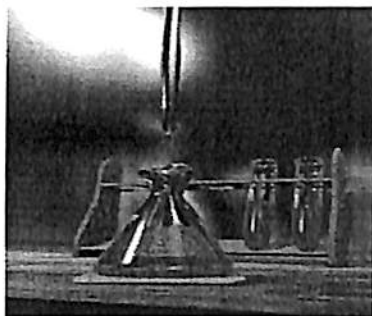


**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

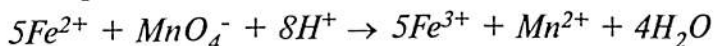
1. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'ini hisoblash.
2. Egri chiziqni tuzish va indikator tanlash.
3. Indikatorlarning vazifasi.
4. Indikatorlarning ion nazariyasi.
5. Indikatorlarni xromafor nazariyasi.
6. Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i.
7. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i.
8. Suvning karbonat qattiqligini aniqlash.
9. Indikatorlarga misollar.
10. Indikatorlar nazariyasi.
11. Indikator tanlash.
12. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash hisobi.

## 17-bob. REDOKSIMETRIYADA INDIKATORLAR NAZARIYASI. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI VA INDIKATORLAR TANLASH USULLARI

Oksidlanish-qaytarilish titrlashda reaksiyaga kirishuvchi moddalarning yoki ionlarning konsentratsiyasi doimo o'zgarib turadi. Demak, xuddi kislota asosli titrlash jarayonida eritmaning pHi o'zgarishi kabi, eritmaning potentsiali (E) ham o'zgaradi. Agar grafikka «potensialni — qo'shiladigan eritma — titrantni hajmi»ga nisbatan o'zgarishini



kiritsak, xuddi kislota-asosli titrlash usulidagi egri chiziq'larga o'xshash titrlash egri chiziq'larini hosil qilamiz. Quyida keltirilgan reaksiya misolida titrlash egri chizig'ini hisoblash va tuzishni ko'rib chiqamiz:



Titrlash jarayonida eritmada doimo ikki oksidlanish-qaytarilish jufti  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  va  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  ishtirok etadi. Ekvivalent nuqtagacha eritmada asosan  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  jufti bo'ladi,  $MnO_4^-$  ionlari esa eritmaga tushgach  $Mn^{2+}$  gacha qaytariladi va eritmada shu shaklda bo'ladi. Shuning uchun, temir ionlarining konsentratsiyasini hisobga olib, potentsialni hisoblash qulaydir:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \left[ \frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+}} \right] \quad (1)$$

Ekvivalent nuqtadan keyin hamma  $Fe^{3+}$  ionlari  $Fe^{2+}$  gacha qaytariladi va eritmada  $Mn^{2+}$  va qo'shiladigan titrantning ortiqcha miqdori, ya'ni  $MnO_4^-$  ionlari bo'ladi.

Shuning uchun marganets ionlarining konsentratsiyasi bilan birga  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasini ham hisobga olib, potentsialni hisoblash qulay:

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^5}{[Mn^{2+}]} \quad (2)$$

Ekvivalent nuqtada temir ionlari oksidlangach  $Fe^{3+}$  shaklda, marganets anioni esa qaytarilgan  $Mn^{2+}$  shaklda bo'ladi. Shuning uchun oksidlangan shaklni qaytarilgan shaklga nisbatining logarifmi o'z ma'nosini yo'qotadi va potensial, asosan, ikki juftni standart potensialiga bog'liq bo'ladi va umumiy holda quyidagicha yoziladi:

$$E = \frac{bE_{oks}^0 + aE_{qayt}^0}{b+a} \quad (3)$$

Bu yerda:  $E_{oks}^0$  – oksidlovchi juftini standart potentsiali;

$E_{qayt}^0$  – qaytaruvchi juftini standart potentsiali;

a, b – stexiometrik koeffitsientlar.

### 17.1. Titrash egri chiziqlari hisobi

100 ml  $Fe^{2+}$  ga 50 ml  $KMnO_4$  eritmasi qo'shilganda potensial hisobini qilamiz. Bunda 50%  $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$  gacha oksidlandi va eritmada faqat 50%  $Fe^{2+}$  qolsa kerak. Shuning uchun,

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{50}{50} = 0,77 \text{ V bo'ladi.}$$

Titrlash egri chizig'ida  $KMnO_4$  ni 0,1 ml etmagan va 0,1 ml ortiqcha bo'lishiga mos keluvchi nuqtalar qiziqish uyg'otadi, chunki ular ekvivalent nuqta oldidagi potensialni sakrash qiymatini aniqlaydi. Shuning uchun boshlang'ich 99,9 ml  $KMnO_4$  qo'shilganda potensial qiymatini aniqlaymiz. Shu vaqtda  $Fe^{2+}$  ni 99,9% titrlangan bo'lib, 0,1% titrlanmagan bo'lgani uchun potensial:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{99,9}{0,1} = 0,944 \text{ V}$$

Endi potensial sakrashini oxiridagi potensial qiymatini, ya'ni 100,1 ml permanganat eritmasi qo'shilgandagini topamiz. Bu miqdordan  $Fe^{2+}$  ni oksidlanishiga 100 ml sarflanadi, ya'ni  $MnO_4^-$   $Mn^{2+}$  gacha qaytariladi,  $MnO_4^-$  holida esa 0,1 ml ortiqcha miq-

dori qoladi, demak,  $\frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]}$  nisbati 1:100 bo'ladi va juftning potentsiali:

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{0,1 \cdot [H^+]}{100}$$

Agar eritmadagi  $H^+$  ionlarini konsentratsiyasi 1 g-ion/ga teng bo'lsa, unda:

$$E = 1,51 + \frac{0,058}{5} \lg \frac{0,1}{100} = 1,51 + \frac{0,058}{5} \cdot (3) = 1,475 \text{ V}$$

Titrlashni bu oralig'ida potensial sakrashi  $1,475 - 0,944 = 0,531$  ga teng bo'ladi.

Endi (3) tenglamadan foydalanib, ekvivalent nuqtadagi potensialni hisoblaymiz:

$$E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{5 + 1} = 1,387 \text{ V}$$

Olingan natijalardan foydalanib,  $Fe^{2+}$  ni permanganat bilan titrlash egri chizig'ini tuzamiz: grafikdan ko'rinib turibdiki, redoksimetriyada titrlash egri chizig'i neytrallash usuli egri chiziqlariga o'xshash. Titrlash sakrashining qiymati konsentratsiyaga proporsional bog'liq. Demak, eritma qanchalik suyultirilgan bo'lsa, shunchalik sakrash qiymati kichik bo'ladi.

## 17.2. Redoksimetriyada indikatorlar nazariyasi

Avval aytib o'tganimizdek, oksidlanish-qaytarilish titrlashda indikatorsiz ham titrlash mumkin. Jumladan, kislotali muhitda permanganat bilan titrlanganda titrantni binafsha-pushti ran-

gi  $Mn^{2+}$  gacha qaytarilib, rangsizlanadi. Ekvivalent nuqtadan keyin, qaytaruvchi butunlay titrlanib bo'lganidan so'ng, permanganatning ortiqcha bir tomchisidan eritma och pushti rangga kiradi va undan ekvivalent nuqta aniqlanadi. Qaytaruvchilarni yod eritmasi bilan ham indikatorsiz titrlash mumkin. Bunda  $J_2$  ning qaytarilib  $J^-$  ga o'tishi natijasida yod eritmasining to'q qo'ng'ir rangi yo'qolib ketadi. Lekin analiz natijalari permanganatometriyaga nisbatan aniqligi kamroq, chunki yodning rangi permanganatnikidek to'q emas va ekvivalent nuqtani aniqlash qiyin. Shuning uchun redoksimetriyada ko'pincha indikator qo'llaniladi. Redoksimetriyada o'z ta'siriga qarab indikatorlar ikki turga bo'linadi: oksidlovchi yoki qaytaruvchi bilan reaksiyaga kirishib, o'z rangini o'zgartiruvchi indikatorlar. Masalan, temir (3)ni titrlaganda indikator sifatida  $CNS^-$  (rodanid)ni qo'llash mumkin va  $Fe^{3+}$  ionlari bilan qizil kompleks hosil qiladi  $[FeCNS]^{2+}$ ,  $[Fe(CNS)_2]^+$  va boshq. Yoki  $J_2$  eritmasi bilan titrlaganda indikator sifatida yod bilan ko'k rang beruvchi kraxmal qo'llaniladi.

Oksidlovchi bilan ham, qaytaruvchi bilan ham reaksiyaga kirishmaydigan indikatorlar. Lekin titrlash jarayonida, ma'lum potensialga yetganda ularning yoki oksidlanadi yoki qaytariladi. Bunday indikatorlar oksidlanish-qaytarilish yoki redoksindikatorlar deb ataladi. Ular qaytar tarzda oksidlana oladigan yoki qaytarila oladigan moddalar bo'lib, bularning oksidlangan va qaytarilgan shakllari turli rangga egadir. Difenilamin indikator misolida  $E^0 = 0,766$ ,  $n=2$  o'zgarish sohasi hisobini ko'rib chiqamiz.

$$E_1 = 0,56 + \frac{0,058}{2} = 0,79 \text{ V}$$

$$E_1 = 0,76 - \frac{0,058}{2} = 0,73 \text{ V}$$

Redoks indikatorlari ham, kislota-asosli indikatorlarga o'xshab o'z ranglarini ma'lum potentsiallar oralig'ida o'zgartiradilar, ya'ni har qanday redoks indikatorlari ham o'z rang o'zgarish sohasiga ega.

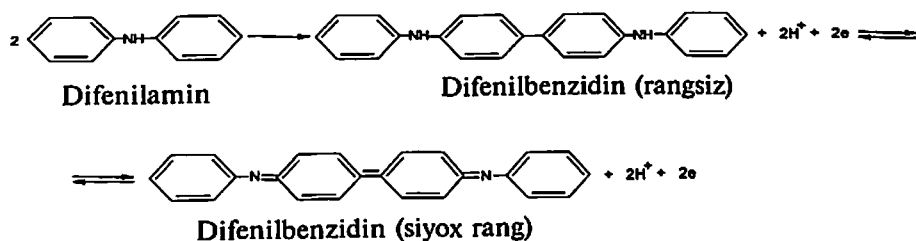
Bu rang o'zgarish sohasini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$pT = E_{ind}^0 \pm \frac{0,058}{n}$$

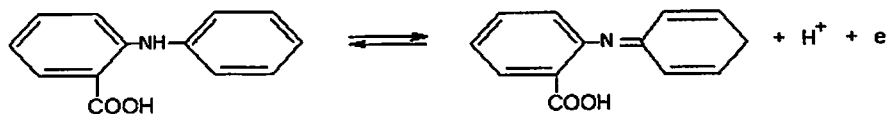
Demak, difenilaminning rang o'zgarish sohasi 0,73–0,79V oralig'ida ekan.

### 17.3. Ko'p qo'llaniladigan redoks indikatorlarga misollar

Difenilamin boshida qaytmas difenilbenzidingacha oksidlanadi, u esa keyinchalik qaytar siyoh rangli difenilbenzidingacha oksidlanadi.



N – fenilantronil kislota  $E^0=1,08\text{V}$  rang o'zgarishi rangsizdan qizil binafsha rangga kiradi.



#### *Redoksimetriyada indikator tanlash*

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida indikator tanlash xuddi kislota-asosli indikatorlarga o'xshash indikatorning rang o'zgarish sohasini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Agar indika-



torning rang o'zgarish sohasi egri chiziqdagi potensial sakrashi oralig'iga mos tushsa, bu indikatorlarni titrlash uchun qo'llash mumkin.

**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish  
uchun savollar:**

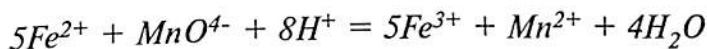
1. Redoksimetriya egri chiziqlari uchun hisoblash formulalarining kelib chiqishi.
2. Titrlash egri chiziqlarining umumiy hisobi.
3. Redoksimetriyada egri chiziqlarning ahamiyati.
4. Redoksimetriyada indicatorsiz titrlash usuli.
5. Indikatorlar nazariyasini tushuntiring.
6. Indikatorlarning rang o'zgarish sohasini hisoblash.
7. Redoks indikatorlarga misollar keltiring.
8. Redoksimetriyada indikator tanlash jarayonida nimalarga e'tibor beriladi.
9. Ko'p qo'llaniladigan redoks indikatorlarga misollar keltiring.
10. Qaytaruvchilarni indicatorsiz titrlashda qanday eritmadan foydalanish mumkin?
11. Titrlash jarayonida eritmada doimo nechta oksidlanish-qaytarilish jufti ishtirok etadi?
12. Redoks indikatorlarni rang o'zgartirish intervali.
13. Redoks potensialni tibbiy kasalliklarni aniqlashdagi o'rni.
14. Elektrod potenciallari hosil bo'luvchi jarayonlar turlari.
15. Tahlil qilishda foydalaniladigan tuzlar tarkibiga qo'yiladigan talablar.

## 18-BOB. PERMANGANOTOMETRIYA USULINING MOHIYATI. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI YODOMETRIYA USULI

*Permanganometriya usuli* permanganat ionlarini kislotali va ishqoriy muhitda oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan. Oksidlanish kislotali muhitda olib borilsa,  $Mn^{7+}$   $Mn^{2+}$  gacha qaytariladi. Permanganatni kislotali muhitda yuqori oksidlash qobiliyati, uni yuqori oksidlanish-qaytarilish potensialiga  $E^{\circ}_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = 1,51V$  ega ekanligi bilan tushuntiriladi.  $KMnO_4$  ko'p qo'llaniluvchi kuchli oksidlovchi titrant, titrlash jarayonida indikator talab etilmaydi. To'g'ri tayyorlangan  $KMnO_4$  eritmasi barqaror bo'lib, titrlash jarayonida reaksiya tezligini oshirish uchun eritma qizdiriladi. Bu avtokatalitik reaksiya bo'lib, reaksiya mahsuloti  $Mn^{+2}$  bilan tezlashadi.



Misol tariqasida temir (II) ionlari oksidlanishini ko'rib chiqamiz.



Marganets 5 ta elektron biriktirib olib qaytariladi:



Demak,  $KMnO_4$  ning bu yerdagi gramm-ekvivalenti

$$E = \frac{M_{KMnO_4}}{5} = 31,6 \text{ gr. ga teng bo'ladi.}$$

$MnO_4^- / MnO(OH)_2$  juftining standart potensialini  $+0,59V$  ga teng. Shuning uchun permanganatni neytral va ishqoriy muhitda oksidlash qobiliyati kislotali muhitga nisbatan ancha kichik. Bundan tashqari, kislotali muhitda titrlaganda permanganatni binafsha-pushti rangi butunlay rangsizlanadi va ekvivalent nuqtda eritmaning rangi keskin o'zgaradi. Ishqoriy va neytral muhitda

to'q qo'ng'ir cho'kma hosil bo'lib, ekvivalent nuqtani topishga xalaqit beradi. Ana shu sabablarga ko'ra hajmiy analizda ko'pincha permanganat bilan oksidlash kislotali muhitda olib boriladi.

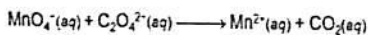
### 18.1. $\text{KMnO}_4$ eritmasini tayyorlash va uni saqlash



Half-Reaction Method



Consider the reaction between  $\text{MnO}_4^-$  and  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ :



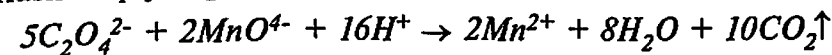
$\text{KMnO}_4$  dan aniq miqdorda tortib olish yo'li bilan permanganatning titrlangan eritmasini tayyorlab bo'lmaydi. Yana shuni nazarda tutish kerakki, suvdagi ammiak va boshqa organik moddalar bilan bir qatorda, permanganat rezinani, po'kak probkalarni, qog'oz va hokazolarni oksidlaydi. Shuning uchun, permanganat eritmasini ana shunday narsalarga tekkizmaslik kerak. Masalan,  $\text{KMnO}_4$  eritmasini qog'oz filtr orqali filtrlash mumkin emas, buning uchun shishadan yasalgan filtrdan foydalaniladi va eritmani shisha sifon orqali boshqa idishga olib, to'q rangli idishlarda saqlash kerak.  $\text{KMnO}_4$  ning 0,02 N eritmasidan 1 l tayyorlash uchun texnik tarozida 0,63 g  $\text{KMnO}_4$  kristallaridan tortib olib, stakanga solinadi va 1 litr issiq suv qo'shiladi.

Permanganat bilan titrlashda indikator ishlatilmaydi. Permanganat eritmasining o'zi rangli, shuning uchun ishchi eritma sifatida, odatda, 0,02–0,05 N  $\text{KMnO}_4$  eritmasi qo'llanadi. Shuni nazarda tutish kerakki, quruq kristalli  $\text{KMnO}_4$  toza bo'lmaydi, uning tarkibida har doim qaytarilish mahsulotlari, masalan  $\text{MnO}_2$  bo'ladi. Bundan tashqari, permanganat chang bilan birga suvga tushadigan qaytaruvchilar (ammiak, organik moddalar va h.k.) bilan reaksiyaga kirishadi. Shuning uchun tayyorlangan  $\text{KMnO}_4$  eritmasining konsentratsiyasi doimo kamayadi va 7–10 kun davomida doimiy qiymatga keladi. Demak,

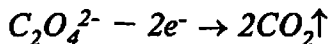
Vaqtı-vaqti bilan issiq suv qo‘shilganda eritma aralashtirilib turiladi va sekin-sekin boshqa to‘q rangli idishga quyib olinadi (toki to‘liq erib bo‘lmaguncha shunday qilinadi). qolgan suvni ham uning ustiga qo‘shib, idishning og‘zini shisha probka bilan berkitib, eritma qorong‘i joyga 7–10 kunga qo‘yib qo‘yiladi. Bu vaqt o‘tgandan so‘ng eritma sifon yordamida boshqa to‘q rangli idishga qo‘yib olinadi yoki shisha filtrdan filtrlanadi va aniqlovchi eritma bilan titrlab, aniq konsentratsiyasi topiladi.

### 18.2. $KMnO_4$ eritmasining titrini aniqlash

$KMnO_4$  eritmasining titrini aniqlash uchun turli dastlabki moddalar,  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ,  $Na_2C_2O_4$ ,  $As_2O_3$ , temir metali va boshqalardan foydalanish taklif etilgan. Bular ichida eng qulayi  $Na_2C_2O_4$  va  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  dir.  $Na_2C_2O_4$  ni suvli eritmadan oson qayta kristallanadi va  $240-250^\circ C$  da quritiladi. Natriy oksalat gigroskopik modda emas, uning tarkibida kristallizatsion suv yo‘q va u saqlash bilan o‘zgarmaydi, ya‘ni barqarordir. Oksalat kislotasi  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  ni tozalash  $Na_2C_2O_4$  ni tozalashdan qiyinroq, lekin u ham gigroskopik modda emas. Lekin oksalat kislotasi tarkibida ikkita kristallizatsion suvi bor va u havoda kristallizatsion suvini chiqarishi mumkin. Oksalat ionlarini permanganat bilan titrlashda quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



$C_2O_4^{2-}$  ionlari quyidagi sxemaga muvofiq oksidlanadi:



Shuning uchun ekvivalentni aniqlashda molyar massa 2 ga bo‘linadi.

$$E_{Na_2C_2O_4} = \frac{134}{2} = 67 \text{ gr}$$

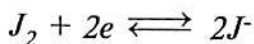
$$E_{Na_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{12606}{2} = 63 \text{ gr}$$

Ularning eritmasini titrlash uchun analitik tarozida aniq tortimni tortib olib, 250 ml o'lchov kolbasida sovuq distillangan suv bilan eritiladi va kolba belgisiga qadar suyultirib, yaxshilab aralashtiriladi.  $\text{KMnO}_4$  titrini aniqlash uchun titrlash kolbasiga 10 ml oksalat eritmasidan o'lchab olib, ustiga 10–15 ml 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qo'shiladi va 75–80°C gacha qizdiriladi va permanganat eritmasi bilan och pushti ranggacha titrlanadi. Permanganatni boshlang'ich tomchilari reaksiyaga sekin kirishadi,  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari hosil bo'lganidan so'ng reaksiya tezlashadi. Bu holda reaksiya mahsuloti bo'lmish  $\text{Mn}^{2+}$  o'zi katalizator bo'ladi va reaksiyani tezlatadi. Katalizni ushbu turi avtokataliz deyiladi. Shuning uchun permanganat eritmasining birinchi tomchilarini qo'shganda kolbani rangsizlangunicha yaxshilab aralashtirish va keyin titrlashni davom ettirish kerak. Permanganometriya usuli analizda keng qo'llaniladi. Permanganat yuqori potensialga ega bo'lgani uchun (+1.51V) oksidlash va potensiali +1.51 Volt dan kichik bo'lgan hamma ionlarni aniqlash qobiliyatiga ega. Usul  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , nitritlarni, karbonatlardagi kalsiyni, po'lat tarkibidagi marganets va boshq. aniqlashda qo'llaniladi.

### 18.3. Yodometriya usulining umumiy tavsifi

Oksidlanish-qaytarilish titrlash usuli titrimetriyada by muhim ahamiyatga ega bo'lib, oziq-ovqat mahsulotlari, formatsevtik preparatlar tahlilida va ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Masalan, vino tarkibidagi sulfid ionlari yod yordamida aniqlanadi. Dixromatning kaliy bilan reaksiyasi yordamida spirt aniqlanadi. Yod oksidlovchi bo'lib, kuchli oksidlovchilarni aniqlashda titrant hisoblanadi. Yana bir tomondan yod ionlari yumshoq qaytaruvchi, shu sababli undan kuchli oksidlovchilarni aniqlanadi. Yodometriya usulida aniqlanuvchi moddalarga misollar.

Yodometriya usuli quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga asoslangan:

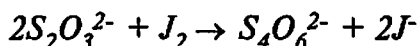


$J_2/2J^-$  juftining standart potentsiali  $+0,54V$  ga teng va oksidlanish-qaytarilish potentsiallari jadvalida o'rtada joylashgan. Shuning uchun yodometriya usuli bilan ham oksidlovchilarning ham qaytaruvchilarning konsentratsiyasini aniqlash mumkin.

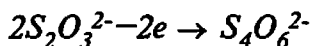
Oksidlanish-qaytarilish potentsiallari  $+0,54V$  dan kichik bo'lgan juftlar yod bilan oksidlanadi va buning asosida qaytaruvchilar aniqlanadi.  $E^0 > +0,54V$  juftlar yodni oksidlaydi va buning asosida oksidlovchilar aniqlanadi.

#### 18.4. Qaytaruvchilarni aniqlash

Oksidlanish-qaytarilish potentsiali  $E^0 = 0,09V$  bo'lgan natriy tiosulfat yod bilan oksidlanib, natriy tetratonat hosil qiladi:

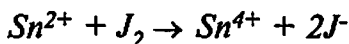
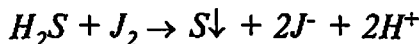
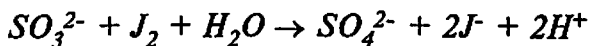


Bunda u 2 ta elektron yo'qotadi:



Yod eritmasi bilan tiosulfatni titrlaganda  $J_2$ ni ortiqcha tomchisi eritmaga och sariq rang beradi. Demak, bu holda ham xuddi permanganatometriyadagi kabi indikator ishlatmay titrlash mumkin. Lekin yodni titrlash oxirida rangi bilinar-bilinmas (juda och), bu esa ekvivalent nuqtani aniqlashni qiyinlashtiradi. Shu sababli indikator sifatida yod uchun nihoyatda sezgir bo'lgan indikator kraxmal ishlatiladi va u yod bilan birikib, ko'k rang beradi.

Usul bir qator oksidlovchilarni, sulfatlar, arsenatlar serovododni, qalayni va boshq. aniqlashga imkon beradi.

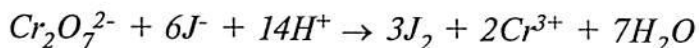


#### 18.5. Oksidlovchilarni aniqlash

Qaytaruvchilarni aniqlashda  $J_2$  eritmasi bilan titrladik. Demak, oksidlovchilarni titrlashda  $J^-$  ionlari ( $KJ$ ,  $NaJ$  va boshq.) bilan titr-

lash kerak edi. Lekin bunday titrlab bo'lmaydi, chunki ekvivalent nuqtani aniqlab olish qiyin bo'ladi.

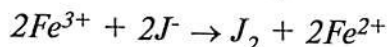
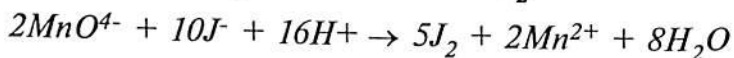
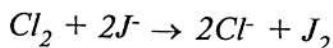
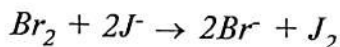
KJ eritmasi bilan oksidlovchini titrlashga misolni ko'rib chiqamiz:



KJ ni har qo'shilgan qismidan  $J_2$  ko'proq hosil bo'ladi, lekin yodni hosil bo'lishi to'xtash paytini aniqlab va reaksiyaning oxirini payqab bo'lmaydi. Kraxmal qo'shilganda (borligida) eritma ko'karaveradi. Shu sababli bu holda o'rin olish usuli qo'llaniladi. Oksidlovchining aniq o'lgangan hajmiga kislota va ortiqcha miqdorda KJ eritmasi qo'shiladi va reaksiya tugashi uchun eritma 5 daqiqaga qo'yib qo'yiladi. Reaksiya natijasida oksidlovchiga ekvivalent miqdorda yod hosil bo'ladi, ya'ni qancha oksidlovchi bo'lsa, shuncha yod hosil bo'ladi va u kraxmal ishtirokida tiosulfat bilan ko'k rang yo'qolguncha titrlanadi.

Indikator kraxmal titrlash oxirida qo'shiladi, ya'ni eritma sariq-somon rang bo'lganida qo'shiladi. Bu holda kraxmal ko'karadi, sababi u adsorbsion indikatorligida. Agar kraxmalni eritmada  $J_2$  ko'pligida qo'shsak, ko'p miqdorda yodni kraxmal bilan birikmasi hosil bo'ladi, yod tiosulfat bilan sekinroq reaksiyaga kirishadi va ekvivalent nuqtani o'tkazib yuborish mumkin. Bu usul bilan deyarli hamma standart potensiali  $> +0,54V$  bo'lgan oksidlovchilarni aniqlash mumkin.

Masalan:



Indikator kraxmalning sezgirligini yetarli darajada yuqori bo'lgani uchun ekvivalent nuqtani aniq aniqlash mumkin va shuning uchun yodometriya usuli hajmiy analizda aniq usullaridan biri hisoblanadi.

**Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish  
uchun savollar:**

1. Permanganometriya usulining umumiy tavsifi.
2.  $\text{KMnO}_4$  eritmasining tayyorlash va saqlash.
3.  $\text{KMnO}_4$  eritmasini titrini aniqlash.
4. Permanganometriya usulining qo'llanilishi.
5. Yodometriya usulining umumiy tavsifi.
6. Oksidlovchilarni aniqlash usulini tushuntiring.
7. Qaytaruvchilarni aniqlash usulini tushuntiring.
8. Permanganometriya usulida qanday indikatorlardan foydalaniladi.
9. Yodometriya usulida qanday indikatorlardan foydalaniladi.
10. Qaytaruvchilarni aniqlash usuli qanday moddalarni aniqlashga imkon beradi?
11. Yodometriya usulida aniqlanuvchi moddalarga misollar keltiring.
12. Usulning yutuq va kamchiliklari.



## 19-bob. CHO'KTIRISH USULI ASOSI. INDIKATORLI VA INDIKATORSIZ TITRLASH USULLARI. USULNING ANALIZDA QO'LLANISHI

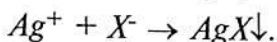
### 19.1. Cho'ktirish usulining umumiy tavsifi



*Cho'ktirish usuli* — reaksiya natijasida kam eriydigan birikmalar hosil bo'lishiga asoslangan. Bu reaksiyalarning ko'pi ma'lum bo'lsa ham hajmiy analizda ularning ba'zilaridagina foydalanish mumkin. Buning uchun bir qator shartlarga rioya qilish kerak, chunonchi:

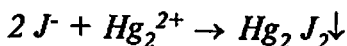
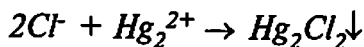
- Cho'kma amalda erimaydigan bo'lishi kerak.
- Cho'kma yetarli darajada tez tushishi kerak, ya'ni o'ta to'yingan eritmalarning hosil bo'lishi yuz bermasligi lozim.
- Titrlash natijalari adsorbsiya hodisalari ta'sirida noto'g'ri bo'lib chiqmasligi kerak.
- Titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlash uchun imkoniyat bo'lishi kerak.

Bu talablar hajmiy analizda qo'llanishi mumkin bo'lgan reaksiyalar sonini juda kamaytirib yuboradi. Kumush tuzlari bilan cho'kma hosil qilish usullari keng qo'llanadi argentometriya:



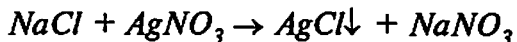
Bu yerda,  $\text{X}^-$  — galogenid ionlar ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ) va bu reaksiyaga asoslangan usullar argentometriya deb ataladi. Shu bilan bir qatorda galogenlar qiyin eriydigan simob tuzlari  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{J}_2$  holi-

da cho'ktirish orqali ham aniqlanadi va bu usul merkurometriya deb ataladi.



## 19.2. Titrlash egri chizig'i hisobi

Titrlash egri chizig'ining hisobini qilish uchun quyidagi cho'ktirish reaksiyasini ko'rib chiqamiz:



Masalan, 100 ml 0,1 N NaCl eritmasini 0,1 N AgNO<sub>3</sub> eritmasi bilan titrlaylik ( $EK_{AgCl} = 1 \cdot 10^{-10}$ ). Titrlash boshida (eritmaga AgNO<sub>3</sub> qo'shmasdan avval) Cl<sup>-</sup> ionlarining eritmada-gi konsentratsiyasi NaCl ning umumiy konsentratsiyasi 0,1 M ga teng bo'ladi, chunki bu kuchli elektrolit. Cl<sup>-</sup> ionlarining konsentratsiyasini manfiy logarifmini pCl bilan belgilab, shunday yozish mumkin:

$$pCl = -\lg[Cl^-] = -\lg 10^{-1} = 1$$

90 ml AgNO<sub>3</sub> qo'shilganda, 90% xlor ionlari cho'kmaga tushadi va eritmada 10% qoladi, ya'ni xlorning miqdori 10 marta kamayadi, ya'ni  $1 \cdot 10^{-2}$  g-ion/l ga teng bo'lib qoladi. Bunda:

$$pCl = -\lg 10^{-2} = 2$$

99,9 ml AgNO<sub>3</sub> qo'shamiz. Xlor ionlarini konsentratsiyasi  $10^{-3}$  g-ion/l bo'ladi.

$$pCl = -\lg 10^{-3} = 3$$

100 ml AgNO<sub>3</sub> qo'shilganda hamma xlor ionlarini va kumush ionlarining konsentratsiyalari o'zaro teng bo'ladi va cho'kmaga tushadi.

$$EK_{NaCl} = 1 \cdot 10^{-10}$$

$$[Cl^-] = [Ag^+] = \sqrt{10^{-10}} = 10^{-5}$$

bundan,  $pCl = -\lg 10^{-5} = 5$

100,1 ml  $\text{AgNO}_3$  qo'shamiz. Bunda kumush ionlarining ortiqcha miqdori  $\text{AgNO}_3$  ning 0,1 ml eritmasidagi  $\text{Ag}^+$  ionlarining miqdoriga teng bo'ladi. Xlor ionlarining konsentratsiyasi  $\text{NaCl}$  dan 0,1 ml ortiqcha qo'shilgan paytda qanday bo'lgan bo'lsa, endi  $\text{Ag}^+$  ionlarining konsentratsiyasi ham xuddi shuncha, ya'ni  $10^{-4}$  g-ion/l ga teng bo'ladi. Bunda:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{10^{-10}}{10^{-4}}$$

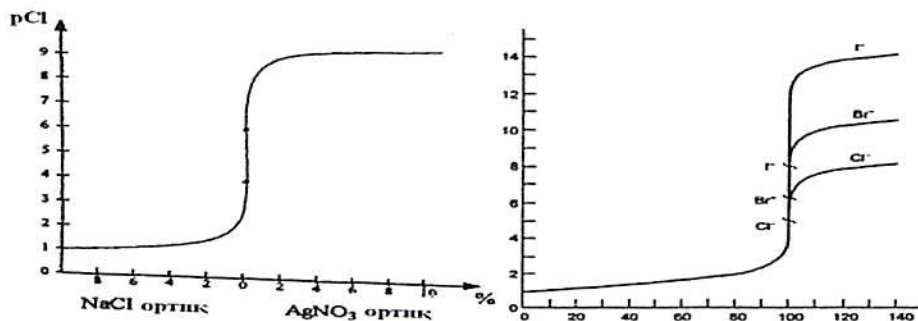
$$p\text{Cl} = -\lg 10^{-6} = 6$$

101 ml  $\text{AgNO}_3$  qo'shamiz.

$$p\text{Cl} = -\lg 10^{-7} = 7 \text{ va h.k.}$$

*Cl<sup>-</sup> ionlarini Ag<sup>+</sup> ionlari bilan titrlash egri chizig'i*

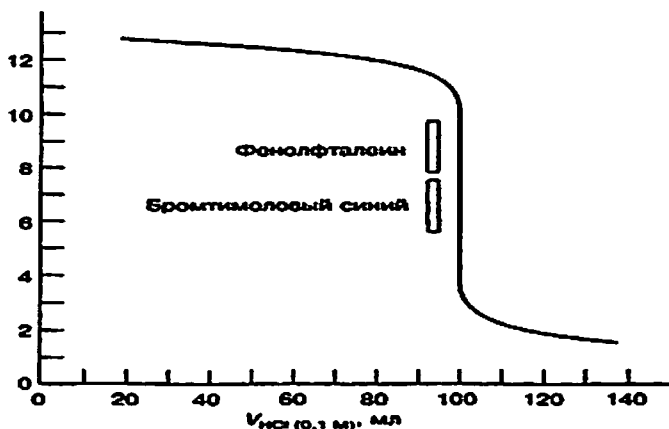
Olingan natijalar asosida «pCl ni kumush miqdori, %» koordinatalarida egri chiziqni chizamiz:



100 ml 0,1 M xlorid va bromid ionlarini 0,1 N li  $\text{AgNO}_3$  eritmasi bilan titrlash egri chizig'i

Egri chiziqlarning ko'rinishi hajmiy analizning boshqa usullarining egri chiziqlariga o'xshaydi va ekvivalent nuqta pCl 4–6 oralig'ida keskin sakraydi. Titrlash sakrashining qiymati reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional. Titrlash egri chizig'idagi keskin sakrash cho'kmaning eruvchanlik ko'paytmasi (EK) qiymatiga ham bog'liq. Qancha-

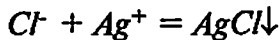
lik EK kichik bo'lsa, shunchalik moddaning cho'kish qobiliyati va titrlash sakrashi katta bo'ladi. Jumladan, yod ionlarini shu konsentratsiyalarda titrlanganda titrlash sakrashi sakkiz birlikka o'zgaradi, chunki  $EK_{AgJ}=10^{-16}$  ga teng.



0,1 M HCl eritmasini 100 ml 0,1 M NaOH eritmasi bilan titrlash egri chizig'i

### 19.3. Ekvivalent nuqtani aniqlash usullari

Cho'ktirish usuli bilan titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlashning bir necha usullari bor. Bu usulda ekvivalent nuqtani indikator yordamida va indikatorsiz aniqlash mumkin. Indikatorsiz titrlash — teng loyqalanish usuli 1832-yilda Gey-Lyussak tomonidan taklif etilgan bo'lib, titrimetrik analiz usullaridan birinchisi hisoblanadi. Titrlash jarayonida quyidagi reaksiya sodir bo'ladi deylik:



ya'ni, xlor ionlari kumush ionlari bilan titrlanadi. Ekvivalent nuqta yaqinida ikkita probirkaga bir necha tomchi titrlanadigan eritmadan solib va probirkalardan biriga NaCl eritmasidan, ikkinchiga esa  $AgNO_3$  eritmasi qo'shiladi. Titrlash ikkala probirkada teng loyqalanish bo'lgandan so'ng to'xtatiladi, bu esa ekvivalent nuqtada sodir bo'ladi.

## 19.4. Tiniqlanish nuqtasigacha titrlash

Bu usulda ekvivalent nuqta yaqinida hosil bo'lgan cho'kma reaksiya natijasida koagullanib, ipir-ipir parchalar holida cho'kadi, eritma esa bu vaqtda tiniqlashadi, ya'ni eritma tiniqlashguncha titrlanadi. Ikkala usul ham hajmiy analizning aniq usullaridan biri hisoblanadi, lekin bu usul anchagina serdiqqat ishlashni va yetarli malakani talab qiladi. Shuning uchun amalda odatda indikatorlar ishtirokida bajariladigan usullardan foydalaniladi.

### *Mor usuli*

Bu usulda galogenidlarni kumush ionlari bilan titrlaganda indikator sifatida  $K_2CrO_4$  qo'shiladi va u galogen ionlari to'liq cho'kib bo'lganidan so'ng kumush ionlari bilan qizil-g'isht rangli cho'kma hosil qiladi. Reaksiyani  $pH = 8$  da olib boriladi.

0,1 N NaCl eritmasini 0,01 M  $K_2CrO_4$  indikator eritmasi ishtirokida standart  $AgNO_3$  eritmasi bilan titrlansin, deylik. Bu vaqtda hosil bo'ladigan moddalarning ( $AgCl$  va  $Ag_2CrO_4$ ) har biri uning eritmadagi ionlari konsentratsiyalari ko'paytmasi eruvchanlik ko'paytmasidan ortib ketgandan keyingina cho'ka boshlaydi.

$AgCl$  ning eruvchanlik ko'paytmasi  $EK_{Ag} = 10^{-10}$  ga teng bo'lgani sababli,  $AgCl$  ning cho'kishi uchun eritmada  $Ag^+$  ionlar konsentratsiyasi:

$$[Ag^+] = \frac{EK_{AgCl}}{[Cl^-]} = \frac{10^{-10}}{10^{-1}} = 10^{-9} \text{ g-ion/l}$$

Endi  $Ag_2CrO_4$  ning cho'ka boshlashi uchun  $Ag^+$  ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'lishi kerakligini hisoblab topamiz:

$$EK_{Ag_2CrO_4} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-13}$$

Bundan:

$$[Ag^+] = \sqrt{\frac{EK_{Ag_2CrO_4}}{[CrO_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-13}}{10^{-2}}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion/l}$$

Demak, eritmada  $Ag^+$  ionlarining konsentratsiyasi kamroq ( $10^{-9}$  g-ion/l) bo'lganda ham  $AgCl$  cho'kmasi oldinroq cho'ka boshlaydi va  $[Ag^+]=10^{-5}$  ga yetganda  $Ag_2CrO_4$  cho'ka boshlaydi va u titrlanayotgan aralashmani qizil-g'isht rangga bo'yaydi.  $EK_{AgCl} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = 10^{-10}$  dan  $[Cl^-]$  ionlarining shu paytdagi konsentratsiyasini hisoblab topish qiyin emas:

$$[Cl^-] = \frac{EK_{AgCl}}{[Ag^+]} = \frac{10^{-10}}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 9,5 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion/l}$$

$Cl^-$  ionlarining yuqorida topilgan konsentratsiyasiga to'g'ri keladigan  $pCl$  qiymati  $pCl = -\lg 9,5 \cdot 10^{-6} = 5,03$  ga teng bo'lib, bu titrlash egri chizig'idan keskin sakrash sohasining ichida (4–6) yotadi. Bu hol berilgan indikatorni titrlash uchun qo'llash mumkinligini ko'rsatadi. Usulning kamchiliklari:

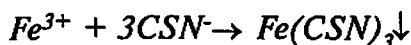
- usul galogen ionlarini faqat kumush ionlari bilan titrlashga imkon beradi (teskarisi mumkin emas);

- titrlashni faqat neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda olib borish mumkin;

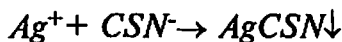
- titrlashga boshqa begona ionlar xalaqit beradi. Ushbu keltirilgan kamchiliklar Mor usulining qo'llanilishini keskin chegaralab qo'yadi.

### *Folgard usuli*

Bu usulda indikator sifatida  $CNS^-$  ionlari bilan qizil rangli kompleks hosil qiluvchi  $Fe^{3+}$  ionlari qo'llaniladi.



Shu bilan bir vaqtda  $CNS^-$  ionlari  $Ag^+$  ionlari bilan birikib, cho'kma hosil qiladi.

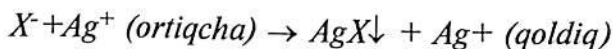
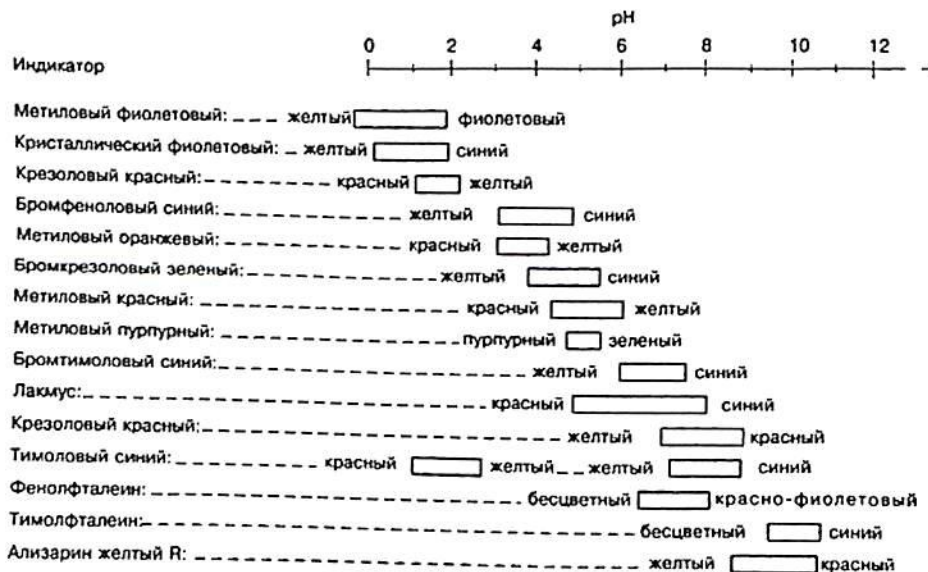


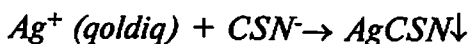
Bu esa kumush ionlarini  $KCSN$  yoki  $NH_4CNS$  standart eritmasi bilan  $Fe^{3+}$  indikator ishtirokida qizil rang hosil bo'lganicha titrlashga imkoniyat beradi. Galogenid ionlari  $Ag$  ning ortiqcha

miqdorini qo'shib teskari titrlash orqali ularning cho'kkanidan keyin aniqlash mumkin.

| Indikator              | titrlash  | sharoit                                 |
|------------------------|---|---|
| Флуоресцин             | $\text{Cl}^-$ с $\text{Ag}^+$                                 | pH 7-8                                  |
| Дихлорфлуоресцин       | $\text{Cl}^-$ с $\text{Ag}^+$                                 | pH 4                                    |
| Бромкрезоловый зеленый | $\text{SCN}^-$ с $\text{Ag}^+$                                | pH 4-5                                  |
| Эозин                  | $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{SCN}^-$ с $\text{Ag}^+$ | pH 2                                    |
| Метиловый фиолетовый   | $\text{Ag}^+$ с $\text{Cl}^-$                                 | Кислая среда                            |
| Родамин 6Ж             | $\text{Ag}^+$ с $\text{Br}^-$                                 | $\text{HNO}_3$ ( $\leq 0,3 \text{ M}$ ) |
| Торин                  | $\text{SO}_4^{2-}$ с $\text{Ba}^{2+}$                         | pH 1,5-3,5                              |
| Бромфеноловый синий    | $\text{Hg}_2^{2+}$ с $\text{Cl}^-$                            | 0,1 M                                   |
| Ортохром Т             | $\text{Pb}^{2+}$ с $\text{CrO}_4^{2-}$                        | Нейтральная среда, 0,02 M               |

*Ayrim indikatorlarni ma'lum pH oralig'ida rang o'zgarish sohalari*





Bu usul Mor usuliga qaraganda ancha tanlovchan va cho'ktirish usulida asosan  $Ag^+$  va galogenid ionlarni aniqlashda qo'llaniladi. Bundan tashqari ushbu usulda anionlarni aniqlashda keng foydalaniladi.

Yuqoridagi indikatorlardan tashqari adsorbsion indikatorlar ham qo'llanadi.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Cho'ktirish usulining asoslari.
2. Titrlash egri chizig'i hisobi.
3. Cho'ktirish usulining titrlash egri chizig'i.
4. Ekvivalent nuqtani aniqlashning indikatorsiz usuli, teng loyqalanish usuli.
5. Tiniqlanish nuqtasigacha titrlash, kamchiliklari.
6. Indikatorli titrlash usullari.
7. Indikator tanlash usullari.
8. Folgard usuli bilan titrlash.
9. Insikatorsiz titrlash usullari.
10. Mor usuli, usulning afzlliklari.
11. Folgard usuli bilan titrlashda qaysi indikatordan foydalaniladi?
12. Cho'ktirish usulining titrlash egri chizig'ini olishda qaysi reaksiyadan foydalaniladi.



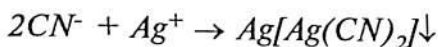
## 20-bob. KOMPLEKS HOSIL QILISH USULI. KOMPLEKSONLAR, USULNING ANALIZDA QO‘LLANISHI VA AHAMIYATI



Kompleks hosil qilish reaksiyalari bo‘yicha titrlash chegaralanib qo‘llanilgan va  $CN^-$ ,  $F^-$  boshqa shu kabi noorganik kompleks hosil qiluvchilar qo‘llanilgan. Ularni qo‘llash uchun reaksiyalar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- Reaksiyalar tez va stexiometrik bo‘lishi kerak.
- Ekvivalent nuqtani aniqlash imkoniyati bo‘lishi kerak. Sianidlar bilan

kumush tuzlari titrlangan:



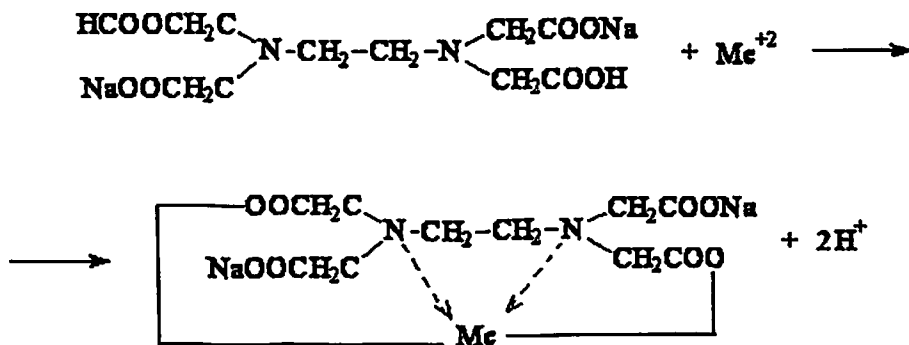
Bunda loyqani hosil bo‘lishi ekvivalent nuqta hisoblanadi. Kompleks hosil qilish usuli bilan indikator sifatida alizarinni qo‘llab alyuminiy, toriy va sirkoniy ionlarini aniqlash mumkin. Organik kompleks hosil qiluvchilar, jumladan, aminokarbon kislotalar va ularning tuzlari – kompleksonlar qo‘llanishi bilan usul keng qo‘llana boshladi va keyinchalik kompleksometriya usuli deb atala boshladi.

Kompleksonlar ichida etilendiaminotetra sirka kislotasining ikkita natriyli tuzi, ya’ni komplekson-III analizda keng qo‘llanadi (texnik nomlanishi – Trilon-B).

Komplekson-III ko‘pchilik metall ionlari bilan komplekslar (ichki kompleks birikmalar) hosil qiladi. Bunda metallar ionlar karboksil guruhdagi vodorod atomlari bilan o‘rin almashinadi, azot atomlari esa koordinatsion bog‘ hosil qiladi. Natijada barqaror qisqichsimon kompleksonlar (xelatlar) hosil bo‘ladi.

Har xil sharoitda metallni ligandga nisbati 1:1 bo‘lgan kompleks birikmalar hosil bo‘ladi. Bu degani, agar uch valentli

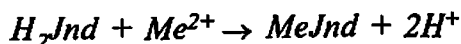
metall reaksiyaga kirishsa, ikki vodorod atomidan tashqari, ya'na bir natriy atomi ham o'rin almashadi, agar to'rt valentli metall bo'lsa, unda ikkita natriy atomi ham va h.k.



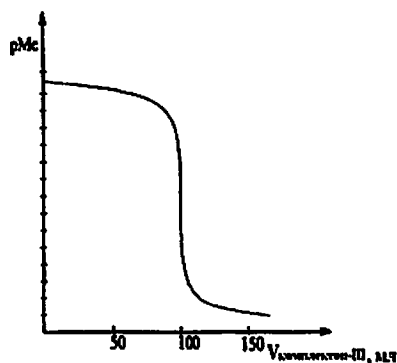
Reaksiya natijasida ikki vodorod ioni ajraladi, bu esa kislotali muhitni beradi, shuning uchun pH muhiti kompleks hosil qilishda katta ahamiyatga ega.

Kompleksonometrik titrlash usulida metall xrom indikatorlari qo'llaniladi. Ular organik bo'yoqlar bo'lib, o'zlari bir rangga, metallar bilan kompleks hosil qilish reaksiyasida esa boshqa rangga ega.

Masalan, erioxrom qorasi (EXCh-T) indikatorini o'z rangini quyidagi sxemaga muvofiq o'zgartiradi:



pH = 7-11 bo'lganda ko'pchilik metall ionlar indikator bilan qizil rangli komplekslar hosil qiladi ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  va boshqalar). Lekin bu komplekslar metallarning komplekson-III bilan hosil qilgan komplekslaridan beqaror bo'lgani uchun titrlash vaqtida metall ionlari komplekson-III bilan rang-



siz komplekslar hosil qiladi, eritmada esa indikatorning erkin molekullari va ular ko'k rangga bo'yaladi.

Demak, metall ionlari titrlaganda eritmaga mos keluvchi bufer aralashma qo'shiladi va hosil bo'lgan qizil rangli eritma ko'k rangga kimguncha kompleksion-III bilan titrlanadi. Bu usulda ham indikator tanlash uchun « $-\lg[\text{Me}] = p\text{Me} - \text{titrlashga sarflangan kompleksion-III miqdori}$ » koordinatalarida egri chiziq tuziladi. Boshqa usullardagi kabi indikator shunday tanlanadiki, uning rang o'zgarish sohasi grafikdagi titrlash sakrashiga mos tushishi kerak.

### 20.1. Kompleksonometriyaning analizda qo'llanishiga misollar

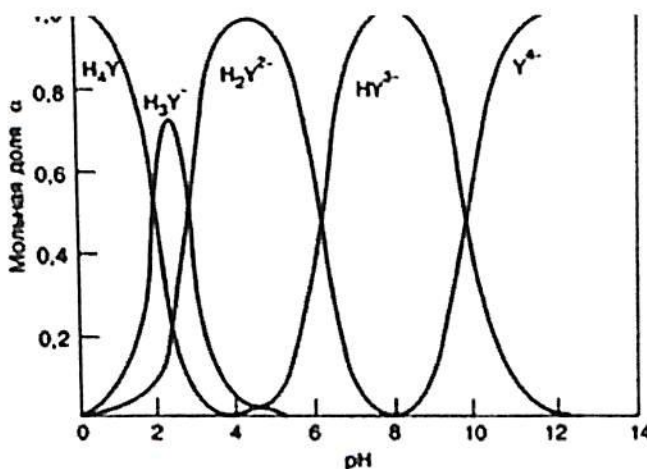
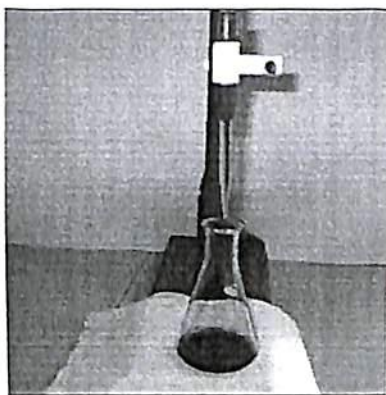
Bu usul, yuqorida aytib o'tganimizdek, kuchsiz ishqoriy muhitda ko'pchilik metallarning aniqlanishiga imkoniyat beradi. Yuqoriroq ishqoriy muhitlarda  $\text{pH} > 13$  bo'lganda, bu metallar gidroksidlar cho'kmasini hosil qiladi,  $\text{Ca}^{2+}$  dan tashqari, u esa indikator — mureksid ishtirokida titrlanadi. Demak, muhit  $\text{pH}$  ni va indikatorni to'g'ri tanlab, ko'pchilik metallarning ionlarini aniqlashi mumkin.

*Vaqtinchalik qattqlikni — neytrallanish usuli bilan umumiy qattqlikni — kompleksionometrik etris bilan aniqlab umumiy va vaqtinchalik qattqlikni ayirmasidan doimiy qattqlik hisoblanadi. Umumiy qattqlikni kompleksionometrik usul bilan aniqlash keng tarqalgan bo'lib hamma korxonalarining ilmiy va boshqa laboratoriyalarida qo'llanadi.*

Titrlashda,  $\text{NH}_3$  sifat reagentlarini aniqlashda kam bo'lsada ishlatiladi, stexiometrik nisbatda bo'lganligi sababli titrlashda qiyinchiliklarga duch keladi. Shu sababli o'zgaruvchan konstantali komplekslar odatda ko'p emas, ular bir-biriga yaqindir, shuning uchun o'ziga xos komplekslarni ajratib bo'lmaydi. Shunday reagentlar borki ular ikki va undan ortiq komplekslarni hosil qiluvchi gruppalariga egadir. Shvarsenbax ularni titrlashda bidentat ligandlardan foydalanilganda kompleksionlarning barqarorligi bir-muncha ortishini ko'rsatib o'tdi.

Misol uchun mis kompleksi etilendiamin bilan ( $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) amiakli birikmalariga qaraganda barqarordir. Agar etilen-

diaminning azot atomidagi vodorod atomi sirka kislotaning qoldig'iga almashtirilsa, hosil bo'lgan ligand  $\text{Cu}^{2+}$  ionlari bilan 1:1 nisbatda kompleks hosil qiladi. Titrash uchun bunday ligandlardan foydalanish qulay emas. Kompleksonometrik titrlashda ko'pincha aminopolikarbon kislotalardan foydalaniladi, unda karboksil gruppadagi azot atomlari va kislorod atomlari donor hisoblanadi. Ushbu kislota anionlari protonlanishga moyil bo'ladi, azot atomi asosiy hisoblanadi, chunki u osonroq protonlashadi.



Har bir karboksil gruppada 2 ta azot va bitta kislorod atomi elektron juft hosil qilgan bo'lib, metall ionlari bilan koordinatsion aloqalar o'rnatadi. Shunday qilib EDTA molekulari 6 ta donor atomdan iborat, keyinchalik EDTA ning bir molekulasini quyidagicha belgilaymiz  $\text{H}_4\text{Y}$ . EDTA to'rt asosli kislota, metall komplekslarida u  $\text{Y}^{4-}$  anion shakliga kiradi. Kompleks birikmalar hosil qilishda EDTA protonlari metall ionlariga ko'chadi.

Kompleksonometriya usulining qo'llanilishiga keyingi keng tarqalgan usul – suvning umumiy qattiqligini aniqlashdir.

Karbonat (yoki vaqtinchalik) qattqlik va uni aniqlash usullari bilan avval tanishdik.

Suvning tarkibidagi xloridlar, kalsiy va magniyni nitratlari doimiy qattqlikni ifodalaydi.

Vaqtinchalik va doimiy qattqlikning yig'indisi umumiy qattqlikni tashkil etadi.

Kompleksonometrik titrlash usuli bilan umumiy qattqlik aniqlanadi. Aniqlash kuchsiz ishqoriy muhitda indikator erioxrom qorasi ishtirokida olib boriladi va komplekson-III eritmasi bilan vino qizil rangdan ko'k rangga o'tguncha titrlanadi.

EDTA mol miqdorini pH muhitga bog'liqlik grafigi.

### **Mavzularni chuqur o'zlashtirish va nazorat qilish uchun savollar:**

1. Kompleks hosil qilish usulining asoslari.
2. Kompleksonlar tuzilishi va kompleks hosil qilishi.
3. Kompleksonometriyada indikatorlar nazariyasi.
4. Titrlash egri chiziqlari va indikator tanlash.
5. Kompleksonometriyada metall ionlarni aniqlash.
6. Suvning umumiy qattqligini aniqlash.
7. Suvning doimiy qattqligini aniqlash.
8. Kompleksonometriyada indikatorlar nazariyasi.
9. Kompleksonometriya usulida foydalaniladigan indikatorlar.
10. Kompleksonometriya usulining foydalanish sohalari.
11. EDTA ning formulasini yozing.

## ANALITIK KIMYO FANI MAVZULARI BO'YICHA AYRIM TAYANCH IBORALARNING IZOHI (GLOSSARIY)

**Analitik kimyo fani** — moddaning kimyoviy tarkibini aniqlashning nazariy asoslarini rivojlantiruvchi, elementlar va ularning birikmalarini aniqlash, ajratib olish, tarkibini aniqlash usullari hamda birikmaning kimyoviy tuzilishini aniqlash usullarini ishlab chiquvchi fan.

**Sifat analizi** — analitik kimyo fanining moddalarning tarkibida qanday element atomlari borligini o'rganuvchi bo'limi.

**Miqdor analizi** — analitik kimyo fanining moddalarning tarkibida element atomlarining qanday miqdorda borligini o'rganuvchi bo'limi.

**Ayni aniqlash** — aniqlanayotgan kimyoviy birikmaning fizik-kimyoviy xossalari asosida oldindan ma'lum bo'lgan modda bilan solishtirish orqali aniqlash.

**Aniqlash** — aniqlanayotgan obyekt tarkibida u yoki bu asosiy komponentlar, aralashmalar, funksional guruhlar bor yoki yo'qligini aniqlash.

**Kation** — musbat zaryadli ion.

**Anion** — manfiy zaryadli ion.

**Analitik reaksiya** — element, ion yoki molekulani ajratib olish, aniqlash va miqdorini aniqlash uchun ishlatiladigan reaksiya turi.

**Reagentlar** yoki **reaktivlar** — analitik reaksiyalarni amalga oshirishga yordam beruvchi moddalar.

**Guruh reagent** — bir guruh kationlari yoki anionlari bilan bir xil sharoitda reaksiyaga kirisha oladigan moddalar.

**Anionlar** — (grek. ana — yuqori va ion — boruvchi) — manfiy zaryadlangan ionlar ( $\text{ON}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Elektr maydonida A. musbat elektrodga — anodga tomon harakatlanadi. Anion termini 1833-yil ingliz olimi M. Faradey tomonidan kiritilgan. A. ko'pchilik tuzlar kislota va asoslarning eritmalarida, shuningdek ion bog'lanishli birikmalarining kristall panjaralarida va suyuqlanmalarida bo'ladi.

**Anod** – termini 1833-yil ingliz olimi M. Faradey tomonidan kiritilgan. A. grekcha soʻzdan olingan boʻlib (anodos – koʻtarilish) oʻzgarimas tok manbaining musbat qutbiga ulangan elektrod.

**Adsorber** – (lat. absorbeo – yutaman) – gaz va buglarni yutirish uchun gaz aralashmasidagi komponentlardan bittasini yoki bir nechtasini absorbent (yutuvchi) deyiladigan suyuklikda eritish yoʻli bilan gaz aralashmasini tarkibiy kislarga ajratish uchun ishlatiladigan apparat.

**Absorbsiya** – (lat. absorption – yutish) moddalarning suyuklik yoki qattiq jismlarga yutilishi ularda erishi. Adsorbsiyadan farq qilib bunda moddalar yutuvchining butun hajmiga yutiladi. A. moddalarning yutuvchida erishi yoki kimyoviy oʻzaro taʼsiri bilan (ximisorbsiya) A. dan sanoatda gaz aralashmalarini tarkibiy qismlarga ajratish gazlarni tozalash turli xil mahsulotlar olish ( $\text{SO}_3$  ni A yoʻli bilan sulfat kislota gazsimon HCl ni A bilan xlorid kislota olinadi) Moddalar aralashmasini ajratish uchun radiokimyoy va analitik kimyoda elementlar aralashmalarini bir-biridan ajratish radiaktiv elementlarni sof holda ajratib olish uchun foydalaniladi.

**Ajratish metodlari** (analitik kimyoda) – juda muhim analitik jarayonlar, ular shuning uchun ham zarurki analitik metodlarning koʻpchiligi yetarli darajada selektiv (tanlab taʼsir etadigan) emas yaʼni bitta elementni moddani topish va miqdoriy jihatdan aniqlashga regxbkbr boshqa elementlar xalaqit beradi. Ajratish uchun churish elektroliz ekstraksiya xromotografiya distillash zonali suyuqlantirish va boshqa metodlar qoʻllaniladi. Sifat analizida elementlarning ionlari bir-biridan ajratish guruh reagentlari bikfmbkflb ular murakkab aralashmalarni analiz qilishga doir qiyin hal qilinadigan masalani bir necha nisbatan oddiy masalalarga aylantirishga imkon beradi.

**Aktivlanish energiyasi** – kimyoviy reaksiya sodir boʻlishi uchun reaksiyaga kirishadigan moddalarning zarrachalarida boʻlishi zarur boʻlgan eng kam energiya.

**Alizarin** – (1, 2-dioksiantraxinon) murakkab boʻyoqlar sintez kilinishida muhim maxsulot. Alyuminiy A. bilan birikmasi ta-

bii bo'yoqlar tayyorlashda va poligrafiyada ishlatiladi. A. asosida olinadigan bo'yoqlar gazlamalarni paxta binafsha rangga bo'yash uchun ham ishlatiladi. Analitik kimyoda A. alyuminiy ionlarini va boshqa bir qancha elementlarning ionlarini aniqlash uchun reagent sifatida xizmat qiladi.

**Alkalimetriya** va atsidimetriya-kislota yoki asoslarni aniqlashning neytrallanish reaksiyasiga asoslangan eng muhim titrimetrik metodlari:  $N^+ + OH^- = H_2O$

Ishqor eritmasi bilan titrlash alkalimetriya, kislota eritmasi bilan titrlash-atsidimetriya deyiladi.

**Analiz** — (grek. analysis — parchalanish) — moddaning sifat va miqdoriy tarkibini aniqlashning turli xil usullarining yig'indisi ishlab, chiqarishni nazorat qilish uchun texnik analiz kata ahamiyatga ega.

**Atom** — (grek. atomos — bo'linmas) — kimyoviy elementning barcha kimyoviy elementga muayyan atomlar turi muvofiq keladi, ularning tuzilishi elementning kimyoviy individualligini belgilaydi. A. musbat zaryadlangan yadro bilan manfiy zaryadlangan elektronlardan tarkib topadi. Umuman elektroneytral. Atomlar erkin holda ham shu elementlarning atomlari bilan birikib molekula hosil qilgan holatda ham mavjud bo'lishi mumkin.

**Atsetat anioni** —  $(CH_3COO^-)$  sirka kislota qoldig'i III guruh anioni.

**Analitik reaksiya sezgirligi** — oshilishi mumkin bo'lgan ionning minimal konsentratsiyasi.

**Birga cho'kish** — asosiy modda cho'kmasining (makrokomponentning) boshqa moddalarni (qo'shimchalarni) ilashtirib cho'kishi. Birga cho'kish sirt adsorbsiyasi, okklyuziya, izomorfizm va boshqa jarayonlar tufayli sodir bo'ladi. Birga cho'kish miqdoriy analizda muhim xatolarga sabab bo'lishi mumkin. B. ch. qo'shimchalarni aniqlashda ularni konsentratsiyalash uchun foydalaniladi.

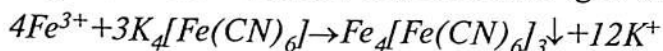
**Bufereritmalar** — (ingl. buffer, buff — zarbani yumshatish) — vodorod ionlarining konsentratsiyasi muayyan, barqaror bo'lgan eritmalar; kuchsiz kislota bilan uning tuzining aralashmasi (mas.,



CH<sub>3</sub>COOH va CH<sub>3</sub>COONa) yoki kuchsiz asos bilan uning tuzining aralashmasi (mas. NH<sub>3</sub> va NH<sub>4</sub>Cl). Ozroq miqdorda erkin kuchli kislota yoki ishqor qo'shilganda, suyultirilganda yoki konsentrlanganda.

**Bo'laklab cho'ktirish** — kimyoviy xossalari va eruvchanligi jihatidan bir-biriga yaqin bo'lgan moddalar aralashmasini tarkibiy qismlarga ajratish usuli. B.ch. aralashma komponentlarini alohida-alohida porsiyalar (fraksiyalar) holida asta-sekin cho'kmaga tushirishdan iborat.

**Berlin zangorisi** — Fe<sup>3+</sup> kationi uchun xos bo'lgan cho'kma.



**Vino kislota** (dioksiqahrabo kislota, tartrat kislota) — HOOC-CHOH-CHOH-COOH ikki asosli oksikislota. 3 ta stereoizomer formulalari mavjud. Oziq-ovqat sanoatida, analitik kimyoda natriyli nordon tuzi kaliy kationini aniqlash uchun ishlatiladi. Tuzlari (tartratlar) meditsinada, gazlamalarni bo'yashda ishlatiladi va boshqa maqsadlarda foydalaniladi.

**Vodorod ko'rsatkich** — pH tushunchasi 1909-yilda daniyalik kimyogar Serensen tomonidan kiritilgan. «P» — potenz-matematika daraja so'zining bosh harfi, H harfi vodorod simvoli. Vodorod ko'rsatkich eritmadagi vodorod ionlarining konsentratsiyasining manfiy o'nli logarifmdagi qiymatidir. pH = -log[H<sup>+</sup>] pH=7 muhit neytral, pH >7 muhit ishqoriy, pH < 7 muhit kislotali.

**Galvanik element** (italiyalik olim Galvani nomidan) — tokning kimyoviy manbalari, ularda sodir bo'ladigan elektrokimyoviy reaksiyalar hisobiga elektr energiyasi ajralib chiqadi. Oddiy G.e. elektrolit eritmasiga botirilgan ikkita elektroddan: manfiy (Zn) va musbat (Cu metallarining oksidlari, ko'mir) elektroddan tarkib topgan bo'ladi.

**Gidroliz** — (grek. hydro — suv va lysis — parchalanish) — moddalarni suv bilan o'zaro ta'sirlashib kuchsiz elektrolit hosil qilishi bilan boradigan reaksiya. Hidrolizga tuzlar, oqsillar, nukliyen kislotalar, yog'lar, murakkab efirlar uchraydi. Kuchli kislota qoldig'i

va kuchli asos kationidan hosil bo'lgan tuzlardan (cho'kmalardan) tashqari barcha tuzlar gidrolizga uchraydi.

**Gravimetrik analiz** (tortma analiz) — miqdoriy kimyoviy analizning juda muhim metodi bo'lib, bunda tarozida tortish aniqlashning faqat boshlang'ich emas, balki oxirgi bosqichlari ham bo'lib hisoblanadi. G.a. kimyoviy o'zgarishlarda moddalar massasining saqlanish qonuniga asoslangan. G.a. ikki xil usuli bor: haydash va cho'ktirish usuli. G.a. aniqlilik darajasi yuqori kamchiligi ko'p vaqt talab qiladi.

**Guruh reagent** — ko'pchilik anorganik ionlar yoki organik birikmalarning muayyan sinflari bilan o'ziga xos reaksiya mahsulotlarini hosil qiladigan reaktiv (cho'kma gaz, eruvchan rangli mahsulotlar) m-n ammoniy sulfid quyidagi kationlarga guruh reagenti bo'ladi. Bitta guruh kationlari bilan  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  va boshq.

**Tahlil usuli** — tahlil asosini tashkil etuvchi tamoyil.

**Tahlil uslubi** — tahlilni bajarilish tartibi.

**Spetsifik reagent** — murakkab aralashmadagi faqat bitta ionigina xos reagent (reaksiya).

**Selektiv reagent** — xalaqit beruvchi ionlar bo'lmaganda ayrim ionlarga tanlab ta'sir etuvchi reagent.

**Guruh reagent** — ionlar guruhi bilan bir xil analitik samara beruvchi reagent.

**Tahlil turlari** — element, funksional, molekulyar, fazoviy va farmatsevtik tahlil.

**Namuna massasiga ko'ra** — makro, yarim-mikro, mikro, ultramikro usullar.

**Bajarilish uslubiga ko'ra** — quruq va ho'l usullar.

**Bajarilish tartibiga ko'ra** — tizimli (sistematik) va karsli usul.

**Eruvchanlik** — muayyan haroratda o'ta to'yingan eritmaning konsentratsiyasi (g/l, m/l).

**Geterogen tizim** — ikki xil agregat fazadan iborat aralashma.

**Geterogen muvozanat** — ikki xil faza chegarasida qaror topgan kimyoviy muvozanat.

**Eruvchanlik ko'paytmasi** — oz eruvchan elektrolit ionlarining geterogen muvozanatda stexiometrik koeffitsient darajalardagi faol konsentratsiyalar ko'paytmasining xona haroratidagi qiymati.

**Kationni to'liq cho'kishiga** — moddaning tabiati, kation radiusi, erituvchining dissotsiatsiya doimiysi, konsentratsiyasi va harorat ta'sir etadi.

**Cho'kmani erishiga** — harorat, tuz samarasi, erish mahsulotini dissotsiatsiya doimiysi ta'sir etadi.

**Tuz samarasi** — cho'kma-eritma geterogen tizimiga begona ismli yaxshi eruvchan elektrolit qo'shilganda eruvchanlik ortadi.

**Karsli cho'ktirish** — cho'kmalarni  $K_S$  qiymatlarining farqiga ko'ra ketma-ket cho'ktirish.

**Qiyin eruvchan cho'kmani oson eruvchan cho'kmaga aylantirish** — eruvchanlik ko'paytmalar nisbati 8–10 dan oshmagan holdagina amalga oshirilishi mumkin.

**Spetsifik (maxsus) indikatorlar** — oksidlanish-qaytarilish reaksiyasida oksidlovchi yoki qaytaruvchi bilan ta'sirlashib, rangli birikmalar hosil qiladi.

**Redoks indikatorlar** — eritma oksidlanish-qaytarilish potensialining muayyan qiymatida oksidlanib yoki qaytarilib o'z rangini o'zgartiradi.

**Qaytar redoks indikatorlar** — EN yoki uning yaqinida eritma potensialining muayyan qiymatida rangini o'zgartirib yana o'z rangiga qaytadi.

**Qaytmas redoks indikatorning rangi** — EN yoki uning yaqinida, eritma potensialining o'zgarishi bilan qaytmas tarzda o'zgaradi.

**Redoksimetrik titrlash egriligi** — titrlanayotgan eritma muvozanat potensialini unga qo'shilgan titrant hajmiga bog'liqlik egriligi.

**Permanganometriya** —  $KMnO_4$  eritmasi bilan qaytaruvchilarning miqdorini aniqlash. Standart modda —  $N_2S_2O_4 \cdot 2N_2O$ , titrant —  $KMnO_4$ , indikatorsiz usul.

**Permanganometriya** — kislotali sharoitda olib boriladi.

**Titrlash turlari** — to'g'ri, qoldiqni va mahsulotni titrlash usullari.

**Suvning oksidlanuvchanligi** — 1 dm<sup>3</sup> suvda qaytaruvchilarning miligramm miqdori bilan belgilanadi. Qoldiqni titrlash usulida aniqlanadi. Birligi — mg/dm<sup>3</sup>.

**Suvning sifati** oksidlanuvchanlik o'ldamlari bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

**Nitritometrik titrlash usuli** — titrant NaNO<sub>2</sub> eritmasi bilan qaytaruvchilarni aniqlashga asoslangan.

**Tashqi indikator sifatida** — kraxmal va kaliy yodid shimdirib, so'ngra quritilgan yododkraxmal qog'ozi ishlatiladi.

**Ichki indikator sifatida** — tropeolin «00» yoki tropeolin «00» ning metilen ko'ki bilan aralashmasidan iborat redoks indikatorlar qo'llanadi.

**Seriyometriya** — aniqlanuvchi moddani seriy (IV) sulfat eritmasi bilan titrlashga asoslangan.

**Kompleksimetriya** — aniqlanuvchi ionni titrant bilan barqaror kompleks birikma hosil qilishi reaksiyasiga asoslangan.

**Merkurimetriya** — Ng<sup>+2</sup> ning barqaror, suvda eruvchan, kam dissotsiyalanuvchi kompleks birikmalarining hosil bo'lishiga asoslangan. Titrant — Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

**Sianometriya** — metallarning SN<sup>-</sup> ioni bilan kompleks hosil qilishiga asoslangan (kumush, rux, simob, kobalt, nikel). Titrant — NaCN, KCN.

**Ftorometriya** — metallarning ftoridli komplekslarini hosil bo'lishiga asoslangan (alyuminiy, sirkoniy (IV), toriy (IV)). Titrant — NH<sub>4</sub>F, NaF.

**Kompleksonometriya** (xelatometriya) — metall kationlarini kompleksonlar bilan kompleksonlar hosil qilish reaksiyasiga asoslangan. Titrant — Trilon «B» (komplekson — III).

**Kompleksonlar** — ko'p asosli aminokarbon kislotalar va ularning tuzlari bo'lib, anionlari ko'p dentatli, xelat birikma hosil qiluvchi, ligand sifatida qator metall kationlari bilan eruvchan, barqaror komplekslar — kompleksonlar hosil qiladi.

Analytik kimyo fanida moddalarni sifat va miqdoriy tahlil qilishda foydalanish uchun tavsiya qilingan fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasi

**1. Organik birikmalarning normal sharoitdagi yonish issiqlik effektlari –  $\Delta H_{\text{yonish}}^{\circ}$ \***

Yonishning so'nggi mahsulotlari:  $\text{CO}_2$  (g.),  $\text{H}_2\text{O}$  (s.),  $\text{N}_2$  (g.),  $\text{SO}_2$  (g.). Tarkibida galogen saqlovchi kimyoviy birikmalar yonishida so'nggi mahsulot sifatida vodород galogenidlari ajraladi

*I-jadval*

| Kimyoviy birikma nomi                        | $\Delta H^{\circ}_{298}$ |          | Kimyoviy birikma nomi                                | $\Delta H^{\circ}_{298}$ |          |
|--|--------------------------|----------|--|--------------------------|----------|
|  | kJ/mol                   | kkal/mol |  | kJ/mol                   | kkal/mol |
| Uglevodorodlar                               |                          |          |  |                          |          |
| $\text{CH}_4$ (g.) metan                     | -890,31                  | -212,79  | $\text{CH}_4\text{O}$ (s.) metil spirt               | -726,64                  | -173,67  |
| $\text{C}_2\text{H}_2$ (g.) asetilen         | -1299,63                 | -310,62  | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (s.) etil spirt       | -1366,91                 | -326,70  |
| $\text{C}_2\text{H}_4$ (g.) etilen           | -1410,97                 | -33,23   | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (s.) glikol         | -1192,86                 | -285,10  |
| $\text{C}_2\text{H}_6$ (g.) etan             | -1559,88                 | -372,82  | $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (s.) glitserin      | -1664,40                 | -397,80  |
| $\text{C}_3\text{H}_6$ (g.) propilen         | -2058,53                 | -492,00  | $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ (kr.) fenol           | -063,52                  | -732,20  |
| $\text{C}_3\text{H}_8$ (g.) propan           | -2220,03                 | -530,60  | $\text{CH}_2\text{O}$ (g.) formaldegid               | -563,58                  | -134,70  |
| n- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ (g.) n-butan    | -2878,38                 | -687,95  | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (g.) atsetaldegid     | -1192,44                 | -285,00  |
| izo- $\text{C}_4\text{H}_{10}$ (g.) izobutan | -2871,69                 | -686,35  | $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (s.) atseton          | -1789,79                 | -427,77  |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$ (g.) pentan        | -3536,15                 | -845,16  | $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (s.) etilatsetat    | -2254,21                 | -538,77  |
| $\text{C}_6\text{H}_6$ (g.) benzol           | -3301,59                 | -789,10  | $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (s.) dietil effir  | -2730,90                 | -652,70  |
| $\text{C}_6\text{H}_6$ (s.) benzol           | -3267,70                 | -781,00  | $\text{CH}_2\text{O}_2$ (s.) chumoli kislotla        | -256,48                  | -61,30   |
| $\text{C}_6\text{H}_{12}$ (s.) siklogeksan   | -3919,91                 | -936,88  | $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (s.) sirka kislotla | -873,79                  | -208,84  |

|  |          |          |   |          |                  |
|--|----------|----------|---|----------|------------------|
| $C_7H_8$ (s.) toluol                     | -3910,28 | -934,58  | $C_2H_2O_4$ (kr.) shavel kislotasi        | -246,02  | -58,80           |
| $C_8H_{10}$ (s.) p-ksilol                | -4552,86 | -1088,16 | $C_7H_6O_2$ (kr.) benzoy kislotasi        | -3227,54 | -771,40          |
| $C_{10}H_8$ (kr.) naftalin               | -5156,78 | -1232,50 | $C_{18}H_{36}O_2$ (kr.) stearin kislotasi | -1127,46 | -269,47          |
| $C_{14}H_{10}$ (kr.) fenantren           | -7049,87 | -1684,96 | $C_6H_{12}O_6$ (kr.) glyukoza             | -2815,80 | -673,00          |
| Galogen saqlovchi kimyoviy birikmalar    |          |          | $C_{10}H_{16}O$ (kr.) kamfora             | -5904,00 | -1411,00         |
| $CCl_4$ (s.) uglerod tetraxlorid         | -156,1   | -37,3    | $C_{12}H_{22}O_{11}$ (kr.) saxaroza       | -5648,00 | -1350,00         |
| $CHCl_3$ (s.) xloroform                  | -373,2   | -89,2    | Azot saqlovchi kimyoviy birikmalar        |          |                  |
| $CH_3Cl$ (g.) metil xlorid               | -689,1   | -164,7   | $CH_4ON_2$ (kr.) mochevina                | -634,3   | -151,1           |
| $C_6H_5Cl$ (s.) xlorbenzol               | -3140,9  | -750,7   | $C_2N_2$ (g.) disian                      | -1087,8  | -260,0           |
| Oltinugurt saqlovchi kimyoviy birikmalar |          |          | $C_3H_5O_9N_3$ (s.) nitroglitserin        | -1541,4  | -368,4           |
| $COS$ (g.) uglerod oltinugurt oksidi     | -553,1   | -132,2   | $C_5H_5N$ (s.) piridin                    | -2755,2  | -658,5           |
| $CS_2$ (s.) Uglerod sulfid               | -1075    | -257     |   |          | -664,0<br>-678,6 |

2. Gaz fazada boruvchi muhim reaksiyalarining termodinamik muvozanat konstantalarini tem-  
peraturaga bog'liqligi

2-jadval

| Reaksiya                | $K_f$ ni hisoblash ifodasi                 | $\lg K_a = \varphi(T)$  |
|-------------------------|--|---|
| $2H=H_2$                | $K_f = \frac{f_{H_2}}{f_H^2}$              | $\lg K_a = \frac{22547}{T} - 1,722 \lg T + 0,085 \cdot 10^{-3} T - 0,18$                                |
| $2Cl=Cl_2$              | $K_f = \frac{f_{Cl_2}}{f_{Cl}^2}$          | $\lg K_a = \frac{12545}{T} - 1,153 \lg T + 0,062 \cdot 10^{-3} T - 2,32$                                |
| $2Br(g)=Br_2(g.)$       | $K_f = \frac{f_{Br_2}}{f_{Br}^2}$          | $\lg K_a = \frac{10024}{T} - 0,528 \lg T + 0,018 \cdot 10^{-3} T - 3,964$                               |
| $2I(g.)=J_2(g.)$        | $K_f = \frac{f_{J_2}}{f_I^2}$              | $\lg K_a = \frac{7870,4}{T} - 0,333 \lg T - 0,02 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,043 \cdot 10^5}{T^2} - 4,34$ |
| $H_2 + Cl_2 = 2HCl$     | $K_f = \frac{f_{HCl}^2}{f_{H_2} f_{Cl_2}}$ | $\lg K_a = \frac{9411,7}{T} - 1,312 \lg T + 0,128 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,11 \cdot 10^5}{T^2} + 4,9$  |
| $H_2 + Br_2(g.) = 2HBr$ | $K_f = \frac{f_{HBr}^2}{f_{H_2} f_{Br_2}}$ | $\lg K_a = \frac{5153}{T} - 1,465 \lg T + 0,203 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,075 \cdot 10^5}{T^2} + 5,31$  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| $\text{H}_2 + \text{I}_2(\text{g.}) = 2\text{HI}$                          | $K_f = \frac{f_{\text{HI}}^2}{f_{\text{H}_2} f_{\text{I}_2}}$                              | $\lg K_a = \frac{337,5}{T} - 1,45 \lg T + 0,21 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,053 \cdot 10^6}{T^2} + 5,267$ |
| $2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g.}) = 4\text{HCl} + \text{O}_2$ | $K_f = \frac{f_{\text{HCl}}^4 f_{\text{O}_2}}{f_{\text{Cl}_2}^2 f_{\text{H}_2\text{O}}^2}$ | $\lg K_a = \frac{6007}{T} + 0,505 \lg T - 0,045 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,13 \cdot 10^5}{T^2} + 5,407$ |
| $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2(\text{g.})$                       | $K_f = \frac{f_{\text{COCl}_2}}{f_{\text{CO}} f_{\text{Cl}_2}}$                            | $\lg K_a = \frac{6031}{T} + 0,247 \lg T + 0,18 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,158 \cdot 10^5}{T^2} - 7,96$  |
| $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g.})$                | $K_f = \frac{f_{\text{H}_2\text{O}}^2}{f_{\text{H}_2}^2 f_{\text{O}_2}}$                   | $\lg K_a = \frac{24830}{T} - 3,13 \lg T + 0,3 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,09}{T^2} \cdot 10^5 + 4,39$    |
| $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$                                   | $K_f = \frac{f_{\text{CO}_2}^2}{f_{\text{CO}}^2 f_{\text{O}_2}}$                           | $\lg K_a = \frac{29800}{T} + 0,17 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,323 \cdot 10^5}{T^2} - 9,477$              |
| $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{g.}) = \text{H}_2 + \text{CO}_2$     | $K_f = \frac{f_{\text{H}_2} f_{\text{CO}_2}}{f_{\text{CO}} f_{\text{H}_2\text{O}}}$        | $\lg K_a = \frac{2486}{T} + 1,565 \lg T - 0,066 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,21 \cdot 10^5}{T^2} - 6,93$  |
| $2\text{H}_2 + \text{S}_2(\text{g.}) = 2\text{H}_2\text{S}(\text{g.})$     | $K_f = \frac{f_{\text{H}_2\text{S}}^2}{f_{\text{H}_2}^2 f_{\text{S}_2}}$                   | $\lg K_a = \frac{8364}{T} - 3,84 \lg T + 0,605 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,066}{T^2} \cdot 10^5 + 6,825$ |



|  |  |   |
|--|--|---|
| $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ | $K_f = \frac{f_{\text{SO}_3}^2}{f_{\text{SO}_2}^2 f_{\text{O}_2}}$ | $\lg K_a = \frac{10493}{T} - 0,23 \lg T + 0,659 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,288 \cdot 10^5}{T^2} - 9,91$  |
| $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  | $K_f = \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{H}_2}^3}$  | $\lg K_a = \frac{4216}{T} - 6,029 \lg T + 0,964 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,126}{T^2} \cdot 10^5 + 6,46$  |
| $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$   | $K_f = \frac{f_{\text{NO}_2}^2}{f_{\text{NO}}^2 f_{\text{O}_2}}$   | $\lg K_a = \frac{5995}{T} - 0,574 \lg T + 0,158 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,223}{T^2} \cdot 10^5 - 6,28$  |
| $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$     | $K_f = \frac{f_{\text{NO}}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{O}_2}}$      | $\lg K_a = -\frac{9490,7}{T} - 0,02 \lg T + \frac{0,068 \cdot 10^5}{T^2} + 1,43$                        |
| $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$      | $K_f = \frac{f_{\text{N}_2\text{O}_4}}{f_{\text{NO}_2}^2}$         | $\lg K_a = \frac{3094}{T} - 0,237 \lg T + 0,592 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,037}{T^2} \cdot 10^5 - 8,927$ |

### 3. Ba'zi suyuqliklarning turli haroratlardagi zichliklari

3-jadval

Zichlikni  $\text{kg/m}^3$  da hisoblash uchun, jadvaldagi qiymatni  $10^3$  ga ko'paytirish lozim

| Moddalar nomi   | $\rho$ ( $\text{g/sm}^3$ ) belgilangan haroratdagi, $^{\circ}\text{C}$ |        |        |        |        |        |        |
|-----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                 | 0  | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     |
| Allil spirt     | 0,8681   | —      | —      | 0,8421 | —      | —      | —      |
| Anilin          | 1,0390   | 1,0303 | 1,0218 | 1,0131 | 1,0045 | 0,9958 | 0,9872 |
| Atseton         | 0,8125   | 0,8014 | 0,7905 | 0,7793 | 0,7682 | 0,7560 | 0,7496 |
| Atsetonitril    | 0,8035   | 0,7926 | 0,7822 | 0,7713 | —      | —      | —      |
| Atsetofenon     | —  | 1,0364 | 1,0278 | 1,0194 | 1,0106 | 1,0021 | 0,9757 |
| Benzil spirt    | 1,0608   | 1,0532 | 1,0454 | 1,0376 | 1,0297 | 1,0219 | —      |
| Benzol          | 0,9001   | 0,8895 | 0,8790 | 0,8685 | 0,8576 | 0,8466 | 0,8357 |
| Brombenzol      | 1,5218   | 1,5083 | 1,4948 | 1,4815 | 1,4682 | 1,4546 | 1,4411 |
| Butil spirt     | 0,8246   | 0,8171 | 0,8086 | 0,8020 | —      | —      | —      |
| Suv             | 0,9998   | 0,9997 | 0,9982 | 0,9956 | 0,9922 | 0,9880 | 0,9832 |
| Geksan          | 0,6769   | 0,6684 | 0,6595 | 0,6505 | 0,6412 | 0,6318 | 0,6221 |
| Geptan          | 0,7005   | 0,6920 | 0,6836 | 0,6751 | 0,6665 | 0,6579 | 0,6491 |
| Glitserin       | 1,2674   | 1,2642 | 1,2594 | 1,2547 | 1,2500 | 1,2438 | 1,2376 |
| 1,4-dioksan     | —  | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Dietil effiri   | 0,7362   | 0,7248 | 0,7135 | 0,7019 | 0,6894 | 0,6764 | 0,6658 |
| Izobutil spirt  | —  | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| Izopropil spirt | —  | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| o-ksilol        | 0,8969   | 0,8886 | 0,8802 | 0,8719 | 0,8634 | 0,8549 | 0,8464 |
| m-ksilol        | 0,8811   | 0,8726 | 0,8642 | 0,8556 | 0,8470 | 0,8384 | 0,8297 |

|                                  |        |         |        |         |         |         |         |        |
|----------------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
| p-ksilol                         | -      | -       | -      | 0,8610  | 0,8525  | 0,8437  | 0,8350  | 0,8262 |
| Metil spirt                      | 0,8100 | 0,8008  | 0,7915 | 0,7825  | 0,7740  | 0,7650  | 0,7555  |        |
| Chumoli kislotaning metil effiri | 1,0032 | 0,9886  | 0,9742 | 0,9598  | (0,945) | 0,9294  | (0,913) |        |
| Sirka kislotaning metil effiri   | 0,9593 | (0,946) | 0,9338 | (0,920) | 0,9075  | 0,8939  | 0,8800  |        |
| Chumoli kislota                  | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Nitrobenzol                      | 1,2231 | 1,2131  | 1,2033 | 1,1936  | 1,1837  | 1,1740  | 1,1638  |        |
| Nitrometan                       | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Oktan                            | 0,7185 | 0,7102  | 0,7022 | 0,6942  | 0,6860  | 0,6778  | 0,6694  |        |
| Pentan                           | 0,6455 | 0,6360  | 0,6262 | 0,6163  | 0,6062  | 0,5957  | 0,5850  |        |
| Piridin                          | 1,0030 | 0,9935  | 0,9825 | 0,9729  | 0,9629  | 0,9526  | 0,9424  |        |
| Propil spirt                     | 0,8193 | (0,811) | 0,8035 | (0,797) | 0,7875  | (0,780) | 0,7700  |        |
| Propion kislota                  | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Uglerod sulfid                   | 1,2927 | 1,2778  | 1,2632 | 1,2482  | -       | -       | -       |        |
| Stirol (vinilbenzol)             | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Tiofen                           | -      | -       | 1,0647 | 1,0524  | -       | -       | -       |        |
| Toluol                           | 0,8855 | 0,8782  | 0,8670 | 0,8580  | 0,8483  | 0,8388  | 0,8293  |        |
| Sirka kislota                    | 1,0697 | 1,0593  | 1,0491 | 1,0392  | 1,0282  | 1,0175  | 1,0060  |        |
| Sirka aldegid                    | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Sirka angidrid                   | 1,1053 | 1,0930  | 1,0810 | 1,0690  | 1,0567  | 1,0443  | -       |        |
| Fenilgidrazin                    | -      | -       | 1,0981 | 1,0899  | 1,0817  | 1,0737  | 1,0653  |        |
| Fenol                            | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Formamid                         | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Ftortrixlormetan (freon-11)      | -      | -       | -      | -       | -       | -       | -       |        |
| Xlorbenzol                       | 1,1279 | 1,1171  | 1,1062 | 1,0954  | 1,0846  | 1,0742  | 1,0636  |        |

|                                |        |         |        |         |        |         |        |
|--------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Xloroform                      | 1,5264 | 1,5077  | 1,4890 | 1,4706  | 1,4509 | 1,4334  | 1,4114 |
| Siklogeksan                    | —      | 0,7879  | 0,7786 | 0,7691  | 0,7596 | 0,7499  | 0,7401 |
| Uglerod tetraxlorid            | 1,6326 | 1,6135  | 1,5939 | 1,5748  | 1,5557 | 1,5361  | 1,5165 |
| Etilenglikol                   | —      | —       | —      | —       | —      | —       | —      |
| Etil spirt                     | 0,8062 | 0,7979  | 0,7895 | 0,7810  | 0,7722 | 0,7632  | 0,7541 |
| Chumoli kislotaning etil efiri | —      | —       | —      | —       | —      | —       | —      |
| Sirka kislotaning etil efiri   | 0,9244 | (0,912) | 0,9005 | (0,891) | 0,8762 | (0,867) | 0,8508 |

4. Gaz fazada boruvchi muhim reaksiyalarining termodinamik muvozanat konstantalarini temperaturaga bog'liqligi

4-jadval

| Reaksiya               | $K_f$ ni hisoblash ifodasi                 | $\lg K_a = \varphi(T)$  |
|------------------------|--|---|
| $2H=H_2$               | $K_f = \frac{f_{H_2}}{f_H^2}$              | $\lg K_a = \frac{22547}{T} - 1,722 \lg T + 0,085 \cdot 10^{-3} T - 0,18$                                |
| $2Cl=Cl_2$             | $K_f = \frac{f_{Cl_2}}{f_{Cl}^2}$          | $\lg K_a = \frac{12545}{T} - 1,153 \lg T + 0,062 \cdot 10^{-3} T - 2,32$                                |
| $2Br(g)=Br_2(g)$       | $K_f = \frac{f_{Br_2}}{f_{Br}^2}$          | $\lg K_a = \frac{10024}{T} - 0,528 \lg T + 0,018 \cdot 10^{-3} T - 3,964$                               |
| $2I(g)=I_2(g)$         | $K_f = \frac{f_{I_2}}{f_I^2}$              | $\lg K_a = \frac{7870,4}{T} - 0,333 \lg T - 0,02 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,043 \cdot 10^5}{T^2} - 4,34$ |
| $H_2 + Cl_2 = 2HCl$    | $K_f = \frac{f_{HCl}^2}{f_{H_2} f_{Cl_2}}$ | $\lg K_a = \frac{9411,7}{T} - 1,312 \lg T + 0,128 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,11 \cdot 10^5}{T^2} + 4,9$  |
| $H_2 + Br_2(g) = 2HBr$ | $K_f = \frac{f_{HBr}^2}{f_{H_2} f_{Br_2}}$ | $\lg K_a = \frac{5153}{T} - 1,465 \lg T + 0,203 \cdot 10^{-3} T + \frac{0,075 \cdot 10^5}{T^2} + 5,31$  |

|                                 |   |  |
|---------------------------------|---|--|
| $H_2 + J_2(g) = 2HJ$            | $K_f = \frac{f_{HJ}^2}{f_{H_2} f_{J_2}}$                | $lgK_a = \frac{337,5}{T} - 1,45lgT + 0,21 \cdot 10^{-3}T + \frac{0,053 \cdot 10^5}{T^2} + 5,267$ |
| $2Cl_2 + 2H_2O(g) = 4HCl + O_2$ | $K_f = \frac{f_{HCl}^4 f_{O_2}}{f_{Cl_2}^2 f_{H_2O}^2}$ | $lgK_a = \frac{6007}{T} + 0,505lgT - 0,045 \cdot 10^{-3}T + \frac{0,13 \cdot 10^5}{T^2} + 5,407$ |
| $CO + Cl_2 = COCl_2(g)$         | $K_f = \frac{f_{COCl_2}}{f_{CO} f_{Cl_2}}$              | $lgK_a = \frac{6031}{T} + 0,247lgT + 0,18 \cdot 10^{-3}T - \frac{0,158 \cdot 10^5}{T^2} - 7,86$  |
| $2H_2 + O_2 = 2H_2O(g)$         | $K_f = \frac{f_{H_2O}^2}{f_{H_2}^2 f_{O_2}}$            | $lgK_a = \frac{24830}{T} - 3,13lgT + 0,3 \cdot 10^{-3}T + \frac{0,09}{T^2} 10^5 + 4,39$          |
| $2CO + O_2 = 2CO_2$             | $K_f = \frac{f_{CO_2}^2}{f_{CO}^2 f_{O_2}}$             | $lgK_a = \frac{29800}{T} + 0,17 \cdot 10^{-3}T - \frac{0,323 \cdot 10^5}{T^2} - 9,477$           |
| $CO + H_2O(g) = H_2 + CO_2$     | $K_f = \frac{f_{H_2} f_{CO_2}}{f_{CO} f_{H_2O}}$        | $lgK_a = \frac{2486}{T} + 1,565lgT - 0,066 \cdot 10^{-3}T - \frac{0,21 \cdot 10^5}{T^2} - 6,93$  |
| $2H_2 + S_2(g) = 2H_2S(g)$      | $K_f = \frac{f_{H_2S}^2}{f_{H_2}^2 f_{S_2}}$            | $lgK_a = \frac{8364}{T} - 3,84lgT + 0,605 \cdot 10^{-3}T + \frac{0,066}{T^2} 10^5 + 6,825$       |

|  |  |   |
|--|--|---|
| $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ | $K_f = \frac{f_{\text{SO}_3}^2}{f_{\text{SO}_2}^2 f_{\text{O}_2}}$ | $\lg K_a = \frac{10493}{T} - 0,23 \lg T + 0,659 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,288 \cdot 10^5}{T^2} - 9,91$  |
| $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  | $K_f = \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{H}_2}^3}$  | $\lg K_a = \frac{4216}{T} - 6,029 \lg T + 0,964 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,126}{T^2} \cdot 10^5 + 6,46$  |
| $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$   | $K_f = \frac{f_{\text{NO}_2}^2}{f_{\text{NO}}^2 f_{\text{O}_2}}$   | $\lg K_a = \frac{5995}{T} - 0,574 \lg T + 0,158 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,223}{T^2} \cdot 10^5 - 6,28$  |
| $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2\text{NO}$     | $K_f = \frac{f_{\text{NO}}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{O}_2}}$      | $\lg K_a = -\frac{9490,7}{T} - 0,02 \lg T + \frac{0,068 \cdot 10^5}{T^2} + 1,43$                        |
| $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$      | $K_f = \frac{f_{\text{N}_2\text{O}_4}}{f_{\text{NO}_2}^2}$         | $\lg K_a = \frac{3094}{T} - 0,237 \lg T + 0,592 \cdot 10^{-3} T - \frac{0,037}{T^2} \cdot 10^5 - 8,927$ |

5. 20°C haroratdagi baʼzi suyuqliklarning nur sindirish koʻrsatkichlari  
 $\Lambda=5893 \text{ \AA}$

$\frac{dn}{dt}$  — nur sindirish koʻrsatkichining harorat koeffitsienti, 15–20°C harorat oraligʻiga mos keladi.

5-jadval

| Moddalar nomi            | $n_D^{20}$ | $-\frac{dn}{dt}$ | Moddalar nomi                 | $n_D^{20}$ | $-\frac{dn}{dt}$ |
|--------------------------|------------|------------------|-------------------------------|------------|------------------|
| Allil spirt $C_3H_7O$    | 1,40911    | 0,00041          | Oktan $C_8H_{18}$             | 1,39770*   | —                |
| Anilin $C_6H_7N$         | 1,5863     | 0,00048          | Pentan $C_5H_{12}$            | 1,35769*   | —                |
| Atseton $C_3H_6O$        | 1,35911    | 0,00049          | Pridin $C_5H_5N$              | 1,51000    | 0,00048          |
| Atsetonitril $C_2H_3N$   | 1,34604    | 0,00045          | Propil spirt $C_3H_8O$        | 1,3854     | —                |
| Atsetofenon $C_8H_8O$    | 1,53423    | 0,00041          | Propion kislova $C_3H_6O_2$   | 1,3869*    | —                |
| Benzil spirt $C_7H_8O$   | 1,5404     | 0,00040          | Uglerod sulfid $CS_2$         | 1,6280     | 0,00078          |
| Benzol $C_6H_6$          | 1,50110    | 0,00066          | Stirol (vinilbenzol) $C_8H_8$ | —          | —                |
| Brombenzol $C_6H_5Br$    | 1,5601     | 0,00048          | Tiofen $C_4H_4S$              | 1,5286     | 0,00044          |
| Butil spirt $C_4H_{10}O$ | 1,3993     | —                | Toluol $C_7H_8$               | 1,49693    | 0,00057          |
| Suv $H_2O$               | 1,3330     | 0,00008          | Sirka kislova $C_2H_4O_2$     | 1,3717     | 0,00039          |
| Geksan $C_6H_{14}$       | 1,37506    | 0,00055          | Sirka aldegid $C_2H_4O$       | 1,3392***  | —                |



|  |         |         |   |          |         |
|--|---------|---------|---|----------|---------|
| Geptan $C_7H_{16}$                             | 1,38764 | —       | Sirka angidrid $C_4H_6O_3$                    | 1,38770  | 0,00040 |
| Glitserin $C_3H_8O_3$                          | 1,4744  | 0,00022 | Fenilgidrazin $C_6H_8N_2$                     | 1,6105   | 0,00024 |
| 1, 4-dioksan $C_4H_8O_2$                       | 1,4223  | —       | Fenol $C_6H_6O$                               | 1,54***  | —       |
| Dietil efir $C_4H_{10}O$                       | 1,35275 | 0,00056 | Formamid $CH_3ON$                             | 1,4472   | —       |
| Izobutil spirt $C_4H_{10}O$                    | 1,3958  | —       | Ftortrixlormetan<br>(freon-11) $CFCl_3$       | 1,3865** | —       |
| Izopropil spirt $C_3H_8O$                      | 1,3773  | —       | Xlorbenzol $C_6H_5Cl$                         | 1,52460  | 0,00058 |
| o-ksilol $C_8H_{10}$                           | 1,50545 | —       | Xloroform $CHCl_3$                            | 1,4456   | 0,00059 |
| m-ksilol $C_8H_{10}$                           | 1,49722 | —       | Siklogeksan $C_6H_{12}$                       | 1,42630* | —       |
| p-ksilol $C_8H_{10}$                           | 1,49582 | —       | Tetraxlor metan $CCl_4$                       | 1,4603   | 0,00055 |
| Metil spirt $CH_4O$                            | 1,3286  | 0,00040 | Etilenglikol $C_2H_6O_2$                      | 1,4318   | —       |
| Chumoli kislotaning metil<br>efiri $C_2H_4O_2$ | 1,34201 | 0,00043 | Etil spirt $C_2H_6O$                          | 1,3613   | 0,00040 |
| Sirka kislotaning metil<br>efiri $C_3H_6O_2$   | 1,3593  | —       | Chumoli kislotaning<br>etil efiri $C_3H_6O_2$ | 1,3603*  | —       |
| Chumoli kisloata $CH_2O_2$                     | 1,3716  | —       | Sirka kislotaning etil efiri<br>$C_4H_8O_2$   | 1,3726   | —       |
| Nitrobenzol $C_6H_5O_2N$                       | 1,5524  | 0,00046 |   |          |         |
| Nitrometan $CH_3O_2N$                          | 1,3820  | —       |   |          |         |

6. Ba'zi suyuqliklarning turli haroratlardagi qovushqoqligi

6-jadval

| Moddalar nomi   | Qovushqoqlik hisoblangan harorat, °C |                      |                      |                      |                      |       |       |       |  |  |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|-------|--|--|
|                 | 0                                    | 10                   | 20                   | 25                   | 30                   | 40    | 50    | 60    |  |  |
| Allil spirt     | 2,145                                | 1,703                | 1,363                | (1,200)              | 1,070                | 0,914 | 0,767 | 0,657 |  |  |
| Anilin          | 10,20                                | 6,46                 | 4,40                 | (3,75)               | 3,20                 | 2,35  | 1,821 | 1,52  |  |  |
| Atseton         | 0,397                                | 0,361                | 0,325                | (0,309)              | 0,296                | 0,271 | 0,249 | 0,228 |  |  |
| Atsetonitril    | 0,442                                | 0,396                | 0,357                | (0,340)              | 0,325                | —     | —     | —     |  |  |
| Atsetofenon     | —                                    | 2,30                 | 1,84                 | 1,67                 | 1,51                 | 1,38  | 1,24  | —     |  |  |
| Benzil spirt    | —                                    | —                    | 5,800                | 5,054                | 4,320                | 3,288 | 2,574 | —     |  |  |
| Benzol          | 0,910                                | 0,755                | 0,652                | 0,600                | 0,559                | 0,503 | 0,436 | 0,389 |  |  |
| Brombenzol      | 1,520                                | 1,310                | 1,130                | (1,060)              | 0,990                | 0,890 | 0,790 | 0,720 |  |  |
| Butil spirt     | 5,19                                 | 3,87                 | 2,95                 | —                    | 2,28                 | 1,78  | 1,41  | 1,133 |  |  |
| Suv             | 1,792                                | 1,308                | 1,005                | 0,894                | 0,801                | 0,656 | 0,549 | 0,469 |  |  |
| Geksan          | 0,381                                | 0,343                | 0,307                | 0,294                | 0,290                | 0,253 | 0,248 | 0,222 |  |  |
| Geptan          | —                                    | —                    | 0,414                | —                    | 0,373                | 0,338 | 0,308 | 0,281 |  |  |
| Glitserin       | 12,1·10 <sup>3</sup>                 | 3,95·10 <sup>3</sup> | 1,49·10 <sup>3</sup> | 0,95·10 <sup>3</sup> | 0,63·10 <sup>3</sup> | 330   | 180   | 102   |  |  |
| 1, 4-dioksan    | —                                    | —                    | 1,255                | 1,196                | 1,063                | 0,917 | 0,778 | 0,685 |  |  |
| Dietil efiri    | 0,284                                | 0,258                | 0,233                | 0,222                | 0,213                | 0,197 | 0,180 | 0,166 |  |  |
| Izobutil spirt  | 8,30                                 | 5,65                 | 3,95                 | —                    | 2,88                 | 2,12  | 1,61  | 1,24  |  |  |
| Izopropil spirt | 4,60                                 | 3,26                 | 2,39                 | —                    | 1,77                 | 1,33  | 1,03  | 0,80  |  |  |
| o-ksilol        | 1,108                                | 0,939                | 0,809                | 0,756                | 0,708                | 0,625 | 0,557 | 0,501 |  |  |
| m-ksilol        | 0,80                                 | 0,70                 | 0,61                 | —                    | 0,55                 | 0,490 | 0,433 | 0,403 |  |  |
| p-ksilol        | —                                    | 0,74                 | 0,64                 | —                    | 0,57                 | 0,51  | 0,456 | 0,414 |  |  |

|                                  |       |       |       |         |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Metil spirt                      | 0,817 | 0,690 | 0,597 | 0,547   | 0,510 | 0,450 | 0,396 | 0,350 |
| Chumoli kislota-ning metil efiri | 0,429 | 0,385 | 0,348 | 0,330   | 0,318 | —     | —     | —     |
| Sirka kislota-ning metil efiri   | 0,479 | 0,425 | 0,381 | 0,362   | 0,344 | 0,312 | 0,284 | 0,258 |
| Chumoli kislota                  | —     | 2,262 | 1,804 | —       | 1,460 | 1,290 | 1,025 | 0,890 |
| Nitrobenzol                      | 3,090 | 2,483 | 2,034 | (1,845) | 1,682 | 1,438 | 1,251 | 1,094 |
| Nitrometan                       | 0,85  | 0,74  | 0,66  | 0,627   | 0,595 | 0,530 | 0,478 | 0,433 |
| Oktan                            | 0,714 | 0,622 | 0,546 | —       | 0,486 | 0,435 | 0,392 | 0,356 |
| Pentan                           | 0,283 | 0,259 | 0,240 | —       | 0,220 | —     | —     | —     |
| Piridin                          | 1,330 | 1,120 | 0,974 | (0,90)  | 0,830 | 0,735 | 0,651 | 0,580 |
| Propil spirt                     | 3,883 | 2,897 | 2,234 | —       | —     | 2,400 | 1,129 | 0,921 |
| Propion kislota                  | 1,52  | 1,29  | 1,10  | —       | 0,958 | 0,840 | 0,746 | 0,662 |
| Uglerod sulfid                   | 0,433 | 0,396 | 0,365 | (0,349) | 0,341 | 0,319 | 0,297 | —     |
| Stirol (vinilbenzol)             | 1,047 | 0,879 | 0,749 | —       | 0,648 | 0,565 | 0,502 | 0,453 |
| Tiofen                           | 0,871 | 0,753 | 0,658 | (0,620) | 0,582 | 0,520 | 0,468 | 0,424 |
| Toluol                           | 0,770 | 0,667 | 0,584 | (0,550) | 0,517 | 0,469 | 0,425 | 0,381 |
| Sirka kislota                    | —     | 1,450 | 1,210 | (1,120) | 1,040 | 0,900 | 0,790 | 0,700 |
| Sirka aldegid                    | 0,276 | 0,253 | 0,225 | —       | —     | —     | —     | —     |
| Sirka angidrid                   | 1,245 | 1,058 | 0,907 | (0,845) | 0,787 | 0,699 | 0,623 | 0,550 |
| Fenilgidrazin                    | —     | —     | 0,456 | —       | 0,443 | 0,404 | —     | —     |
| Fenol                            | —     | —     | 11,6  | —       | 7,00  | 4,77  | 3,42  | 2,60  |
| Formamid                         | 7,5   | 5,0   | 3,75  | 3,30    | 2,94  | 2,43  | 2,04  | 1,71  |

|                                     |       |       |       |         |       |       |        |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|
| Ftortuchxlormetan<br>(freon-11)     | 0,540 | 0,480 | 0,440 | -       | 0,405 | 0,375 | 0,345  | -     |
| Xlorbenzol                          | 1,056 | 0,915 | 0,802 | (0,750) | 0,708 | 0,635 | 0,573  | 0,520 |
| Xloroform                           | 0,700 | 0,630 | 0,570 | (0,543) | 0,514 | 0,466 | 0,426  | 0,390 |
| Siklogeksan                         | -     | -     | 0,970 | -       | 0,822 | 0,706 | 0,610  | 0,538 |
| Uglerod tetraxlorid                 | 1,330 | 1,132 | 0,969 | (0,900) | 0,843 | 0,739 | 0,651  | 0,585 |
| Etilenglikol                        | -     | -     | 19,9  | (16,5)  | 13,2  | 9,13  | (6,65) | 4,95  |
| Etil spirt                          | 1,773 | 1,466 | 1,200 | 1,096   | 1,003 | 0,834 | 0,702  | 0,592 |
| Chumoli kislota-<br>ning etil efiri | 0,51  | 0,45  | 0,402 | 0,382   | 0,358 | 0,329 | 0,308  | -     |
| Sirka kislotaning<br>etil efiri     | 0,582 | 0,512 | 0,458 | -       | 0,403 | 0,360 | 0,324  | 0,294 |

## 7. Suvli eritmalarining qovushqoqligi

7-jadval

| Eritgan modda nomi                                       | Harorat, °C | $\eta$ ( $\text{mn} \cdot \text{sek} \cdot \text{m}^{-2}$ ) – eritmaning berilgan konsentratsiyadagi qovushqoqligi, konsentratsiya, % |        |        |        |        |        |        |       |       |       |   |   |   |
|--|-------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---|---|---|
|  |             | 10  | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     | 80    | 90    | 100   |   |   |   |
| HCl  | 20          | 1,16  | 1,36   | 1,70   | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | – | – | – |
| HNO <sub>3</sub>   | 20          | –   | 1,05   | –      | 1,30   | –      | 2,00   | –      | –     | 1,88  | –     | – | – | – |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                           | 20          | 1,12  | 1,38   | 1,82   | 2,48   | 3,58   | 5,52   | 9,65   | 23,2  | 23,1  | 27,8  | – | – | – |
| NaCl   | 0           | 2,01  | 2,67   | –      | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | – | – | – |
|  | 20          | 1,19  | 1,56   | –      | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | – | – | – |
| NaOH   | 20          | 1,86  | 4,48   | –      | –      | –      | –      | –      | –     | –     | –     | – | – | – |
| CH <sub>3</sub> OH                                       | 0           | 2,59  | 3,23   | 3,61   | 3,65   | 3,35   | 2,89   | 2,37   | 1,76  | 1,19  | 0,82  | – | – | – |
|  | 20          | 1,32  | 1,58   | 1,76   | 1,84   | 1,76   | 1,60   | 1,39   | 1,14  | 0,86  | 0,58  | – | – | – |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                         | 0           | 3,311   | 5,319  | 6,94   | 7,14   | 6,58   | 5,75   | 4,762  | 3,690 | 2,732 | 1,773 | – | – | – |
|  | 25          | 1,323   | 1,815  | 2,18   | 2,35   | 2,40   | 2,24   | 2,037  | 1,748 | 1,424 | 1,096 | – | – | – |
|  | 50          | 0,734   | 0,907  | 1,050  | 1,132  | 1,155  | 1,127  | 1,062  | 0,948 | 0,848 | 0,702 | – | – | – |
| CH <sub>3</sub> COOH                                     | 20          | 1,22  | 1,45   | 1,70   | 1,96   | 2,21   | 2,43   | 2,66   | 2,75  | 2,43  | 1,22  | – | – | – |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> (glitserin) | 20          | 1,311   | 1,769  | 2,501  | 3,750  | 6,050  | 10,96  | 22,94  | 62,0  | 234,6 | 1499  | – | – | – |
| C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>          | 25          | –   | 1,0794 | 1,1252 | 1,1744 | 1,2273 | 1,2840 | 1,3445 | –     | –     | –     | – | – | – |

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Poles M.E. «Analitik kimyo» — Moskva: «Meditsina», 1981 год.
2. Alekseyev V.N. «Miqdoriy analiz». — Moskva: «Ximiya», 1972 год.
3. Mirkomilova M.S. «Analitik kimyo». — Toshkent: «O'zbekiston», 2003-y.
4. Fayzullayev A. «Analitik kimyo asoslari». — Toshkent: A.Qodiriy nomidagi xalq merosi nashriyoti, 2003-.
5. Харитонов У.У. «Аналитическая химия. Общее теоритические осново. Качественный анализ». — Moskva: Высшая школа, 2001.
6. <http://www.ximuk.ru>. Сайт о химии для химиков.
7. <http://www.Chemport.ru>.
8. David Harvey. Modern Analitikal Chemistry 2006, P.798. INTERNATIONAL EDITION ISBN 0-07-116953-9
9. Gary D. Christian. Analitikal Chemistry. 2004, 846 p. USA

## MUNDARIJA

|  |           |
|--|-----------|
| <b>SO‘Z BOSHI</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>KIRISH</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>I bob. SIFAT ANALIZI</b> .....  | <b>12</b> |
| 1.1. Analitik reaksiyalarni bajarish usullari .....  | 14        |
| 1.2. Namunalarni sifat analiz qilishning asoslari .....  | 18        |
| 1.3. Sifat reaksiyalari va ularga qo‘yiladigan talablar .....  | 19        |
| 1.4. Namunalarni tahlil qilish usullarining sinflanishi .....  | 21        |
| <b>2-bob. KIMYOVIY TAHLILDAGI ERITMALARNING<br/>NAZARIY ASOSLARI</b> .....   | <b>24</b> |
| 2.1. Massalar ta’siri qonuni .....   | 24        |
| <b>3-bob. ELEKTROLITIK DISSOTSILANISH NAZARIYASI.<br/>ANALITIK REAKSIYALARNI OLIB BORISH<br/>SHART-SHAROITLARI SUVNING ION KO‘PAYTMASI</b> ..... | <b>29</b> |
| 3.1. Analitik reaksiyalarni olib borish shart-sharoitlari .....  | 32        |
| 3.2. Suvning ion ko‘paytmasi (pH) .....  | 33        |
| 3.3. Bufer eritmalar .....   | 36        |
| 3.4. Kuchsiz kislotali bufer aralashmalarning pH ini<br>hisoblash .....  | 38        |
| <b>4-bob. BIRINCHI ANALITIK GURUHI KATIONLARI<br/>HAQIDA UMUMIY TUSHUNCHA</b> .....  | <b>45</b> |
| 4.2. I-guruh kationlarining analitik reaksiyalari va<br>ularni analiz qilish tartibi .....   | 47        |
| 4.3. Kationlarning reaksiyalari .....  | 49        |
| 4.4. $\text{NH}_4^+$ kationini aniqlashga xos reaksiyalar .....  | 51        |
| 4.5. $\text{Mg}^{2+}$ kationi ga xos reaksiyalar .....   | 54        |
| <b>5-bob. IKKINCHI ANALITIK GURUHI KATIONLARI</b> .....  | <b>57</b> |
| 5.1. Guruh reagenti va uning ikkinchi guruh kationlariga ta’siri .....   | 57        |
| 5.2. I va II guruh kationlari aralashmasini tahlil qilish .....  | 63        |
| <b>6-bob. UCHINCHI ANALITIK GURUH<br/>KATIONLARINING TAVSIFI</b> .....   | <b>65</b> |
| 6.1. Uchinchi analitik guruh kationlariga xos bo‘lgan<br>reaksiyalar .....   | 66        |

|  |    |
|--|----|
| 6.1.1. Temir (II) $\text{Fe}^{2+}$ kationining reaksiyalari . . . . .        | 66 |
| 6.1.2. Temir (III) $\text{Fe}^{3+}$ kationining reaksiyalari . . . . .       | 67 |
| 6.1.3. Marganes (II) $\text{Mn}^{2+}$ kationining reaksiyalari . . . . .     | 68 |
| 6.1.4. Nikel (II) $\text{Ni}^{2+}$ kationini aniqlash reaksiyalari . . . . . | 70 |
| 6.1.5. Kobalt (II) $\text{Co}^{2+}$ kationini ochish reaksiyalari . . . . .  | 71 |
| 6.1.6. $\text{Cr}^{3+}$ kationiga xos bo'lgan reaksiyalari . . . . .         | 71 |
| 6.1.7. $\text{Zn}^{2+}$ kationiga xos bo'lgan reaksiyalar . . . . .          | 73 |
| 6.1.8. $\text{Al}^{3+}$ kationiga xos bo'lgan reaksiyalar . . . . .          | 74 |

**7-bob. TO'RTINCHI ANALITIK GURUHI**

**KATIONLARNING XOSSALARI . . . . . 77**

|  |    |
|--|----|
| 7.1. To'rtinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalari . . . . . | 78 |
| 7.1.1. $\text{Cu}^{2+}$ kationining reaksiyalari . . . . .                             | 79 |
| 7.1.2. $\text{Sn}^{2+}$ kationining reaksiyalari . . . . .                             | 80 |

**8-bob. BESHINCHI GURUHI KATIONLARINING**

**XOSSALARI . . . . . 83**

|  |    |
|--|----|
| 8.1. $\text{Pb}^{2+}$ kationining reaksiyalari . . . . .             | 83 |
| 8.2. $\text{Ag}^+$ kationining reaksiyalari . . . . .                | 85 |
| 8.3. Simob (I) $\text{Hg}_2^{+2}$ kationining reaksiyalari . . . . . | 86 |

**9-bob. ANIONLARGA XOS BO'LGAN REAKSIYALAR**

**TAVSIFI. . . . . 89**

|  |    |
|--|----|
| 9.1. Birinchi analitik guruh anionlari reaksiyalari va ularni aniqlash . . . . . | 90 |
| 9.2. Ikkinchi analitik guruh anionlari tavsifi . . . . .                         | 92 |
| 9.3. Uchinchi analitik guruh anionlari tavsifi . . . . .                         | 94 |
| 9.4. Quruq holdagi noma'lum tarkibli tuzni tahlil qilish tartibi . . . . .       | 96 |
| 9.5. Anionlarni aniqlash izohi . . . . .   | 97 |

**10-bob. GETEROGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT.**

**ERUVCHANLIK KO'PAYTMASI. . . . . 101**

|  |     |
|--|-----|
| 10.1. Cho'kma hosil bo'lishi va uning erishi bilan EK orasidagi bog'lanish . . . . . | 107 |
| 10.2. Tuzlarning gidrolizlanishi . . . . .   | 112 |
| 10.3. Gidrolizlanish darajasi va uning o'zgarishi . . . . .                          | 113 |
| 10.4. Moddalarni amfoterlik xossasi . . . . .  | 117 |



|  |     |
|--|-----|
| 11-bob. OKSIDLANISH-QAYTARILISH REAKSIYALARI   | 120 |
| 11.1. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari tenglamalarini<br>tuzish . . . . .  | 123 |
| 12-bob. KOMPLEKS BIRIKMALAR. . . . .   | 131 |
| 12.1. Kompleks birikmalarning barqarorligi . . . . .   | 133 |
| 13-bob. MIQDORIY ANALIZ USULINING SINFLANISHI<br>GRAVIMETRIK ANALIZ ASOSI VA USULLARI. . . . .   | 137 |
| 13.1. Xatolar nazariyasi . . . . .   | 138 |
| 13.2. Gravimetrik analiz usuli. . . . .  | 140 |
| 13.3. Tindirish jarayoni . . . . .   | 147 |
| 13.4. Kristall cho'kmalarning hosil bo'lish sharoitlari . . . . .  | 148 |
| 13.5. Amorf cho'kmalarning hosil bo'lish sharoitlari . . . . .   | 149 |
| Ayrim organik cho'ktiruvchilarga misollar. . . . .   | 151 |
| 13.6. Tarozilar va ulardan foydalanish qoidalari . . . . .   | 151 |
| 14-bob. TITRIMETRIK ANALIZ ASOSLARI VA<br>USULLARI KONSENTRATSIYA TURLARI.<br>TITRIMETRIK ANALIZDA HISOBLASHLAR . . . . .  | 156 |
| 14.1. Titrimetrik tahlilda qo'llaniladigan reaksiyalarga<br>qo'yiladigan talablar. . . . .   | 157 |
| 14.2. Titrlash usullarining sinflanishi. . . . .   | 158 |
| 14.3. Eritmalarning konsentratsiyasini ifodalash usullari . . . . .  | 159 |
| 14.4. Hajmiy o'lchov idishlari . . . . .   | 161 |
| 14.5. Analiz (tahlil) qilish, aniqlash va o'lchash. . . . .  | 165 |
| 14.6. Konsentratsiya turlari. . . . .  | 165 |
| 15-bob. NEYTRALLASH USULI ASOSLARI.<br>INDIKATORLARNING ION VA XROMOFOR<br>NAZARIYASI. OKSIDLANISH-QAYTARILISH USULLARI<br>ASOSI. USULNING SINFLANISHI . . . . . | 168 |
| 15.1. Indikatorlar nazariyasi . . . . .  | 168 |
| 15.2. Oksidlanish-qaytarilish titrlash asosi . . . . .   | 173 |
| 16-bob. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI.<br>KUCHLI KISLOTANI KUCHLI ASOS BILAN TITRLASH<br>EGRI CHIZIG'I. . . . .   | 178 |
| 16.1. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i. . . . .   | 178 |

|  |     |
|--|-----|
| 16.2. Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig'i . . . . | 180 |
| 16.3. Kuchli kislotani kuchsiz asos bilan titrlash egri chizig'i . . . . | 182 |
| 16.4. Neytrallash usulini qo'llanilish sohalari . . . . .                | 183 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>17-bob. REDOKSIMETRIYADA INDIKATORLAR NAZARIYASI. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI VA INDIKATORLAR TANLASH USULLARI . . . . .</b> | <b>185</b> |
|--|------------|

|   |     |
|---|-----|
| 17.1. Titrlash egri chiziq-lari hisobi . . . . .                    | 186 |
| 17.2. Redoksimetriyada indikatorlar nazariyasi . . . . .            | 187 |
| 17.3. Ko'p qo'llaniladigan redoks indikatorlarga misollar . . . . . | 189 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>18-bob. PERMANGANOTOMETRIYA USULINING MOHIYATI. TITRLASH EGRI CHIZIQLARI YODOMETRIYA USULI. . . . .</b> | <b>191</b> |
|--|------------|

|  |     |
|--|-----|
| 18.1. $KMnO_4$ eritmasini tayyorlash va uni saqlash. . . . . | 192 |
| 18.2. $KMnO_4$ eritmasining titrini aniqlash . . . . .       | 193 |
| 18.3. Yodometriya usulining umumiy tavsifi . . . . .         | 194 |
| 18.4. Qaytaruvchilarni aniqlash . . . . .                    | 195 |
| 18.5. Oksidlovchilarni aniqlash . . . . .                    | 195 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>19-bob. CHO'KTIRISH USULI ASOSI. INDIKATORLI VA INDIKATORSIZ TITRLASH USULLARI. USULNING ANALIZDA QO'LLANISHI . . . . .</b> | <b>198</b> |
|--|------------|

|  |     |
|--|-----|
| 19.1. Cho'ktirish usulining umumiy tavsifi . . . . . | 198 |
| 19.2. Titrlash egri chizig'i hisobi . . . . .        | 199 |
| 19.3. Ekvivalent nuqtani aniqlash usullari. . . . .  | 201 |
| 19.4. Tiniqlanish nuqtasigacha titrlash . . . . .    | 202 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>20-bob. KOMPLEKS HOSIL QILISH USULI. KOMPLEKSONLAR, USULNING ANALIZDA QO'LLANISHI VA AHAMIYATI . . . . .</b> | <b>206</b> |
|---|------------|

|  |     |
|--|-----|
| 20.1. Kompleksonometriyaning analizda qo'llanishiga misollar . . . . . | 208 |
|--|-----|

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>GLOSSARIY. . . . .</b> | <b>211</b> |
|---------------------------|------------|

|  |            |
|--|------------|
| <b>FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR . . . . .</b> | <b>238</b> |
|--|------------|

Nodira Shavkatovna Raxmatova,  
Muxtarama Galibovna Bekmuratova,  
Ra'no A'zamovna Nazirova,  
Shavkat Payziyevich Nurullayev

**ANALITIK, FIZIKAVIY VA  
KOLLOID KIMYO**  
ANALITIK KIMYO FANIDAN SIFAT VA MIQDORIY  
TAHLIL QILISH ASOSLARI

*darslik*

Muharrir *M. Tursunova*  
Musahhah *M. Turdiyeva*  
Dizayner *D. Ermatova*

«O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti,  
100029, Toshkent shahri, Matbuotchilar ko'chasi, 32-uy.  
Tel./faks: 239-88-61.

Nashriyot litsenziyasi: AI №216, 03.08.2012.

Bosishga ruxsat etildi 26.12.2019. «Uz-Times» garniturasida. Ofset usulida chop etildi. Qog'oz bichimi 60x84  $\frac{1}{16}$ . Shartli bosma tabog'i 15,5. Nashriyot bosma tabog'i 15. Adadi 200 nusxa.

Buyurtma №36

«FAYLASUFLAR» MCH bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Matbuotchilar ko'chasi, 32-uy.



**O'ZBEKISTON FAYLASUFLARI MILLIY  
JAMIYATI NASHRIYOTI**

ISBN 978-9943-6170-8-7



9 789943 617087