

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

*M.T. Gulamova, Sh.Q. Norov, N.T. Turabov*

# ANALITIK KIMYO

*Oliy o'quv yurtlarining oziq-ovqat texnologiyasi fakultetlari  
uchun o'quv qo'llanma*

«Voriz-nashriyot»  
Toshkent — 2009

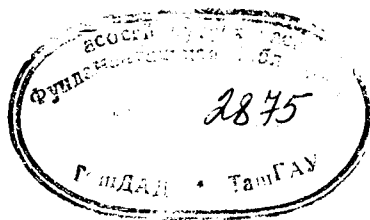
24.4  
G' 79

Taqrizchilar: **R.Ro'ziyev** – Tosh KTI «Analitik kimyo» kafedrası professori, kimyo fanlari doktori,  
**O.M. Yoriyev** – Buxoro davlat universiteti rektori, professor,  
**N.T. Salomov** – BuxOO va ESTI UOMT va BT kafedrası professori.

O'quv qo'llanma ikki qismdan iborat bo'lib, birinchi qismda kimyoviy analizning turlari (sifat va miqdor), nazariy asoslari, ionlarning turkumlanishi, guruh kation va anionlarining umumiy tavsifi, ularning xususiy reaksiyalari, aralashmalarni sistematik va bo'lib-bo'lib analiz qilish usullari, shu bilan birga miqdoriy analiz, titrimetrik (hajmiy) analiz usullari ham keltirilgan.

Qo'llanmaning ikkinchi qismida fizik-kimyoviy analiz usulining turlari: elektrokimyoviy, optik, ajratish va konsentrlash usullarining nazariy asoslari, afzalliklari va tajriba ishlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar berilgan.

O'quv qo'llanma oziq-ovqat texnologiyasi bo'yicha ta'lim olayotgan bakalavrlar uchun mo'ljallangan bo'lsa-da, undan barcha oliy o'quv yurtlarining talabalari ham foydalanishlari mumkin.



---

---

## KIRISH

*Analitik kimyo* – moddalarning sifatini va miqdoriy tarkibini analiz qilishning nazariy asoslari va usullarini o‘rganadigan fanidir. Analitik kimyo sifat va miqdor analiziga bo‘lib o‘rganiladi.

Sifat analizining vazifasi tarkibi noma‘lum modda yoki aralashmaning tarkibiy qismlarini, ya’ni u qanday element yoki ionlardan tarkib topganligini aniqlashdan iborat. Miqdoriy analizning vazifasi esa modda yoki aralashmadagi bir yoki bir necha tarkibiy qismlar miqdorini aniqlashdan iborat.

Sifat analizi, odatda, miqdoriy analizdan oldin o‘rganiladi. Sababi tekshiriladigan moddaning oldindan ma‘lum bo‘lgan birorta tarkibiy qismining foiz miqdorini aniqlash zarur bo‘lganda ham, sifat tarkibini o‘rganmay turib aniqlab bo‘lmaydi. Shuning uchun moddalarni analiz qilishga doir muammolarni kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy usullarni qo‘llash bilan hal etish mumkin.

**Kimyoviy usul** bilan aniqlashda element yoki ion o‘ziga xos xususiyatli biror birikmaga aylantiriladi va ayni birikma hosil bo‘lganligi haqida xulosa chiqariladi. Analizning fizikaviy usullari moddaning kimyoviy tarkibi bilan uning ayrim fizikaviy xossalari o‘rtasidagi bog‘lanishdan foydalanishga asoslangan (spektral, luminescent, rentgenostruktura va hokazo.).

Analizning **fizik-kimyoviy usullari** moddaning kimyoviy reaksiyalar jarayonida fizikaviy xossalarning o‘zgarishini aniqlashga asoslangan. Bu uchala analiz usullari orasiga hamma vaqt ham keskin chegara qo‘yib bo‘lmaydi. Fizikaviy va fizik-kimyoviy analiz usullari ba‘zan instrumental analiz usullari deyiladi (spektral, elektrokimyoviy, xromatografik, ekstraksiya va boshqalar).

---

---

# I QISM

## 1- mavzu. SIFAT ANALIZI ASOSLARI

### 1.1. Sifat analizi usullari

Analitik reaksiyalarni bajarishda, ishlatiladigan moddaning miqdoriga qarab, sifat analizi usullari 1955-yildan boshlab quyidagicha nomlanadigan bo'ldi.

*1-jadval*

Oldingi nomlanishi	Yangi nomlanishi	Olingan modda miqdori	
		g	ml
Makroanaliz	Gramm usul	1–10	10–100
Yarimmikroanaliz	Santigramm usul	0,05–0,5	1–10 <sup>-2</sup>
Mikroanaliz	Milligramm usul	10 <sup>-3</sup> –10 <sup>-6</sup>	0,1–10 <sup>-4</sup>
Ultromikroanaliz	Mikrogramm usul	10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-4</sup> –10 <sup>-6</sup>
Submikroanaliz	Nonogramm usul	10 <sup>-9</sup> –10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-7</sup> –10 <sup>-10</sup>
Subultromikroanaliz	Pikogramm usul	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-10</sup>

Kimyoviy analiz ko'pincha yarimmikro usulda bajariladi, bunda reaktivlar kam sarflanib, kichik hajmli idishlardan foydalanish mumkin. Agar analiz to'g'ri bajarilgan bo'lsa, yarimmikro usulda juda aniq natijalar olish mumkin. Shuning uchun moddalarni sifat jihatdan kimyoviy analiz qilishga asosan yarimmikroanaliz (santigramm) usulidan foydalaniladi.

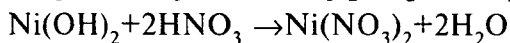
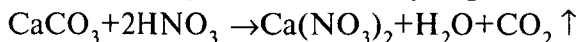
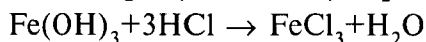
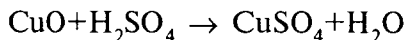
### 1.2. Analitik reaksiyalarning bajarilish usullari

Analitik reaksiya «quruq» va «ho'l» usullarda o'tkazilishi mumkin. Quruq usulda tekshiriladigan modda hamda reaktivlar qattiq holatda olinadi, reaksiya esa qizdirish yo'li bilan amalga

oshiriladi. Masalan, metall tuzlarining alangani bo'yashi, natriy tetraborat (bura)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  yoki natriy ammoniy gidrofasfat  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  lar ba'zi metallarning tuzlari bilan qorishtirilganda rangli marvarid (shisha) hosil bo'ladigan reaksiyalar quruq usulda o'tkaziladigan reaksiyalar qatoriga kiradi.

Rangli shisha hosil qilish va alangani bo'yash pirokimyoviy usullarda amalga oshiriladi.

Moddaning eritmalarda o'tkaziladigan analizi ho'l usul deyiladi. Bunda tekshiriladigan modda oldindan eritilgan bo'lishi kerak. Odatda erituvchi sifatida suv ishlatiladi. Agar modda suvda erimasa, kislotalarda eritiladi. Kislotada eritilgan modda kimyoviy o'zgarishga uchrab, suvda oson eriydigan birorta tuzga aylanadi. Masalan:

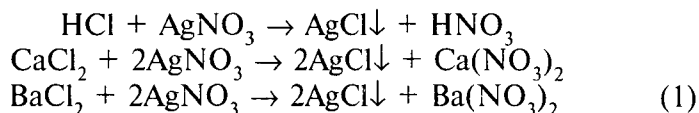


Sifat analizda faqat biror tashqi omil, ya'ni reaksiyaning haqiqatda borayotganligini ko'rsatuvchi har xil o'zgarishlar bilan boradigan reaksiyalaridangina foydalaniladi. Bunday kimyoviy reaksiyalarga *analitik reaksiyalar* deyiladi.

Odatda, bunday tashqi omil (effekt)lar: gaz ajralib chiqishi; eritma rangining o'zgarishi; cho'kma tushishi (yoki erib ketishi)dan iborat bo'ladi.

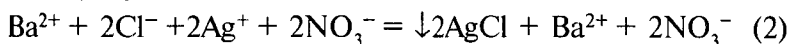
Anorganik moddalarni analiz qilishda ko'pincha tuzlar, kislotalar, asoslarning suvdagi eritmaları bilan ish ko'riladi. Ma'lumki, bu moddalar elektrolitlardir, ya'ni ular suvdagi eritmalarida ionlarga dissotsilangan bo'ladi. Shu sababli ho'l usul bilan o'tkaziladigan reaksiyalar, odatda, oddiy yoki murakkab ionlar o'rtasida boradi. Binobarin, bu reaksiyadan foydalanib, to'g'ri-dan to'g'ri elementlarni emas, balki ular hosil qilgan ionlari topiladi. Topilgan ionlarga qarab tekshiriladigan moddada tegishli elementlar borligi haqida xulosa chiqariladi.

Masalan, HCl yoki xloridlarning eritmasidan xlorni topish uchun  $\text{AgNO}_3$  ta'sir ettiriladi. Bunda suzmasimon oq cho'kma  $\text{AgCl}$  hosil bo'ladi. Cho'kmaga qarab xlor borligi aniqlanadi:

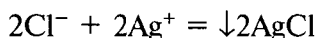


va hokazo.

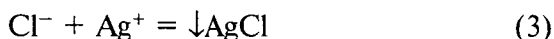
Cho'kmadan tashqari tuzlarning hammasi eritmalarda tegishli ionlarga ajralgan bo'ladi, ya'ni:



Bir xil ionlar reaksiya tenglamasidan tushirib qoldirilsa, unda reaksiya tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:



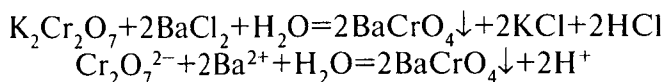
Tenglamaning ikkala tomonini bir xil songa qisqartirish mumkin bo'lgan hollarda reaksiya tenglamasi ikkiga qisqartirib yoziladi:



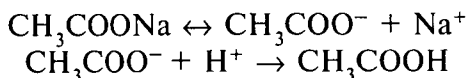
(1) – reaksiyaning molekular tenglamasi, (2) – reaksiyaning molekular ionli tenglamasi, (3) – reaksiyaning molekular-ionli qisqartirilgan tenglamasidir.

### **1.3. Analitik reaksiyalarni amalga oshirish shart-sharoitlari, reaksiyalarning sezgirligi va o'ziga xosligi**

Analitik reaksiyalarni o'tkazish uchun ma'lum bir shart-sharoit bo'lishi kerak. Masalan, kislotalarda eriydigan cho'kmalar eritmada erkin holatdagi kislota ortiqcha miqdorda bo'lganda ajralib chiqmaydi; xuddi shuningdek, ishqorda eriydigan cho'kmalar ishqoriy muhitda cho'kmaydi. Agar cho'kma kislotalda ham, ishqorda ham erisa, uni faqat neytral muhitda hosil qilish mumkin va hokazo. Bu misollardan ko'rinib turibdiki, reaksiyalarni amalga oshirishning eng muhim shart-sharoitlaridan biri shu reaksiya uchun zarur muhit bo'lib, uni kerak bo'lganda, eritmaga kislota, ishqor yoki boshqa biror reaktivlardan qo'shib vujudga keltirish mumkin. Masalan:



Hosil bo'lgan  $\text{BaCrO}_4$  kuchli kislotalarda eriydi, sirka kislotada esa erimaydi. Bu yerda reaksiyaning o'zida kuchli kislota hosil bo'lishi sababli reaksiya oxirigacha bormaydi. Ammo eritmaga  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan tashqari  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ham qo'shilsa,  $\text{Ba}^{2+}$  ni to'la cho'ktirish mumkin, shunda kuchli kislota o'rniga kuchsiz kislota  $\text{CH}_3\text{COOH}$  hosil bo'ladi:



Ikkinchi bir muhim sharoit eritmaning haroratidir. Haroratning ko'tarilishi bilan eruvchanligi ortib ketadigan cho'kmani issiq holatdagi eritmalaridan hosil qilish yaramaydi. Bunday reaksiyalarni uy haroratida, ba'zan esa sovitib o'tkazish kerak bo'ladi. Ba'zi reaksiyalar faqat, qizdirilganda boradi.

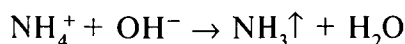
Reaksiya borishining muhim shart-sharoitlaridan yana biri, eritmada topiladigan ionning konsentratsiyasi yetarli darajada katta bo'lishidir. Uning konsentratsiyasi juda oz bo'lsa, reaksiya chiqmay qoladi. Sababi: har qanday moddaning eritmadagi konsentratsiyasi uning ayni sharoitdagi eruvchanligidan ortiq bo'lgandagina, shu modda cho'kmaga tushadi. Agar modda qiyin eriydigan bo'lsa, topiladigan ionning konsentratsiyasi nihoyatda oz bo'lsa-da cho'kma tushsa, bunday reaksiyalar **seziluvchan reaksiyalar** deyiladi.

Reaksiyaning seziluvchanligi miqdoriy jihatdan bir-biriga bog'langan ikkita ko'rsatkich: topilish minimumi va suyultirish chegarasi bilan xarakterlanadi. *Topilish minimumi* modda yoki ionning reaksiya muayyan shart-sharoitlarda o'tkazilganida topilishi mumkin bo'lgan eng kam miqdoridir. Modda (ion)ning shu reaksiya yordamida topilishi mumkin bo'lgan eng kam konsentratsiyasi *suyultirish chegarasi* deyiladi.

Reaksiyalarning seziluvchanligi bilan bir qatorda, ularning o'ziga xosligi ham juda katta ahamiyatga ega.

---

Bir ion boshqa ionlar bilan aralashgan holatda bo'lganda ham uni tajriba sharoitida ajratmasdan turib to'g'ridan-to'g'ri aniqlashga imkon beradigan reaksiya, o'sha ion uchun *o'ziga xos (spetsifik) reaksiya* deyiladi. Bunga ishqor ta'sirida qizdirilganda hidi va boshqa xossalardan ammiak ajralib chiqayotganligi oson bilinadigan  $\text{NH}_4^+$  ni aniqlash reaksiyasini misol qilib keltirish mumkin:



Ammoniy tuzlarigina bunday sharoitda ammiak hosil qiladi. Shuning uchun ishqor bilan olib borilgan reaksiya  $\text{NH}_4^+$  ionini topish uchun xos reaksiyadir.

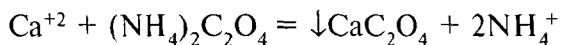
Analitik kimyoda tekshirilayotgan ion bir necha ionlar bilan o'xshash natija beradigan reaksiyalar ham uchraydi. Bunday reaksiyalarga *tanlab ta'sir etuvchi* yoki *selektiv* reaksiyalar deyiladi. Reaksiya ijobiy natija beradigan ionlar soni qancha kam bo'lsa, reaksiyaning selektivlik darajasi shuncha yuqori bo'ladi.

#### **1.4. Eritmani bo'lib-bo'lib va sistematik analiz qilish**

Aniqlanishi kerak bo'lgan ionlarni o'ziga xos (spetsifik) reaksiyalardan foydalanib tekshirilayotgan eritmaning alohida ulushlaridan bevosita aniqlash *bo'lib-bo'lib analiz qilish* deyiladi. Lekin hamma ionlar uchun xos reaksiyalar yo'q. Ayrim ionlar ikkinchisini topishga xalaqit beradi. Masalan,  $\text{Ba}^{2+}$  ionni  $\text{Ca}^{2+}$  ni topishga xalal beradi. Bunday hollarda har bir alohida ionni ma'lum ketma-ketlikda aniqlash reaksiyalarini ishlab chiqishga to'g'ri keladigan usulidan foydalaniladi. Bunda har bir ionni topishdan oldin uning topilishiga xalaqit beradigan boshqa hamma ionlar oldindan topiladi va eritmadan ajratiladi. Yuqoridagi misolda agar eritmada  $\text{Ba}^{2+}$  va  $\text{Ca}^{2+}$  ionlari bo'lsa, cho'kmani sentrifugalab,  $\text{Ba}^{2+}$  ionini to'liq cho'ktirib ajratib tashlanadi. Buning uchun  $\text{Ba}^{2+}$  ionni uchun xos reaksiya, ya'ni  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  bilan sariq cho'kmani hosil bo'lishidan foydalaniladi. Cho'kmadan ajratib olingan eritmaga yana ozgina reagent qo'shiladi. Agar



cho'kma qaytadan hosil bo'lmasa, eritmada  $Ba^{2+}$  ionini qolmagan bo'ladi va undan  $Ca^{2+}$  ionini  $(NH_4)_2C_2O_4$  ta'sirida topish mumkin. Oq  $CaC_2O_4$  cho'kmasining hosil bo'lishi eritmada  $Ca^{2+}$  ionini borligini bildiradi:



Demak, sistematik analiz qilishda ayrim ionlarni topish reaksiyalari bilan bir qatorda, ularni bir-biridan ajratish reaksiyalarini o'tkazishga to'g'ri keladi. Ajratish reaksiyalarida ko'pincha ajratilayotgan ionlar hosil qiladigan o'xshash birikmalarning eruvchanligi bir-biridan farq qilishidan foydalaniladi. Masalan,  $Ba^{2+}$  ionini  $Ca^{2+}$  ionidan ajratish.  $BaCrO_4$  va  $CaCrO_4$  eruvchanlik ( $EK_{BaCrO_4} = 2,3 \cdot 10^{-10}$ ,  $EK_{CaCrO_4} = 2,3 \cdot 10^{-2}$ ) larining har xilligiga asoslangan va hokazo.

### 1.5 Guruh reagenti. Kationlarning analitik guruhlarga bo'linishi

Sistemali analiz qilishda ionlar murakkab aralashmadan ayrim-ayrim holda emas, guruh-guruh tarzida ajratiladi. Bunda ularni guruh reagenti deb ataluvchi ba'zi reaktivlar ta'siriga bir xil munosabatda bo'lishidan foydalaniladi. Guruh reagentiga quyidagi talablar qo'yiladi: kationlarni amalda to'liq cho'ktirishi; keyingi analizlarni o'tkazish uchun hosil bo'lgan cho'kma kislotalarda oson eriydigan bo'lishi; ortiqcha qo'shilgan reagent eritmada qolgan ionlarni topishga xalal bermasligi kerak.

Kationlarning analitik guruhlarga bo'linishining bir necha usullari bor. Ulardan eng qulayi va ko'proq tarqalgani — vodorod sulfidli va kislotasiz usullar bilan tanishamiz.

**Vodorod sulfidli usul.** Bu usulni 1871-yilda N.A.Menshutkin taklif qilgan.

I guruh:  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mg^{2+}$  kationlari, guruh reagentga ega emas.

II guruh:  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  kationlari, guruh reagenti ammoniy karbonat  $(NH_4)_2CO_3$ , ammiakli bufer eritma ( $NH_4OH + NH_4Cl$ ) ishtirokida, harorat  $70-80^\circ C$ .

III guruh:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti ammoniy sulfid  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , ammiakli bufer eritma ( $\text{NH}_4\text{OH}$  va  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ishtirokida, harorat  $70-80^\circ\text{C}$ .

IV guruh:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  kationlari, guruh reagenti kislotali muhitda vodorod sulfid  $\text{H}_2\text{S}$ .

V guruh:  $\text{Ag}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti xlorid kislota.

Vodorod sulfidsiz usulini guruhlarga klassifikatsiyalashning bir necha usullari (kislota-ishqorli, asetat-amidli, ammiak-fosfatli) mavjud bo'lib, shulardan kislota-ishqorli klassifikatsiyalash usulini ko'rib chiqaylik.

**Kislota-asosli usul.** Kationlarni kislota-asos ta'sirida hosil qiladigan qiyin eruvchan xloridlar, sulfatlar, gidroksidlar va eruvchan ammiakli kompleks birikmalariga asoslangan bo'lib, ular o'z navbatida, olti analitik guruhga bo'linadi:

I guruh:  $\text{Ag}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti 2 n li  $\text{HCl}$ .

II guruh:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti 2 n li  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

III guruh:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{As}^{+3}$ ,  $\text{As}^{+5}$  kationlari, guruh reagenti 2 n li  $\text{NaOH}$  eritmasi.

IV guruh:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  kationlari, guruh reagenti 25% li  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

V guruh:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti 2 n li  $\text{NaOH}$  bo'lib, hosil bo'lgan cho'kma ortiqcha 25% li  $\text{NH}_4\text{OH}$  da eriydi (ammiakli kompleks birikmalar hosil qiladi).

VI guruh:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  kationlari, guruh reagentga ega emas.

Demak, analitik kimyoda kationlarni klassifikatsiyalash ular hosil qiladigan birikmalarning eruvchanligi turlicha bo'lishiga asoslangan. Bu esa bir guruh ionlarni boshqasidan ajratish imkonini beradi.

Guruh reagentlaridan foydalanish analizni ancha yengillashtiradi, chunki ulardan foydalanilganda analizda qilinishi kerak bo'lgan murakkab ishlar bir necha soddaroq ishlarga bo'linib ketadi.

## 1.6. Kationlar analitik klassifikatsiyasining D.I.Mendeleyevning davriy sistemasiga bog'liqligi

Kationlar analitik guruhlarining tartib raqami D.I. Mendeleyev elementlar davriy sistemasida gruppalar tartibiga ancha yaqin. Haqiqatan ham kationlar hosil qilgan tuzlar va gidroksidlarning eruvchanligi ularning boshqa hamma xususiyatlari kabi D.I.Mendeleyevning davriy sistemasida joylashgan o'rniga bog'liq.

Kationlarni vodorod sulfidli klassifikatsiyasi bilan elementlar davriy sistemasi orasidagi bog'liqlikni ko'rib o'taylik. Analiz davomida karbonatlar gidroksidlar va sulfidlar holida cho'kadigan kationlar, ularning ba'zilarini hisobga olmaganda, davriy sistemada qonuniy ravishda joylashgan. I va II analitik guruh kationlari  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  davriy sistemadagi o'sha gruppaning asosiy gruppachasida joylashgan. Ammoniy sulfid ta'sirida gidroksidlar holida cho'kadigan uchinchi analitik guruh kationlari  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  davriy sistema III va VI gruppalarining chap tomonida joylashgan. Ammoniy sulfid ta'sirida sulfidlar holida cho'kadigan III analitik guruh kationlari  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  esa, asosan, to'rtinchi katta davrning o'rtasida joylashgan. Qiyin eriydigan sulfidlar hosil qiluvchi IV analitik guruh kationlari  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$  davriy sistemaning o'ng tomonida, katta davrlarning birinchi yarmida VI gruppadan boshlab joylashadi va shu gruppaning ikkinchi yarmida tugaydi. Xloridlar hosil qiluvchi V analitik guruh kationlari  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  davriy sistemaning chap tomonida joylashgan. Agar tegishli kationlar elektron qavatining tuzilishiga e'tibor bersak, birinchi va ikkinchi analitik guruhning natijalari, shuningdek, uchinchi guruhning  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ta'sirida gidroksid holida cho'kadigan kationlar, inert gazlar kabi, 2 yoki 8 ta elektronli tugallangan tashqi elektron qavatga ega ekanligini ko'rish mumkin. Qiyin eriydigan sulfidlar hosil qiluvchi uchinchi va beshinchi analitik guruh kationlari esa tugallangan tashqi qavatga yoki 8 ta elektrondan 18 ta elektronga o'tuvchi tugallanmagan elektron qavatga yoki tashqi ikkita qavatida 18+2 elektronga ega bo'ladi.

---

Tashqi tugallanmagan elektron qavatidan oldingi qavatida 8 ta elektroni bor kationlar odatda, kislotalarda (masalan, HCl) eriydigan sulfidlar hosil qiladi, ya'ni uchinchi analitik guruhga kiradi. Tashqi tugallanmagan elektron qavatidan oldingi qavatda 18 ta elektroni bor kationlar esa kislotalarda qiyin eriydigan sulfidlar hosil qiladi, ya'ni to'rtinchi va beshinchi analitik guruhlariga kiradi. Ba'zan bu qonuniyatlardan chetga chiqish hol-lari ham uchraydi. Masalan,  $Mg^{2+}$  kationini elementlar davriy sistemasida tutgan o'rniga qarab ikkinchi guruh kationlari qatoriga kiritish kerak edi. Haqiqatan ham  $CaCO_3$ ,  $SrCO_3$ ,  $BaCO_3$  lar kabi magniy karbonat ham suvda qiyin eriydi. Lekin u ammoniy tuzlarida eriydi va shuning uchun ham uni  $(NH_4)_2CO_3$  ta'sirida to'liq cho'ktirib bo'lmaydi. Shunga ko'ra  $Mg^{2+}$  ionini I guruh bilan birga eritmada qoldirish maqsadida I–II guruhni ammiakli bufer eritma ( $NH_4OH$  va  $NH_4Cl$ ) ishtirokida cho'ktirish kerak,  $Mg^{2+}$  ionining I guruhga kiritilishiga sabab ham ana shu.

$Zn^{2+}$  kationning davriy sistemada joylashgan o'rniga qarab III analitik guruhga emas, balki IV analitik guruhga kiritilishi kerak edi.  $Zn^{2+}$  kationi III analitik guruh kationlaridan farq qilib, o'rtacha kislotali muhitda,  $H_2S$  ta'sirida IV guruh kationlari bilan cho'ktiriladi. Lekin IV guruh kationlari kuchli kislotali muhitda ( $[H^+] = 0,3$  g-ion/l) cho'ktiriladi. Shuning uchun ham  $Zn^{2+}$  ionini III guruh kationlari bilan eritmada qoladi va hokazo, shunga o'xshash misollarni ko'p keltirish mumkin.

### **1.7. Analitik kimyo laboratoriyasida ishlash qoidalari**

Analitik kimyo laboratoriyasida ishlayotgan har bir talaba quyidagi qoidalarga qat'iy rioya qilishi kerak.

1. Laboratoriyadagi har bir talaba uchun alohida ish o'rnini tayinlanadi, stolga papka, kitoblar va boshqa ortiqcha narsalar qo'yilmasligi kerak. Ish joyida tartib va tozalikni saqlash lozim.

2. Har bir tajriba ishini bajarishdan oldin unga taalluqli nazariy materiallarni o'rganish hamda yo'riqnoma bilan chuqur tanishib, noaniq savollar hal qilingandan so'ng tajribani boshlash kerak. Laboratoriyada har bir ish alohida bajariladi.

3. Elektr quvvati, gaz, suv, reaktivlar bilan ishlashni bilish lozim. Tajribalar uchun eng kam miqdorda modda olish, ishlatilmay qolgan yoki ortiqcha olingan reaktivlarni qayta idishga solish mumkin emas. Kam uchraydigan qimmatbaho va zaharli modda qoldiqlarini laborant maxsus idishga solishi kerak.

4. Ishlatilgandan so'ng barcha reaktiv va eritmalar saqlanadigan idish qopqog'ini yopib qo'yish, shu bilan birga, qopqoqlarni almashtirib yubormaslik kerak. Umumiy ishlatiladigan reaktivlarni talaba o'zining ish o'miga olib borishi man qilinadi. Reaktivlarni idishi bilan kitob va daftarlar ustiga qo'yish mumkin emas.

5. Analitik kimyo laboratoriyasida xalat kiyib ishlanadi, u yerda ovqat yeyish, chekish va baland ovozda gaplashish qat'iy man qilinadi.

6. Ishni tugatgandan so'ng foydalanilgan idishlarni yuvib qo'yish, ish o'rnini tozalash, gaz, suvni o'chirish, elektr asboblarni tarmoqdan uzish zarur.

## **1.8. Birinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi**

Birinchi analitik guruh kationlariga  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu ionlarning umumiy guruh reagenti yo'q.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$  lar uchun xarakterli bo'lgan ko'pgina reagentlar bilan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari reaksiyaga kirishmaydi. Shuning uchun birinchi analitik guruh kationlari ikkita guruhchaga bo'linadi, ya'ni  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  va  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$  kabi reaktivlar bilan cho'kma beruvchi  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$  ionlari (1) va umumiy reagenti bo'lmagan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari (2) kiradi.

Birinchi analitik guruh kationlarining ko'pgina birikmalari suvda yaxshi eriydi va rangsiz eritmalar hosil qiladi. Rangli eritmadagi birikmalariga xromatni (sariq), bixromatni (sarg'ish-qizil), manganatni (yashil), permanganatni (binafsharang), ferrosianatlarni (sariq va qizil) va geksakobaltatni (sariq) kiritish mumkin.

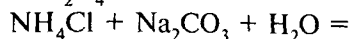
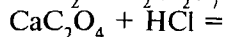
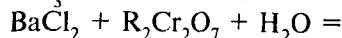
Birinchi guruh kationlarining  $\text{NH}_4^+$  dan boshqa barchasi oksidlovchilar va qaytaruvchilar ta'siriga chidamli,  $\text{NH}_4^+$  esa oksidlanish xossasiga ega. Ushbu kitobda birinchi analitik guruh kationlariga xos reaksiyalar laboratoriyada bajarilishi mumkin bo'lgan ionlarga berilgan (2-jadval).

**Tayanch iboralar:** kimyoviy analiz; sifat analizi; miqdoriy analiz; analitik reaksiya; umumiy va xususiy reaksiya; reaksiya sezgirligi; kationlarning analitik guruhlari; guruh reagenti; sistemali analiz; bo'lib-bo'lib analiz.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Sifat analizining mohiyati, predmeti va vazifalari haqida nimalarni bilasiz?
2. Qanday reaksiyalarga analitik reaksiyalar deyiladi? Analitik reaksiyalarning ochilish minimumi, sezgirligi va o'ziga xosligi tushunchalarini misollar bilan tushuntiring.
3. Analitik guruh va guruh reagenti nima? Kationlarning guruhlarga taqsimlanishi nimaga asoslangan.
4. Birinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif bering.
5.  $\text{NH}_4^+$  va  $\text{Mn}^{2+}$  ionlarining o'ziga xos reaksiya tenglamalarini yozing.
6. Nima uchun  $\text{K}^+$  ionini  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  bilan ishqoriy yoki kuchli kislotali muhitda ochib bo'lmaydi?
7. Kaliy fosfat bilan natriy kobaltinitrit orasida boradigan analitik reaksiya tenglamasini yozing.
8.  $\text{Mg}^{2+}$  ionini II analitik guruh kationlari bo'lgan eritmadan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ta'sirida ochish mumkinmi? Javobingizni izohlab, tegishli reaksiya tenglamalarini molekular va ionli ko'rinishda yozing (EK qiymatlarini ko'rsating).
9. Quyidagi reaksiyalarni tugatib, molekular va ionli ko'rinishda yozing:



**Birinchi analitik guruh kationlariga xos xususiy reaksiyalar**

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Hlova
I.1	$\text{Li}^+$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	<p align="center"><i>Li ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $3\text{LiCl} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl} + \text{HCl}$ $3\text{Li}^+ + 3\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + \text{HPO}_4^{2-} = \text{Li}_3\text{PO}_4 \downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $3\text{Li}^+ + \text{HPO}_4^{2-} = \text{Li}_3\text{PO}_4 \downarrow + \text{H}^+$	$\text{pH} \geq 7$ , och sariq cho'kma, kuchli kislotalarda eriydi
I.2	$\text{Li}^+$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$2\text{LiNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$ $\text{Li}^+ + 2\text{NO}_3^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow + 2\text{Na}^+ + 2\text{NO}_3^-$ $2\text{Li}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow$	$\text{pH} \geq 7$ , oq kristall cho'kma, kislotada eriydi
I.3	$\text{Li}^+$	$\text{NH}_4\text{F}$	$\text{LiNO}_3 + \text{NH}_4\text{F} = \downarrow \text{LiF} + \text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{Li}^+ + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ + \text{F}^- = \text{LiF} \downarrow + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ $\text{Li}^+ + \text{F}^- = \text{LiF} \downarrow$	Oq cho'kma
I.4	$\text{NH}_4^+$	Nessler reaktivi	<p align="center"><i><math>\text{NH}_4^+</math> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{K}_2[\text{HgI}_4] + 4\text{KOH} = \downarrow \text{O} \left( \begin{array}{c} \text{Hg} \\ \text{NH}_2 \text{I} + 7\text{KI} + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} \\ \text{Hg} \end{array} \right)$ $\text{NH}_4^+ + 2[\text{HgI}_4]^{2-} + 4\text{OH}^- = \downarrow \text{O} \left( \begin{array}{c} \text{Hg} \\ \text{NH}_2 \text{I} + 7\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \\ \text{Hg} \end{array} \right)$	Sariq-qo'ng'ir cho'kma, Nessler reaktivi ortiqcha olinadi, chunki cho'kma ammoniy tuzlarida eriydi

1.5	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	KOH	NH <sub>4</sub> Cl+KOH=KCl+NH <sub>4</sub> OH NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +Cl <sup>-</sup> +K <sup>+</sup> +OH <sup>-</sup> =K <sup>+</sup> +Cl <sup>-</sup> +NH <sub>4</sub> OH NH <sub>4</sub> OH ⇌ NH <sub>3</sub> ↑+H <sub>2</sub> O	T °C va pH>7 da ajralib chiqqan NH <sub>3</sub> ning hididan, namlangan indikator rangining o'zgarishidan bilish mumkin
1.6	K <sup>+</sup>	NaHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> yoki vino kislotasi [H <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> +CH <sub>3</sub> COONa]	<i>K<sup>+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> KCl+NaHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ⇌ KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> +NaCl K <sup>+</sup> +Cl <sup>-</sup> +Na <sup>+</sup> +HC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ⇌ KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> +Na <sup>+</sup> +Cl <sup>-</sup> K <sup>+</sup> +HC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ⇌ KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	pH=7, past haroratda probirka devori shisha tayovcha bilan ishqalanganda oq kristall cho'kma hosil bo'ladi
1.7	K <sup>+</sup>	Na <sub>2</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	2KCl+Na <sub>2</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]=↓K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]+2NaCl 2K <sup>+</sup> +2Cl <sup>-</sup> +2Na <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2-</sup> =↓K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]+2Cl <sup>-</sup> 2K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup> =↓K <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	pH=7, sariq cho'kma, kuchli kislotalarda eriydi
1.8	K <sup>+</sup>		Alangami bo'yashi	Och binafsha
1.9	Mg <sup>2+</sup>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	<i>Mg<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> MgCl <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> +NH <sub>4</sub> OH=↓MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> +2NaCl+H <sub>2</sub> O Mg <sup>2+</sup> +2Cl <sup>-</sup> +2Na <sup>+</sup> +HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +NH <sub>4</sub> OH=↓MgNH <sub>4</sub> OH+2Na <sup>+</sup> +2Cl <sup>-</sup> +H <sub>2</sub> O Mg <sup>2+</sup> +HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> +NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> =↓MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Oq cho'kma, mineral kislotalarda eriydi
1.10	Mg <sup>2+</sup>	NaOH (KOH)	MgCl <sub>2</sub> +2NaOH=↓Mg(OH) <sub>2</sub> +2NaCl Mg <sup>2+</sup> +2Cl <sup>-</sup> +2Na <sup>+</sup> +2OH <sup>-</sup> =↓Mg(OH) <sub>2</sub> +2Na <sup>+</sup> +2Cl <sup>-</sup> Mg <sup>2+</sup> +2OH <sup>-</sup> =↓Mg(OH) <sub>2</sub>	Oq amorf cho'kma, mineral kislotalarda va ammoniy tuzlarida eriydi



## 2- mavzu. GOMOGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT

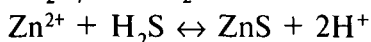
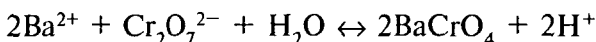
### 2.1 Massalar ta'siri qonuni va undan analitik kimyoda foydalanish

Anorganik kimyo fanidan ma'lumki, kimyoviy reaksiya tezligiga har xil omillar ta'sir qiladi: reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiati; konsentratsiya; harorat; bosim; katalizator va boshqalar.

Kimyoviy reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligini birinchi marta N.N. Beketov o'rgangan.

Bu bog'lanishni norvegiyalik olimlardan (1867-y.) Guldberg va Vaage massalar ta'siri qonuni deb, quyidagicha ta'rifladilar: *kimyoviy reaksiya tezligi massalar ta'siriga, ya'ni reaksiyaga kirishayotgan moddalar konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional bog'langan.*

**Kimyoviy muvozanat.** Ayrim analitik reaksiyalar qaytar, ya'ni bir vaqtda bir-biriga qarama-qarshi ikki yo'nalishda boradi. Masalan:  $Ba^{2+}$  va  $Zn^{2+}$  ionlarini ochish va ajratish reaksiyalari.



reaksiyani umumiy holda,  $mA + nB \xrightleftharpoons[v_2]{v_1} pD + gC$  ko'rinishida yozib, to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezliklarini yozsak:

$$v_1 = k_1[A]^m[B]^n,$$

$$v_2 = k_2[D]^p[C]^g,$$

bu yerda:  $v_1$  – to'g'ri reaksiya tezligi;  $k_1$  – to'g'ri reaksiya tezligining konstantasi;  $v_2$  – teskari reaksiya tezligi;  $k_2$  – teskari reaksiya tezligining konstantasi;  $[A]$  va  $[B]$  – reaksiyaga kirishgan moddalarning,  $[D]$  va  $[C]$  esa reaksiyadan keyingi moddalarning muvozanat konsentratsiyalari (mol/l).

---

Agar  $[A] = [B] = 1 \text{ mol/l}$  bo'lsa,  $v_1 = k_1$  bo'ladi.

Demak, reaksiyaga kirishayotgan moddalardan har birining konsentratsiyasi yoki ularning ko'paytmasi  $1 \text{ mol/l}$  bo'lganda, boradigan reaksiyaning shu sharoitdagi tezligi uning **tezlik konstantasi** deyiladi.

Ma'lum vaqtdan keyin to'g'ri va teskari reaksiya tezliklari tenglashgan  $v_1 = v_2$  holati *kimyoviy muvozanatdir*. (1) va (2) tenglamalarni tenglashtirib olsak:

$$k_1[A]^m[B]^n = k_2[D]^p[C]^g,$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[D]^p [C]^g}{[A]^m [B]^n}; \quad \frac{k_1}{k_2} = K \text{ deb belgilasak,}$$

$$K = \frac{[D]^p [C]^g}{[A]^m [B]^n}. \quad (3)$$

(3) tenglama massalar ta'siri qonunining matematik ifodasi bo'lib, quyidagicha ta'riflanadi. Muvozanat vujudga kelganda reaksiya natijasida hosil bo'lgan moddalar stexiometrik koeffitsiyentlari darajasiga ko'tarilgan, konsentratsiyalari ko'paytmasining reaksiya uchun olingan moddalar stexiometrik koeffitsiyentlari darajasiga ko'tarilgan konsentratsiyalari ko'paytmasiga bo'lgan nisbati berilgan haroratda shu reaksiya uchun doimiy son bo'lib, **muvozanat konstantasi** deyiladi.

Muvozanat konstantasi  $K$  ning fizik ma'nosi, sistemada moddalar konsentratsiyalari bir xil bo'lganda va berilgan haroratda to'g'ri reaksiyaning tezligi teskari reaksiyaning tezligidan necha marta katta ekanligini ko'rsatadi.

Muvozanat konstantasining qiymatiga qarab, nazariy yo'l bilan yoki hisoblash orqali kimyoviy reaksiyalarning yo'nalishini aniqlash mumkin:

$K < 1$  da teskari reaksiya katta tezlik bilan boradi;

$K > 1$  da to'g'ri reaksiya katta tezlik bilan boradi;

$K = 1$  da reaksiya qaytar bo'ladi.

Kimyoviy muvozanat o'zgarish sharoitlarda uzoq vaqt saqlansa, 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.

## **2.2. Elektrolitik dissotsilanish**

Analitik kimyoda suvli eritmalaridan moddalarning sifat va miqdoriy tarkibini aniqlashda keng foydalaniladi. Shuning uchun suvli eritma bilan ishlaydigan har bir mutaxassis elek-

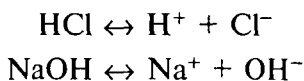
---

trolitik dissotsilanish, kuchli va kuchsiz elektrolitlar, dissotsilanish darajasi va konstantasi, suvning ion ko'paytmasi, vodorod va gidroksid ko'rsatkichi kabi tushunchalarni yaxshi bilishi kerak.

Elektr tokini o'tkazadigan eritma *elektrolit eritmasi* deyiladi, erigan modda esa *elektrolit* deb aytiladi. Elektrolitlarga kislota, asos va tuzlar kiradi.

1887-yilda S.Arrenius elektrolitlarning suvli eritmada dissotsilanish (ionlanish) nazariyasini tushuntirib berdi. Bu nazariyaga ko'ra:

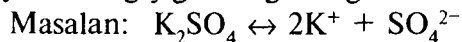
1. Elektrolit molekulasida suvda eritilganda ionlar deb ataladigan elektr zaryadini tashuvchi kichik zarrachalarga dissotsilanadi. Masalan:



Musbat zaryadlangan zarrachalar *kationlar*, manfiy zaryadlangan zarrachalar esa *anionlar* deb ataladi.

2. Agar elektrolit eritmasiga tok manbayining ikki qutbi o'rnatilsa, anod (+) ga manfiy zaryadlangan ionlar, ya'ni anionlar, katod (-) ga esa musbat zaryadlangan ionlar, ya'ni kationlar tortiladi.

3. Eritmadagi barcha musbat zaryadlarning yig'indisi manfiy zaryadlarning yig'indisiga teng.



4. Dissotsilanish qaytar jarayon, shuning uchun qaytarlik ( $\leftrightarrow$ ) belgisi qo'yiladi.

Elektrolitik dissotsiatsiyasining miqdoriy tavsifi dissotsilanish darajasi hisoblanadi:

$$\alpha = (n/n_0) \cdot 100\%,$$

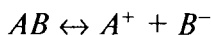
bu yerda:  $n$  – dissotsilangan molekular soni;  $n_0$  – umumiy molekular soni.

Dissotsilanish darajasining qiymati: erituvchining tabiatiga, haroratga, eritma konsentratsiyasiga bog'liq.

Elektrolitik dissotsilanish qaytar jarayon bo'lganligi sababli kimyoviy muvozanat ro'y beradi. Le-Shatlye prinsipiga muvofiq

erituvchi qo'shish (ya'ni eritmani suyultirish) bilan dissotsilan-gan molekulalar soni oshadi, bu esa  $\alpha$  ning qiymatini oshishiga olib keladi. Shuning uchun  $\alpha$  ning qiymatiga qarab elektrolitlar-ni kuchli va kuchsizga ajratish biroz qiyin.

Elektrolitik dissotsilanish jarayonini dissotsilanish konstanta-si bilan xarakterlash qulay:



Moddalar massasi ta'siri qonuniga ko'ra dissotsilanish kon-stantasi:

$$K = \frac{[A^+] \cdot [B^-]}{[AB]},$$

bu yerda:  $[A^+]$ ,  $[B^-]$ ,  $[AB]$  – komponentlarning molyar kon-sentratsiyalari.

Dissotsilanish konstantasi dissotsilanish darajasidan farq qilib, faqat harorat va elektrolit tabiatiga bog'liq. Kuchsiz elektrolitlar uchun dissotsilanish konstantasining qiymatlari ma'lumotnomal-arda keltirilgan.

Eritmaning molyar konsentratsiyasi –  $C$ ; bitta molekula dis-sotsilanganda molyar konsentratsiya  $\alpha C$  ga teng bo'lganda yuqo-ridagi jarayon uchun  $[A^+] = [B^-] = \alpha C$ , unda dissotsilanish konstantasi va darajasi orasidagi bog'lanish quyidagicha yoziladi:

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

$\alpha$  juda kichik bo'lganda  $1 - \alpha = 1$  deb olinadi, unda  $K = \alpha^2 C$ ;

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}.$$

### 2.3. Brensted-Lourining protolitik nazariyasi

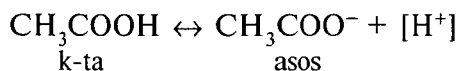
Moddaning eritmada ionlanish va dissotsilanish jarayonlari erigan modda va erituvchi molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir bi-lan tushuntiriladi.

Kislota va asoslarning klassik nazariyasi berilgan modda turli erituvchilarda eriganda sodir bo‘ladigan bir qator hodisalarni tushuntirib berolmaydi. Masalan:  $\text{NH}_4\text{Cl}$  suvda  $\text{NH}_4^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlariga dissotsilanadi, ya’ni boshqa tuzlarga o‘xshaydi, shu bilan birga, uning suyuq ammiakdagi eritmasi, bu eritmalarda  $\text{H}^+$  ionlari bo‘lmasa ham, kislotalarga xos barcha xususiyatlarni, hatto vodorod ajratib chiqarish bilan metallarni eritish kabi xususiyatini ham namoyon qiladi. Mochevina  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  suvdagi eritmalarda neytral suyuq ammiakda kislota xossasiga, suvsiz sirka kislotada esa asos xossasiga ega. Suvli eritmalarda juda kuchli nitrat kislota suyuq  $\text{HF}$  da yoki suvsiz  $\text{H}_2\text{SO}_4$  da eriganda asos xossali bo‘lib qoladi. Elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga zid bo‘lgan bunday holatlarni ko‘plab keltirish mumkin.

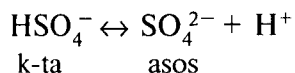
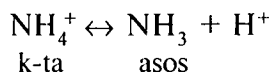
Bu nomuvofiqliklarni tushuntirish uchun bir qancha nazariya ilgari surildi. 1923-yilda Brensted-Lourining protolitik nazariyasi ancha keng tarqaldi. Bu nazariyaga asosan protonlar berish xususiyatiga ega bo‘lgan moddalar *kislotalar*, protonlarni biriktirib olish xususiyatiga ega bo‘lgan moddalar *asoslar* deyiladi:



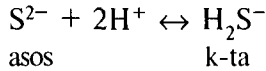
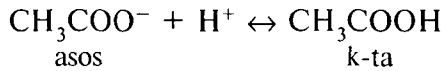
Masalan, sirka kislotasi o‘zidan proton ajratib chiqarganligi uchun Brensted nazariyasiga asosan ham kislotaadir.



Lekin Brensted-Louri nazariyasiga ko‘ra, o‘zidan proton ajratib chiqaradigan molekullargina emas, balki ionlar ham kislota hisoblanadi:



O‘z navbatida, protonlarni biriktirib olish xususiyatiga ega bo‘lgan ionlar asoslar deb hisoblanishi kerak:

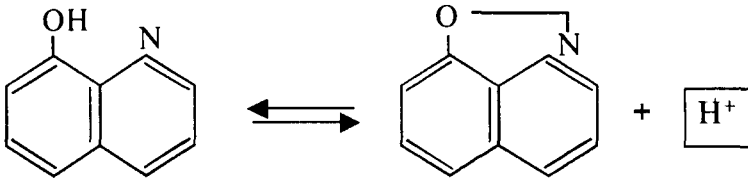


Ba'zi ion yoki molekular sharoitga qarab ham kislota, ham asos bo'lishi mumkin.

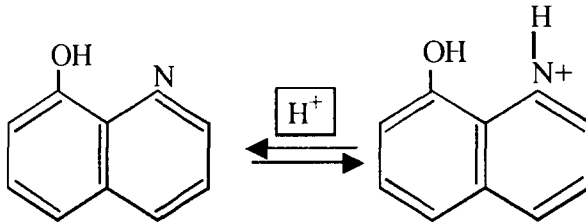
Masalan:



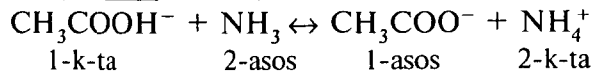
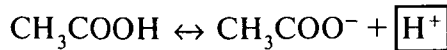
8- oksixinolin muvozanat holatida ham kislota:



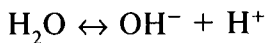
ham asos bo'lib reaksiyaga kirishadi:



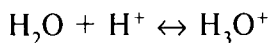
Neytrallanish reaksiyasining sodir bo'lishi:



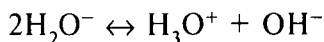
Agar erituvchi suv bo'lsa, bu yerda avvalo uning elektrolit sifatidagi ikki yoqlama xarakteriga ahamiyat berish kerak. Suv kislota



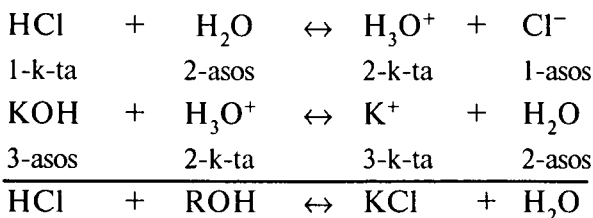
hamda asos bo'lishi mumkin



Bu ikkala tenglamani birlashtirib quyidagicha yozish mumkin:



Suvli eritmada kislota va asoslarning ta'sir reaksiyasini ko'raylik:



Kislota-asosning o'zaro ta'siri qaytar bo'lib, proton kislota molekulasidan asos molekulasiga o'tadi.

Kislota-asoslarning protolitik muvozanat nazariyasi Arreniusning elektrolitik dissotsilanish nazariyasiga asoslangan qarashlarga nisbatan ancha umumiy nazariyadir.

Kislota-asoslardagi muvozanatni hisoblash 2 ta vazifani hal qilishga olib keladi:

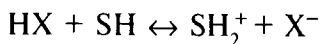
1) erigan moddaning muvozanat konsentratsiyasidagi pH ini aniqlash;

2) pH ma'lum bo'lganda modda tarkibini yoki muvozanatdagi konsentratsiyani aniqlash.

Hisoblashlarni olib borish uchun quyidagilarni bilish shart.

Protolitlar (elektrolitlar) kuchi dissotsilanish konstantasi bilan xarakterlanadi.

1. Kislotaning dissotsilanish konstantasi:



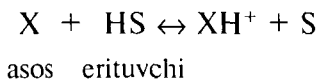
k-ta erituvchi

$$K_{\text{HX|SH}}^{\text{kis}} = \frac{a_{\text{SH}_2^+} a_{\text{X}^-}}{a_{\text{HX}}},$$

bu yerda:  $a$  — molekuladagi ionlarning aktivligi.

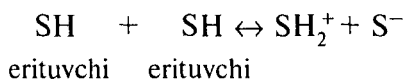


2. Asosning dissotsilanish konstantasi:



$$K_{X/HS}^{\text{asos}} = \frac{a_{XH^+} \cdot a_{S^-}}{a_X}$$

3. Erituvchining dissotsilanish konstantasi:



$$K_{SH} = a_{SH_2^+} \cdot a_{S^-}$$

$K_{SH}$  – avtoprotoliz konstantasi:

$$K_{SH} = K_{HX/SH}^{\text{kis}} \cdot K_{X/HS}^{\text{asos}}$$

Bu formula yordamida ikki moddaning dissotsilanish konstantasining qiymati ma'lum bo'lsa, uchinchisining qiymatini topish mumkin.

Demak, kislota va asosning kuchli yoki kuchsizligi erituvchining kislota-asos xossasiga bog'liq.

## 2.4. Aktivlik. Aktivlik koeffitsiyenti va ion kuchi

Ionlararo kuch eritmaning elektr o'tkazuvchanligini pasaytiribgina qolmay, balki osmotik bosim kattaligiga, muzlash va qaynash haroratiga hamda ionlarning kimyoviy reaksiyaga kirishish xususiyatiga ham ta'sir etadi.

Ionlar kuchi ta'sirini hisobga olish uchun 1901-y. G.Lyuis eritmada samarali konsentratsiyani ifodalash uchun ionlar aktivligi ( $\alpha$ ) degan tushunchani kiritdi. Ionlar ana shu aktivligi (samarali konsentratsiyasi)ga ko'ra o'zaro ta'sirlashadi.

Cheksiz suyultirilgan eritmalarda aktivlik konsentratsiyaga teng:

$$\alpha = C. \tag{1}$$

Real eritmalarda ionlararo kuchning ta'siri tufayli aktivlik konsentratsiyadan kichik bo'ladi. Buni izohlash uchun N.Byerrum fanga *aktivlik koeffitsiyenti* tushunchasini kiritdi.

*Aktivlikning ion (haqiqiy) konsentratsiyasiga nisbati aktivlik koeffitsiyenti (f) deyiladi:*

$$f = \alpha/C. \quad (2)$$

Demak, aktivlik koeffitsiyenti faqat eritmadagi elektrolitning konsentratsiyasiga bog'liq bo'libgina qolmay, balki shu eritmada-gi tashqi ionlar konsentratsiyasiga ham bog'liqdir. Shu ionlar-ning o'zaro ta'sir kuchini ifodalovchi kattalik ion kuchi qonuni-ni 1921-yilda amerikalik olimlar T.N.Lyuis va M.Rendal kashf qildilar. Eritmaning ion kuchi ( $\mu$ ) eritmadagi barcha ionlar kon-sentratsiyalarining o'sha ion zaryadlari kvadrati ko'paytmasi yig'indisining yarmiga teng, ya'ni:

$$\mu = \frac{1}{2}(C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2), \quad (3)$$

bu yerda:  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – eritmadagi har bir ionning konsen-tratsiyasi (g-ion/l);  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  – ionlarning zaryadlari.

Umumiy holda:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{n-i} C_1 Z_1. \quad (4)$$

*Ion kuchi ortishi bilan eritmada aktivlik koeffitsiyenti kamaya boradi.* Ammo ma'lum bir minimal qiymatga erishgandan so'ng ion kuchi ortishi bilan aktivlik koeffitsiyenti ham orta boradi.

Eritmaning ion kuchi bilan aktivlik koeffitsiyenti orasidagi matematik bog'lanishni 1923-yilda P.Debay va Y.Xyukkel aniqlagan. Eritmaning konsentratsiyasiga qarab, bu bog'lanish turli-cha ifodalanadi. Suyultirilgan eritmalar uchun:

$$\lg f = -0,5 Z^2 \sqrt{\mu}. \quad (5)$$

Yuqori konsentratsiyadagi eritmalar uchun:

$$\lg f = -\frac{0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}. \quad (6)$$

Konsentrlangan eritmalar uchun (6) formula quyidagicha yoziladi:

$$\lg f = -\frac{0,5 \cdot Z^2 \cdot \sqrt{\mu}}{1 + a \cdot 0,33 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\mu}} + A, \quad (7)$$

bu yerda:  $a$  – shu ion radiusi, sm;  $A$  – empirik koeffitsiyent.

## 2.5. Suvning ionlanishi. Vodorod ko‘rsatkich pH

Analitik kimyoda suvli ertimalardan moddalarning sifati va miqdori tarkibini aniqlashda keng foydalaniladi.

Har qanday suvli eritma bilan ishlaydigan mutaxassis suvning ion ko‘paytmasi, suvli eritmalarda vodorod ioni, gidroksil ioni miqdorini hisoblash kabi tushunchalar bilan chuqur tanish bo‘lishi kerak.

Toza suv ma‘lum elektr o‘tkazuvchanlik va amfoterlik xos-sasiga ega bo‘lgan kuchsiz elektrolitdir. Suvning ionlanishi quyidagi tenglama ko‘rinishida ifodalanadi:



Tenglama soddalashtirilgan holda yozilsa,  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$  bo‘ladi.

Bunga massalar ta‘siri qonuni qo‘llanilsa, suvning dissotsi-lanish konstantasi:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \quad (2)$$

kelib chiqadi.

Suvning ionlanish darajasi juda kichik: 25° C da 1 litr suv-ning 1:10000000 yoki  $10^{-7}$  moligina ionlarga ajraladi, shuning uchun ionlarga ajralmagan molekularlar soni ionlarga ajralgan molekularlar sonidan bir necha barobar katta bo‘ladi.  $K_w$  doimiy kattalik bo‘lib, *suvning ion ko‘paytmasi* deyiladi:

$$K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]. \quad (3)$$

1 litr suvning ( $25^{\circ}\text{C}$  da) massasi 997,8 g, molekular massasi esa 18,02 g/mol. 1 litr suvda  $\text{H}_2\text{O}$  ning mollar soni ( $25^{\circ}\text{C}$ ) da quyidagicha:

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{997,8}{18,02} = 55,4 \text{ mol},$$

u holda oxirgi tenglikdan:

$$\begin{aligned} K_w &= 18 \cdot 10^{-16} \cdot 55,4 = 1 \cdot 10^{-14}; \\ K_w &= [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}. \end{aligned} \quad (4)$$

(4) tenglamadan  $[\text{H}^+]$  va  $[\text{OH}^-]$  ni topsak,

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 10^{-7} \text{ g.ion/l}. \quad (5)$$

Bu tenglamadan shunday xulosa qilish mumkin: suvli eritmadagi  $[\text{H}^+]$  va  $[\text{OH}^-]$  konsentratsiyasining har qanday qiymatlarida ularning ko'paytmasi doimiy son bo'lib,  $1 \cdot 10^{-14}$  ga teng. Hisoblashlarda qulaylik bo'lishi uchun 1909-y. S.Syorensen vodorod ko'rsatkich (pH) va gidroksid ko'rsatkich (pOH) kiritishni taklif qilgan. Eritmadagi vodorod va gidroksid ionlari konsentratsiyalarining teskari ishorali o'nli logarifmi tegishli vodorod va gidroksid ko'rsatkich deyiladi:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]; \quad \text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]. \quad (6)$$

Umuman, har qanday eritma uchun vodorod ko'rsatkich va gidroksid ko'rsatkich yig'indisi 14 ga teng.

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14. \quad (7)$$

pH va pOH ning qiymatlari eritmaning muhitini xarakterlaydi. Shunga ko'ra:

pH < 7 da, eritma muhiti kislotali;

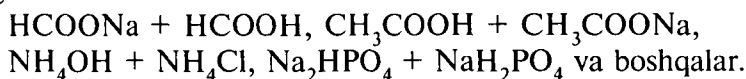
pH > 7 da, eritma muhiti ishqoriy;

pH = pOH = 7 da, eritma muhiti neytral bo'ladi.

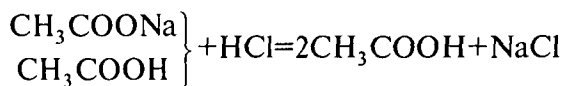
Vodorod ko'rsatkichning qiymati 1 dan 14 gacha qabul qilingan. Eritmadagi ionlar ko'rsatkichlaridan biri ma'lum bo'lsa, ikkinchisini yuqoridagi formulalardan foydalanib topish mumkin.

## 2.6. Bufer eritmalar

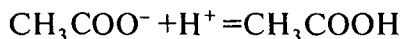
Analitik kimyoda ayrim tajribalarni, ayniqsa, tekshiriladigan eritmadan ionlarni cho'ktirishda eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasi aniq va doimiy bo'lishi kerak. Shuning uchun analiz jarayoni  $[H^+]$  ionlari konsentratsiyasini doimiy saqlab turuvchi bufer eritmalar (boshqaruvchilar) ishlatiladi. 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:



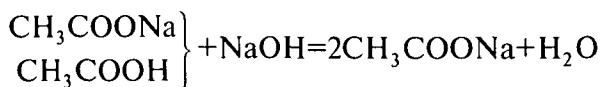
Bufer eritmalarining bufer ta'siri qo'shiladigan kislota yoki ishqorning  $H^+$  yoki  $OH^-$  ionlarini bog'lab, kuchsiz elektrolit hosil qilishiga asoslangan. Masalan, agar asetatli  $CH_3COOH + CH_3COONa$  bufer eritmaga kislota qo'shilsa, quyidagicha reaksiya boradi:



yoki ionli ko'rinishda



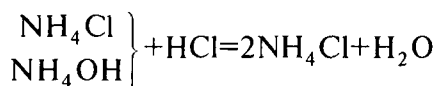
agar kuchli ishqor qo'shilsa, quyidagicha reaksiya boradi:



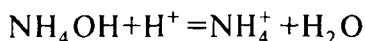
yoki ionli ko'rinishda  $H^+ + OH^- = H_2O$

Birinchi holda kuchli kislota o'rniga kuchsiz kislota – sirka kislota, ikkinchi holda esa sirka kislotaning  $H^+$  kationi ishqorning  $OH^-$  anionini bog'lab dissotsilanmaydigan  $H_2O$  molekulasini hosil qiladi.

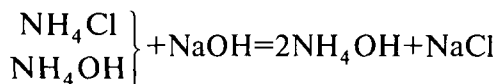
Shuningdek, ammiakli bufer eritmalarining bufer ta'sirini quyidagi reaksiyalar yordamida tushuntirish mumkin. Bufer eritmaga kuchli kislota, masalan, HCl ta'sir ettirilsa, suv va tuz hosil bo'ladi:



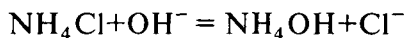
yoki ionli ko'rinishda



Bufer eritmaga kuchli ishqor, masalan, NaOH ta'sir ettirilsa, kuchsiz asos va tuz hosil bo'ladi:



yoki ionli ko'rinishda



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 pH ini ko'pi bilan bir birlikka o'zgartirish uchun unga qo'shish mumkin bo'lgan muayyan konsentratsiyali (mol/l yoki g-ekv/l bilan ifodalangan) kuchli kislota yoki ishqorning eng ko'p miqdori *bufer sig'imi* deyiladi.

Bufer eritmalaridan 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. Masalan: 1 litr HCl yoki ishqor 1 litr ammoniyli bufer eritmaga qo'shilganda, o'zgargan pH ning qiymati 3- jadvalda keltirilgan.

Qo'shilgan NaOH, mol/l	Ammiakli bufer eritma pH i		Qo'shilgan HCl, mol/l	Ammiakli bufer eritma pH i	
	0,1 n	1 n		0,1 n	1 n
0,01	9,33	0,25	0,01	9,16	9,24
0,10	11,12	9,33	0,10	5,12	9,16
1.00	13,65	9,72	1,00	0,35	4,62

3. Tarkibida bir xil konsentratsiyali kuchsiz kislota va uning tuzi yoki kuchsiz asos va uning tuzi bo'lgan eritmaning bufer sig'imi eng yuqori bo'ladi.

4. Bufer eritmaga kislota yoki ishqor qo'shilgan sari eritmaning pH o'zgarishiga turg'unligi kamayib boradi.

Masalan, 1 litr 0,1 n asetatli bufer eritmaga HCl yoki NaOH qo'shilganda pH ning (o'rtacha) o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

0,00–0,02 mol HCl yoki NaOH – 0,085 pH birligi;

0,02–0,05 mol HCl yoki NaOH – 0,10 pH birligi;

0,05–0,10 mol HCl yoki NaOH – 0,28 pH birligi.

Kimyoviy analizda ishlatiladigan bufer eritmalarning pH qiymatini nazariy hisoblash mumkin. Kuchsiz kislota va uning tuzi aralashmasidan iborat bufer eritmadagi  $[H^+]$  ionlarining konsentratsiyasi:

$$[H^+] = K_{kisl} \cdot \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}} \quad (1)$$

formula bilan hisoblanadi.

Bu tenglama logarifmlab olinsa, shu eritmada vodorod ko'rsatkichini hisoblash formulasi kelib chiqadi:

$$pH = pK_{kisl} - \lg \frac{C_{kisl}}{C_{tuz}} \quad (2)$$

Kuchsiz asos va uning tuzi eritmasi uchun eritmaning pOH, pH qiymatlari quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{asos}} - \lg \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}},$$

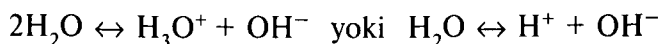
$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \text{p}K_{\text{asos}} + \lg \frac{C_{\text{asos}}}{C_{\text{tuz}}}.$$

Bufer eritmalardan kimyoviy analizda keng foydalaniladi, ayniqsa, reaksiyani aniq bir pH qiymatida olib borishda. Masalan:

- 1) ammiakli bufer eritma ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{pH} = 9,2$ )
- II guruh kationlarini guruh reagenti ta'sirida cho'ktirishda;
- 2)  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarini  $\text{Mg}^{2+}$  ionidan ajratishda;
- 3)  $\text{Ba}^{2+}$  ionini  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  bilan cho'ktirishda;
- 4) III guruh kationlarini cho'ktirishda va  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  ionlarini gidroksidlar ko'rinishida ajratishda;
- 5) formiatli bufer eritma ( $\text{HCOOH} + \text{HCOONa}$   $\text{pH} \approx 2$ )
- $\text{Zn}^{2+}$  ionini  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  ionlari bilan birgalikda sulfidlar holida cho'ktirib, ajratishda;
- 6) fosfatli bufer eritma ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{pH} \approx 8$ ) oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarini bajarishda.

## 2.7. Tuzlarning gidrolizi

Analitik reaksiyalar tuz hosil bo'lishi, ya'ni ularning bir turdan boshqasiga o'tishi bilan boradi. Shu sababli tuzlarning suvli eritmalardagi holati va ular bilan bog'liq bo'lgan kimyoviy jarayonlarni, ayniqsa, tuzlarning gidrolizini yetarlicha o'rganish zarur. Gidroliz eritmadagi tuz ionlari bilan suv molekularining o'zaro ta'siri natijasida kuchsiz elektrolitlar hosil bo'lishi jarayonidir. Gidroliz natijasida ko'pincha eritmaning muhiti ( $\text{pH}$ ) o'zgaradi. Gidroliz jarayonida eritmada kuchsiz asos, kuchsiz kislotalar, gidroksotuzlar, kam eriydigan birikmalar, ba'zan kompleks birikmalar hosil bo'ladi. Natijada gidroliz tufayli suvning dissotsilanish muvozanati

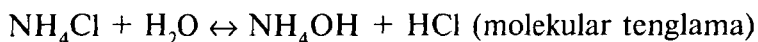




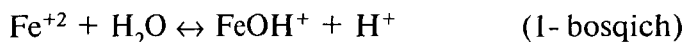
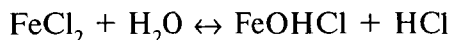
u yoki bu tomonga siljiydi. Buni quyidagi hollarda ko'rish mumkin. Agar suvning  $H^+$  ionlari tuz ionlari bilan biriksa, eritmada  $OH^-$  ionlari miqdori oshib ketadi ( $[H^+] < [OH^-]$ ), bunda muhit ishqoriy bo'lib qoladi ( $pH > 7$ ). Agar tuz ionlari o'ziga  $OH^-$  ionlarini biriktirib olsa, eritmada  $H^+$  ionlari ko'payib, ( $[H^+] > [OH^-]$ ) eritma kislotali muhit namoyon qiladi ( $pH < 7$ ).

✓ Uch xil tuzlar gidrolizga uchraydi:

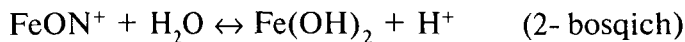
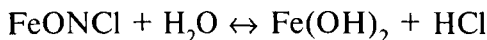
• a) kuchsiz asos va kuchli kislotalardan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi *kation bo'yicha gidroliz* ( $NH_4Cl$ ,  $ZnCl_2$ ,  $FeSO_4$ ,  $MnCl_2$ ,  $AlCl_3$  va boshqalar) deb aytiladi. Bunday tuzlar suvda eritilganda tuz kationlari suv molekulasining  $OH^-$  ionlari bilan bog'lanib, kuchsiz elektrolit hosil qiladi. Eritmada  $H^+$  ionlari yig'ilib, eritma kislotali muhitga ega ( $pH < 7$ ) bo'ladi. Masalan:



Tuz tarkibidagi kation ( $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ) ko'p zaryadli bo'lsa, gidroliz bosqichma-bosqich boradi. Asosan birinchi bosqich amalga oshadi:

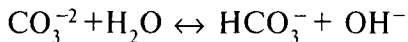


Ikkinchi va keyingi bosqichlar tashqi ta'sir (qizdirish, elektrolitlar) tufayli borishi mumkin:



• b) kuchli asos va kuchsiz kislotalardan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi *anion bo'yicha gidroliz* ( $Na_2CO_3$ ,  $KCN$ ,  $Na_2S$ ,  $CH_3COONa$ ,  $K_2S$  va boshqalar) deb aytiladi. Gidroliz natijasida  $OH^-$  ionlari yig'ilib, eritma muhiti ishqoriy ( $pH > 7$ ) bo'ladi.

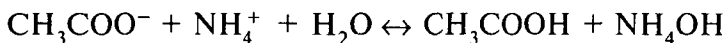
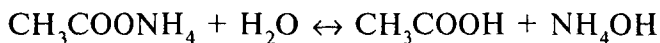
Masalan:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$  (1-bosqich)



$\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$  (2-bosqich)



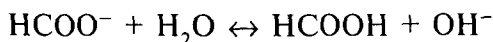
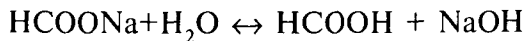
•d) kuchsiz asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizi *ham kation, ham anion bo'yicha gidroliz* ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  va boshqalar) deb aytiladi. Bunday tuzlar eritmada suv molekulasidagi  $\text{H}^+$  va  $\text{OH}^-$  ionlari bilan bog'lanadi. Gidroliz natijasida hosil bo'lgan elektrolitlarning dissotsilanish konstantasining qiymatiga qarab eritma muhiti neytral, kuchsiz kislotali yoki kuchsiz ishqoriy bo'lishi mumkin. Masalan:



Gidroliz natijasida hosil bo'lgan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  va  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning dissotsilanish konstantasining qiymati bir-biriga yaqin bo'lganligi sababli eritma muhiti neytral bo'ladi.

Kuchli kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuzlar gidrolizga uchramaydi, chunki ular kuchsiz elektrolitlar hosil qilmaydi, ya'ni eritmada to'liq ionlarga ajraladi.

Gidroliz qaytar jarayon bo'lib, har bir tuz gidrolizlanish konstantasi  $K_{\text{gidr}}$  va gidrolizlanish darajasi  $h$  bilan xarakterlanadi. Anion bo'yicha gidrolizga uchraydigan tuzning gidroliz reaksiyasi tenglamasini yozib, massalar ta'siri qonuni asosida muvozanat konstantasini yozish mumkin:



$$K = \frac{[\text{HCOOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HCOO}^-] \cdot [\text{H}_2\text{O}]} \quad (1)$$

Eritmada suvning konsentratsiyasi  $[H_2O]$  juda yuqori bo'lganligi uchun o'zgarish deb hisoblash mumkin, u holda uni tenglamaning chap tomoniga o'tkazilsa:

$$K \cdot [H_2O] = \frac{[HCOOH] \cdot [OH^-]}{[HCOO^-]} \quad (2)$$

va  $K[H_2O]$  ni  $K$  gidroliz ( $K_{gidr}$ ) bilan belgilansa, unda:

$$K_{gidr} = \frac{[HCOOH] \cdot [OH^-]}{[HCOO^-]} \quad (3)$$

bo'ladi.

(3) tenglamani soddalashtirish uchun, tenglamaning surat va mahrajini  $[H^+]$  ga ko'paytirib, tenglama tubdan o'zgartiriladi:

$$K_{gidr} = \frac{[HCOOH] \cdot [OH^-] \cdot [H^+]}{[HCOO^-] \cdot [H^+]} \quad (4)$$

$$K_W = [OH^-] \cdot [H^+] \quad (5)$$

$$\frac{1}{K_{HCOOH}} = \frac{[HCOOH]}{[HCOO^-] \cdot [H^+]} \quad (6)$$

(5) va (6) tenglamani (4) tenglamaga qo'yilsa:

$$K_{gidr} = \frac{K_W}{K_{HCOOH}} \quad (7)$$

yoki umumiy ko'rinishda

$$K_{gidr} = \frac{K_W}{K_{kisl}} \quad (8)$$

kelib chiqadi.

Gidroliz darajasi gidrolizlangan tuz konsentratsiyasining ( $C_{gidr}$ ) tuzning umumiy konsentratsiyasi ( $C_{umum}$ ) ga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi:

$$h_{gidr} = \frac{C_{gidr}}{C_{umum}} \quad (9)$$

**Anion bo'yicha gidrolizga** (kuchsiz kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuz) uchraydigan tuzlarning gidroliz darajasi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$h_{\text{gidr}} = \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{kisl}} \cdot C_{\text{tuz}}}} \quad (10)$$

**Kation bo'yicha gidrolizga** (kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz) uchraydigan tuzlarning gidroliz konstantasi va darajasi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_W}{K_{\text{asos}}}, \quad (11)$$

$$h_{\text{gidr}} = \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{asos}} \cdot C_{\text{tuz}}}} \quad (12)$$

**Ham kation, ham anion bo'yicha gidrolizga** (kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz) uchraydigan tuzlarning gidroliz konstantasi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_W}{K_{\text{asos}} \cdot K_{\text{kisl}}}. \quad (13)$$

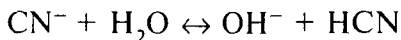
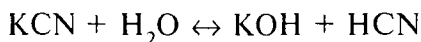
Gidroliz darajasi esa quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

$$\frac{h_{\text{gidr}}}{1-h_{\text{gidr}}} = \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{asos}} \cdot K_{\text{kisl}}}} \quad (14)$$

Gidroliz darajasi quyidagi omillarga bog'liq.

1. Gidroliz natijasida hosil bo'lgan kislota va asosning tabiatiga ko'ra, hosil bo'lgan kislota yoki asos qancha kuchsiz bo'lsa, ya'ni dissotsilanish konstantasi ( $K_{\text{asos}}$ ,  $K_{\text{kisl}}$ ) qancha kichik bo'lsa, gidroliz darajasi shuncha katta bo'ladi.

2. **Tuzning konsentratsiyasi.** Gidroliz qaytar jarayon bo'lgani uchun eritmaga suv qo'shilganda tuzning konsentratsiyasi kamayadi. Gidroliz natijasida hosil bo'lgan kislota yoki asosdan birini gidroliz jarayonidan kamaytirib, gidrolizni o'ngga siljitish mumkin:

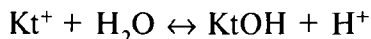


3. **Tuz eritmasining harorati.** Eritma qizdirilsa gidroliz darajasi oshadi, chunki suvning dissotsilanish darajasi ortadi, ya'ni eritmada  $[\text{H}^+]$  va  $[\text{OH}^-]$  ionlari soni ortadi.

Gidrolizga uchraydigan tuz eritmalarining pH va pOH ini hisoblash gidroliz konstantasiga asoslangan.

1. Kuchli kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz eritmalarining pH va pOH ini hisoblash.

Bunday tuz gidrolizini umumiy holda quyidagicha ifodalash mumkin:



Gidroliz reaksiya tenglamasidan ko'rinadiki,  $[\text{KtOH}] = [\text{H}^+]$ , bularning ko'paytmasi  $[\text{KtOH}] \cdot [\text{H}^+] = [\text{H}^+]^2$  ga teng. Ma'lumki, bunday tuzlarning gidroliz darajasi uncha katta emas,  $h \leq 0,01$ . Unda gidrolizga uchramagan kationning konsentratsiyasi tuzning umumiy molyar konsentratsiyasiga  $[\text{Kt}^+] = C_{\text{tuz}}$  teng, yuqoridagi kattaliklar gidrolizlanish konstantasi tenglamasiga qo'yilsa:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[\text{KtOH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{Kt}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_{\text{tuz}}}; \quad (15)$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{tuz}}}; \quad (16)$$

aslida 
$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_W}{K_{\text{KtOH}}}. \quad (17)$$

(17) tenglamani (16) tenglamaga qo'ysak:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_W \cdot C_{\text{tuz}}}{K_{\text{KtOH}}}}. \quad (18)$$

(18) tenglamani logarifmlab pH i topilsa:

$$\lg [\text{H}^+] = -\frac{1}{2} (\lg K_W + \lg C_{\text{tuz}} - \lg K_{\text{KtOH}});$$

$$-\lg [\text{H}^+] = \frac{1}{2}(-\lg K_W - \lg C_{\text{tuz}} + \lg K_{\text{KtOH}});$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} - \lg C_{\text{tuz}} + \lg K_{\text{KtOH}})$$

yoki

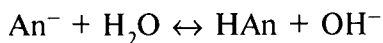
$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{asos}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}; \quad (19)$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{asos}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}} \quad (20)$$

bo'ladi.

2. Kuchsiz kislota va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuz eritmalarining pH va pOH ini hisoblash.

Bunday tuzlar quyidagi ko'rinishda gidrolizga uchraydi:



ionli tenglamadan ko'rinadiki,  $[\text{HAn}] = [\text{OH}^-]$ , ko'paytmasi  $[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]^2$ ,  $[\text{An}^-] = C_{\text{tuz}}$  deb gidroliz konstantasi tenglamasiga qo'yilsa:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{An}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_{\text{tuz}}}; \quad (21)$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{tuz}}}; \quad (22)$$

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_W}{K_{\text{HAn}}} \quad (23)$$

va (23) tenglamani (21) tenglamaga qo'yib, logarifmlansa,

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_W \cdot C_{\text{tuz}}}{K_{\text{HAn}}}};$$

$$\lg [\text{OH}^-] = -\frac{1}{2}(\lg K_W + \lg C_{\text{tuz}} - \lg K_{\text{HAn}});$$

yoki

$$pOH = \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} + \lg K_{\text{kisl}} - \lg C_{\text{tuz}});$$

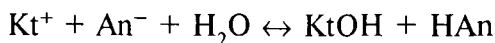
$$pOH = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{kisl}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}; \quad (24)$$

$$pH = 14 - pOH = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{kisl}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}} \quad (25)$$

hosil bo'ladi.

3. Kuchsiz kislota va kuchsiz asosdan hosil bo'lgan tuz eritmalarining pH va pOH ini hisoblash.

Bunday tuzlar quyidagi ko'rinishda gidrolizga uchraydi:



Gidroliz konstantasi tenglamasi:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[KtOH][HAn]}{[Kt^+][An^-]} = \frac{K_W}{K_{KtOH} \cdot K_{\text{kisl}}} \quad (26)$$

qaysiki,  $[KtOH] = [HAn]$ , ko'paytmasi  $[KtOH] \cdot [HAn] = [HAn]^2$ ,  $[Kt^+] = [An^-] = C_{\text{tuz}}$ , ko'paytmasi  $[Kt^+] \cdot [An^-] = C_{\text{tuz}}^2$ , bu kattaliklar (26) tenglamaga qo'yilsa:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[HAn]^2}{C_{\text{tuz}}^2} = \frac{K_W}{K_{KtOH} \cdot K_{\text{HAn}}}; \quad (27)$$

$$[HAn] = \frac{[H^+][An^-]}{K_{\text{HAn}}} \text{ bilgan holda } \frac{[H^+]^2 C_{\text{tuz}}^2}{C_{\text{tuz}}^2 \cdot K_{\text{HAn}}^2} = \frac{K_W}{K_{\text{asos}} \cdot K_{\text{kisl}}};$$

$$[H^+]^2 = \frac{K_W \cdot C_{\text{tuz}}^2 \cdot K_{\text{kisl}}^2}{K_{\text{asos}} \cdot K_{\text{kisl}} \cdot C_{\text{tuz}}^2} \text{ tenglamani qisqartirib yozilsa:}$$

$$[H]^2 = \frac{K_W \cdot K_{\text{kisl}}}{K_{\text{asos}}};$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_W \cdot K_{\text{kisl}}}{K_{\text{asos}}}}. \quad (28)$$

(14) tenglama logarifmlansa:

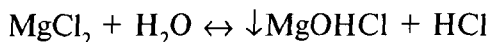
$$-\lg[H^+] = -\frac{1}{2}(\lg K_W + \lg K_{\text{kisl}} - \lg K_{\text{asos}});$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(-\lg 10^{-14} - \lg K_{\text{kisl}} + \lg K_{\text{asos}});$$

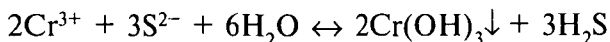
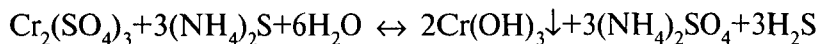
$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2}\lg K_{\text{kisl}} + \frac{1}{2}\lg K_{\text{asos}}. \quad (29)$$

**Gidrolizdan kimyoviy analizda foydalanish.** Kimyoviy analizda gidrolizdan keng foydalaniladi:

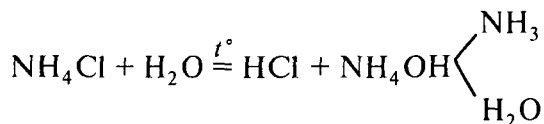
1. Birinchi analitik guruh kationlari aralashmasi analizida, eritma bug'atiligandan keyin  $\text{MgCl}_2$  ning gidrolizi natijasida  $\text{MgOHCl}$  cho'kmasi hosil bo'ladi:



$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kabi suvli eritmada gidrolizlanib, erkin  $\text{OH}^-$  ionlarini hosil qiladigan tuzlarning eritmalaridan metall kationlarini gidroksidlar holida cho'k-tirishda foydalaniladi.

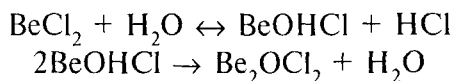


2. Ammoniy kationini ochish paytida uning tuzlari gidrolizlanib qizdirilganda erkin ammiak ajraladi:



3. Ayrim kationlarning tuzlari gidrolizga uchrab, tuz cho'k-malarini hosil qilgani uchun kationlarni ochishda foydalaniladi ( $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BiCl}_3$ ,  $\text{SbCl}_3$ ). Masalan:





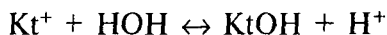
Ayrim hollarda gidroliz analizni olib borishga xalaqit beradi. Shuning uchun gidrolizni kuchaytirish va susaytirish usullarini ham bilish kerak. Gidrolizni uch yo'l bilan kuchaytirish yoki susaytirish mumkin:

1) eritmaga boshqa gidrolizga uchraydigan biror tuz, kislota yoki ishqorni qo'shish;

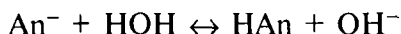
2) tuz eritmasi konsentratsiyasini o'zgartirish;

3) tuz eritmasini qizdirish yoki sovitish, ya'ni haroratni o'zgartirish bilan gidrolizni kuchaytirish yoki susaytirish mumkin.

Masalan, kuchsiz asos va kuchli kislotadan hosil bo'lgan tuz gidrolizini kuchaytirish uchun eritmaga gidroliz natijasida hosil bo'lgan  $\text{H}^+$  ionini bog'lab olish uchun ishqor qo'shiladi:

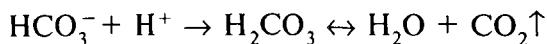
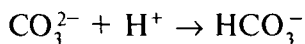


Kuchli asos va kuchsiz kislotadan hosil bo'lgan tuz gidrolizini kuchaytirish uchun eritmaga gidroliz natijasida hosil bo'lgan  $\text{OH}^-$  ionini bog'lab oladigan kislota qo'shiladi:



Agar shu turdagi tuzlarning gidroliz jarayoniga ishqor qo'shilsa, gidroliz susayadi.

Gidrolizni kuchaytirish yoki susaytirish uchun boshqa elektrolit ham qo'shiladi:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ionlari eritmadagi  $\text{H}^+$  ionlarini bog'lab oladi:



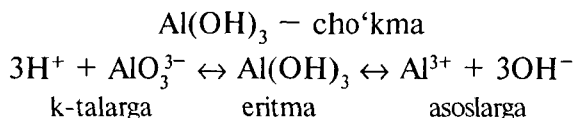
$\text{OH}^-$  ionlari kompleks ionlar  $[\text{Co}(\text{OH})]^+$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+}$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+$  yoki boshqa neytral kuchsiz asos molekularini hosil qiladi.

Ikkinchi va uchinchi usullar yuqorida ko'rib chiqildi.

## 2.8. Amfoterlik

Bir qator moddalar suvli eritmada sharoitga qarab ham kislota, ham asos xossasini namoyon qiladi. Bunday moddalar *amfoterlar*, hodisaning o'zi esa *amfoterlik* 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. Dissotsilanishni quyidagicha yozish mumkin:



Har ikkala holda dissotsilanish konstantasi:

a)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  uchun asos xossasi bo'lganda:

$$K_{\text{asos}} = \frac{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3}{[\text{Al}(\text{OH})_3]} = 8 \cdot 10^{-25};$$

b)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  uchun kislota xossasi bo'lganda:

$$K_{\text{kisl}} = \frac{[\text{H}^+]^3 [\text{AlO}_3]^{3-}}{[\text{H}_3\text{AlO}_3]} = 4 \cdot 10^{-13}$$

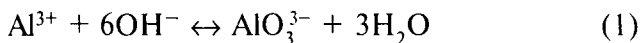
bo'ladi.

Yuqoridagi qiymatlardan ko'rinadiki,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dissotsilanish konstantasi bir xil qiymatga ega emas. Amfoter gidroksidlarni kislotali, asosli dissotsilanish qiymatiga qarab, berilgan gidroksidning qaysi xossalari kuchliroq ekanligini aniqlash mumkin.

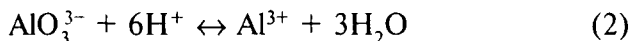
4-jadval

Amfoter gidroksidning formulasi	$K_{K(OH)}$	$K_{HAn}$
$\text{Be}(\text{OH})_2$	$10^{-30}$	$10^{-18}$
$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$1,3 \cdot 10^{-34}$	$1 \cdot 10^{-16}$
$\text{Al}(\text{OH})_3$	$8 \cdot 10^{-25}$	$4 \cdot 10^{-13}$
$\text{Ga}(\text{OH})_3$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-11}$
$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-16}$

Demak,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  da kislotali xossa asosli xossaga nisbatan kuchli.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  eritmasida ham  $\text{Al}^{3+}$  kationi va  $\text{AlO}_3^{3-}$  anioni bo'ladi. Eritmaga ishqor ( $[\text{OH}^-]$ ) qo'shilganda muvozanat  $\text{AlO}_3^{3-}$  ioni hosil bo'lishi tomon siljiydi:



Eritmaga kislota ( $[\text{H}^+]$ ) qo'shilganda muvozanat  $\text{Al}^{3+}$  ionlari hosil bo'lishi tomon siljiydi:



(1) va (2) tenglamalar uchun massalar ta'siri qonunini qo'llasak analitik kimyoda, tajribalarni bajarish uchun ahamiyatga ega bo'lgan, ionlanish jarayonlari muvozanatda bo'lgandagi holat  $\text{pH}_{\text{izo}}$  — amfoterlarning izoelektrik nuqtasini hisoblash mumkin:

$$\frac{K_{\text{kisl}} [\text{Al}(\text{OH})_3]}{[\text{H}^+]^6} = \frac{K_{\text{asos}} [\text{Al}(\text{OH})_3]}{[\text{OH}^-]^6}; \quad (3)$$

$[\text{OH}^-] = \frac{K_W}{[\text{H}^+]}$ ;  $[\text{Al}^{3+}] = [\text{AlO}_3^{3-}]$  deb (3) tenglamaga qo'ysak:

$$\frac{K_{\text{kisl}}}{[\text{H}^+]^6} = \frac{K_{\text{asos}} [\text{H}^+]}{K_W}; \quad [\text{H}^+]^2 = \frac{K_{\text{kisl}} \cdot K_W}{K_{\text{asos}}}; \quad [\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{kisl}} \cdot K_W}{K_{\text{asos}}}}$$

$$\text{pH}_{\text{izo}} = \frac{1}{2} (pK_{\text{kisl}} + pK_W - pK_{\text{asos}}) \quad (4)$$

( $K_W = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$  — suvning ion ko'paytmasi).

Amfoter gidroksidlarni to'liq cho'ktirishda eritmaning pH i katta ahamiyatga ega bo'lib,  $\text{pH} = \text{pH}_{\text{izo}}$  yoki  $\text{pH} \approx \text{pH}_{\text{izo}} \pm 1$  bo'lishi kerak. Masalan:  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ning to'la cho'kishi  $\text{pH} = 3,4-5,0$  da  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  ning cho'kishi  $\text{pH} = 6,2-8,7$  da yuz beradi.

Analitik kimyoda amfoterlikdan quyidagi maqsadlarda foydalaniladi:

1. Kationlarni gidroksidlar ko'rinishida cho'ktirishda. Eritmaga ortiqcha ishqor qo'shilganda amfoter xossaga ega bo'lgan metall ionlari eritmaga o'tadi. Masalan:  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  ionlari bo'lgan

eritmaga NaOH qo'shilganda  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  cho'kmada,  $\text{Na}_3\text{AlO}_3$  eritmada bo'ladi.

2. Amfoter gidroksidlar ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ), erimaydigan gidroksidlar ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$  va boshqalar)dan ajratishda.

3. Ayrim amfoter gidroksidlarni (masalan:  $\text{Be}(\text{OH})_2$  ni  $\text{NaHCO}_3$  eritmasida qaynatib) eritishda.

4.  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Be}^{2+}$  va  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari bo'lgan eritmani sistemali analiz qilishda: eritmaga  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$  ta'sir etirilganda:

1-cho'kma	1-eritma
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ , $\text{Al}(\text{OH})_3$ , $\text{Be}(\text{OH})_2$	$\text{Mn}^{2+}$
1-cho'kmaga $\text{NaHCO}_3$ qo'shib qizdirilganda	
2-cho'kma	2-eritma
$\text{Fe}(\text{OH})_3$ , $\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{BeO}_2^{2-}$
2-cho'kmaga ortiqcha NaOH qo'shganda	
3-cho'kma	3-eritma
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{AlO}_3^{3-}$

## 2.9. Ikkinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi

Ikkinchi analitik guruh kationlariga  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ra}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu kationlar birinchi analitik guruh kationlaridan farq qilib, turli ionlar bilan birikib, suvda qiyin eriydigan tuzlar hosil qiladi. Masalan, ikkinchi guruh kationlarining sulfatlari, fosfatlari, oksalatlari va karbonatlari suvda qiyin eriydi. Ikkinchi guruh kationlarini birinchi analitik guruh kationlaridan karbonatlar  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  holda ajratish qulay. Chunki olingan cho'kmani, keyingi tahlillar uchun, eritmaga oson o'tkazish mumkin. Shuning uchun ikkinchi analitik guruhning umumiy reagenti sifatida ( $\text{pH}=9,2$ ) ammoniy karbonat  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  qo'llaniladi.

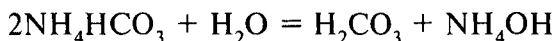
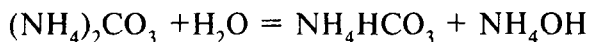
## Ikkinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalar

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyalarning molekular va ionli tenglamasi	Ilova
2.1	Ba <sup>2+</sup>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> CH <sub>3</sub> COONa	<i>Ba<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $2BaCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2O = \downarrow 2BaCrO_4 + 2KCl + 2HCl$ $2Ba^{2+} + 4Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + H_2O = \downarrow 2BaCrO_4 + 2K^+ + 2Cl^- + 2H^+ + 2Cl^-$ $2Ba^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O = \downarrow 2BaCrO_4 + 2H^+$	pH=5, sariq cho'kma, kuchli kislotalarda eriydi
2.2	Ba <sup>2+</sup>		Alangani bo'yashi	Sarg'ish-yashil rang
2.3	Ca <sup>2+</sup>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	<i>Ca<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari.</i> $CaCl_2 + (NH_4)_2C_2O_4 = \downarrow CaC_2O_4 + 2NH_4Cl$ $Ca^{2+} + 2Cl^- + 2NH_4^+ + C_2O_4^{2-} = \downarrow CaC_2O_4 + 2NH_4^+ + 2Cl^-$ $Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} = \downarrow CaC_2O_4$	Oq cho'kma, mineral kislotalarda eriydi
2.4	Ca <sup>2+</sup>	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] (NH <sub>4</sub> )OH NH <sub>4</sub> Cl	$CaCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] + 2NH_4Cl = \downarrow Ca(NH_4)_2[Fe(CN)_6] + 4KCl$ $Ca^{2+} + 2Cl^- + 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-} + 2NH_4^+ + 2Cl^- = \downarrow Ca(NH_4)_2[Fe(CN)_6]$ $Ca^{2+} + [Fe(CN)_6]^{4-} + 2NH_4^+ = \downarrow Ca(NH_4)_2[Fe(CN)_6] + K^+ + Cl^-$	Oq kristall cho'kma, sirka kislotada erimaydi
2.5	Ca <sup>2+</sup>		Alangani bo'yashi	Qizg'ish rangli
2.6	Sr <sup>2+</sup>	CaSO <sub>4</sub> (gipsli suv)	$SrCl_2 + CaSO_4 = \downarrow SrSO_4 + CaCl_2$ $Sr^{2+} + 2Cl^- + Ca^{2+} + SO_4^{2-} = \downarrow SrSO_4 + Ca^{2+} + 2Cl^-$ $Sr^{2+} + SO_4^{2-} = \downarrow SrSO_4$ Ba <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> ionlari Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> kabi reagentlar bilan ham reaksiyaga kirishib, oq cho'kma hosil qiladi	SrSO <sub>4</sub> ning Ek si kichik bo'lganligi uchun gipsli suvda Sr <sup>2+</sup> cho'kmaga tushadi.

Ikkinchi analitik guruh kationlarining sulfidlari ham birinchi guruh kationlarining sulfidlari kabi suvda yaxshi eriydi. II guruh kationlari shu jihatdan III, IV, V analitik guruh kationlaridan farq qiladi. Ikkinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalar 5- jadvalda keltirilgan.

## 2.10. Guruh reagentining ta'siri

Zarur bo'lgan sharoitda guruh reagenti  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  yordamida ikkinchi guruh kationlarini birinchi guruh kationlaridan cho'ktirishdir. To'la cho'ktirishning muhim shartlaridan biri eritma muhitini kerakli pH qiymatiga keltirishdir. Bu pH ning qiymati eritmada  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ning ortiqcha miqdorda bo'lishiga bog'liq. Bu tuz quyidagi tenglamaga muvofiq gidrolizlanadi:

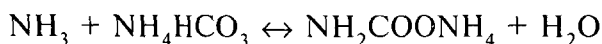


Shu sababli ammoniy karbonat eritmasi, aslini olganda, taxminan ekvivalent miqdordagi  $\text{NH}_4\text{OH}$  bilan ammoniy tuzi  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  aralashmasidan iborat, ya'ni u  $\text{pH} = 9,2$  bo'lgan ammoniyli bufer aralashmadir. Eritmaning pH qiymatini bir xil miqdorda saqlab turish uchun eritmaga guruh reagenti ta'sir etmasdan  $\text{NH}_4\text{OH}$  bilan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  li bufer aralashma qo'shiladi, so'ngra guruh reagenti ta'sir ettiriladi. Bunda karbonatlari suvda eriydigan  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^+$  kationlari eritmada qoladi.

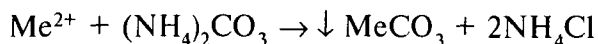
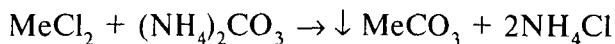
Magniy gidroksikarbonat  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$  hamda magniy gidroksid  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  garchi qiyin eriydigan bo'lsa ham  $\text{pH} = 9,2$  da cho'kmaga tushmaydi.  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   $\text{pH} = 10,04$  da cho'ka boshlaydi va  $\text{pH} = 12,42$  da batamom cho'kadi,  $(\text{MgOH})_2\text{CO}_3$  ning cho'kish sharoiti ham xuddi shunday.

Shunday qilib, cho'ktirish  $\text{pH} = 9,2$  da olib borilsa, ikkinchi guruh kationlari batamom ajraladi. Ikkinchi guruh kationlarining to'liq cho'kishiga ta'sir ko'rsatadigan muhim sharoitlardan biri, eritmaning haroratidir. Gap shundaki, ammoniy karbonat qattiq

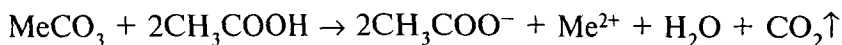
holatda saqlanganda qisman parchalanib, ammoniy bikarbonat va karbaminat tuzlarini hosil qiladi:



Hosil bo'lgan ammoniy karbaminatni yo'qotish uchun ikkinchi guruh kationlarini 80° C atrofida isitilgan eritmadan cho'ktirish kifoya. Harorat ko'tarilishi bilan yuqorida keltirilgan reaksiya muvozanati chapga, ya'ni ammoniy bikarbonat va karbaminatning ammoniy karbonatga aylanishi tomon siljiydi. Qizdirish yana shuning uchun ham foydaliki, bunda amorf holda cho'ka boshlagan karbonatlarning kristall cho'kmaga aylanishi ham tezlashadi. Shunday qilib, ikkinchi guruh kationlarini, ularning guruh reagenti ta'sirida ammiak va ammoniy xlorid ishtirokida, pH=9,2 da eritmani 80° C gacha qizdirish yo'li bilan cho'ktirish kerak. Bunda birinchi guruh kationlari kiritilgan ammoniy tuzlari bilan birga CaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub> cho'kmaga tushib, eritmada qoladi. Guruh reagentining ta'sirini o'rganish uchun 3 ta probirkaga alohida CaCl<sub>2</sub>, SrCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub> eritmalaridan bir-ikki tomchidan olinadi va probirkalarni suv hammomida qizdirib turib (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eritmasi ta'sir ettiriladi. Bunda uchala probirkada oq CaCO<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub> cho'kmalari hosil bo'ladi. Karbonatlar hosil bo'lish reaksiya tenglamalarini umumiy ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:



Hosil bo'lgan karbonatlar kuchsiz kislotalar tuzlari bo'lgani sababli HCl, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH larda oson eriydi, reaksiya natijasida CO<sub>2</sub> gazi ajralib chiqadi:

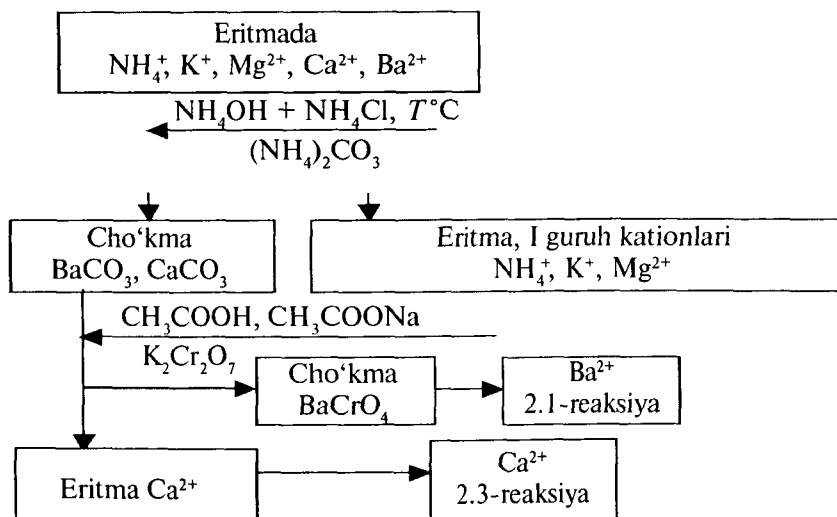


## 2.11. Birinchi va ikkinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analizi ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ )

1.  $\text{NH}_4^+$  ionini topish.  $\text{NH}_4^+$  ioni eritmada mos ravishda 1.4 va 1.5 reaksiyalar (1-jadvalga q.) yordamida topiladi.

2. Ikkinchi guruh kationlarini birinchi guruh kationlaridan ajratish va ochish. Ikkinchi analitik guruh kationlari ammoniy karbonat  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  yordamida  $\text{pH}=9,2$  da cho'ktiriladi. Eritmaning muhitini 9,2 ga tenglashtirish uchun eritmaga ammoniyli bufer, ya'ni  $\text{NH}_4\text{OH}$  va  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ning 2 n li eritmalaridan bir necha tomchidan qo'shiladi. Eritma muhitining 9,2 ga kelganligini universal indikator qog'ozi yordamida tekshiriladi. Kerakli muhit hosil qilingan eritma taxminan  $80^\circ\text{C}$  gacha qizdiriladi va unga 8–10 tomchi 2 n li  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  eritmasidan qo'shiladi. Probirkadagi aralashma yaxshilib chayqatiladi va suv hammomida 1–2 minut qizdiriladi, so'ngra sentri-

### Ikkinchi analitik guruh kationlarining analizi sxemasi



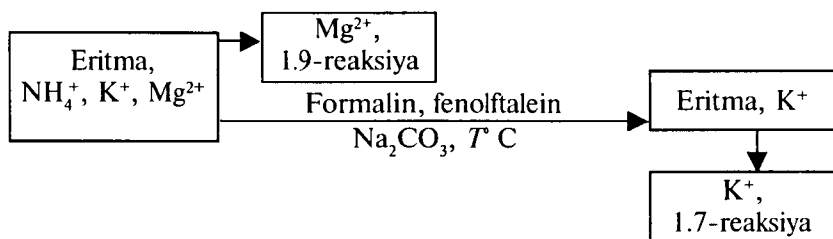


fugalanadi. Cho'kma eritmada ajratilmasdan oldin ikkinchi guruh kationlarining to'liq cho'kkanligi eritmaga bir necha tomchi  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  eritmasidan tomizilib tekshiriladi. To'liq cho'ktirish amalga oshirilgandan keyin, cho'kma eritmada ajratiladi. Ajratib olingan ikkinchi guruh kationlarining karbonatli cho'kmasi issiq suvda bir marta yuviladi va yuqoridagi sxema bo'yicha analiz qilinadi.

### **Birinchi analitik guruh kationlari bo'lgan eritma analizi.**

Agar eritmada  $\text{NH}_4^+$  ioni bo'lsa (II guruhni cho'ktirishda albatta kiritiladi), uni  $\text{K}^+$  ni topishdan oldin yo'qotish kerak. Buning uchun eritmaga formaldegid (formalin)  $\text{CH}_2\text{O}$  eritmasi qo'shib ammoniyli organik birikma  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  – urotropinga aylantiriladi. Eritmada  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari tegishli reaksiyalar yordamida aniqlanadi.

### **Analiz sxemasi**



**Tayanch iboralar:** qaytar va qaytmas reaksiyalar; kimyoviy muvozanat; massalar ta'siri; elektrolitik dissotsilanish; kuchli va kuchsiz elektrolitlar; ion ko'paytma; aktivlik va aktivlik koeffitsiyenti; dissotsilanish darajasi va doimiysi; pH va pOH; bufer eritma va bufer sig'imi; gidroliz; amfoterlik.



### **Mavzu yuzasidan savol va mashqlar**

1. Massalar ta'siri qonunini ta'riflang. Uning analitik kimyodagi ahamiyatini tushuntiring.
2. Elektrolitik dissotsiatsiya nima ( $K_{\text{diss}}$ )? Kuchli elektrolitlarning dissotsilanish konstantasi to'g'risida nimalarni bilasiz?
3. Suvning ion ko'paytmasi, pH va pOH haqida tushuncha bering.

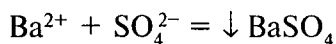
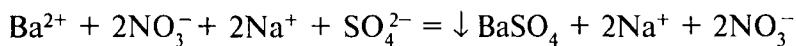
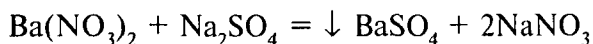
4. Bufer eritma nima? Bufer eritmalarda  $[H^+]$ ,  $[HO^-]$ , pH va pOH qanday hisoblanadi?
5. Bufer eritmalardan analitik kimyoda nima maqsadda foydalaniladi?
6. Tuzlarning gidrolizi nima? Tuzlar gidrolizidan analitik kimyoda qanday foydalaniladi? Gidroliz jarayonida muvozanatning siljishi va pH qiymatining o'zgarishi haqida gapirib bering.
7. Tuz gidrolizidan analitik kimyoda nima maqsadda foydalaniladi?
8. Analitik kimyoda amfoter elektrolitlardan foydalanish haqida bayon eting.
9. II analitik guruh kationlariga umumiy tavsif bering.
10. Nima uchun  $Ca^{2+}$  dan  $K_2Cr_2O_7$  ta'sirida  $Ba^{2+}$  ni ajratishda  $CH_3COONa$  qo'shiladi.  $CH_3COONa$  ni  $NaOH$  ga almashtirsa bo'ladimi?
11. II analitik guruh kationlariga guruh reagentining ta'siri haqida nimalarni bilasiz?
12. 0,2 g  $NaOH$  bo'lgan 500 ml eritmaning normal va molyar konsentratsiyasi, pH i va titrini hisoblang.
13. Chumoli kislotaning 0,2 n eritmasida  $[H^+] = 0,002$  g-ion/l ga teng bo'lsa, uning dissotsilanish darajasini toping.
14.  $CH_3COOH$  ning 0,001 n eritmasida  $[H^+]$  ionlari konsentratsiyasini toping.
15. Eritmadagi  $[H^+]$  ionlari konsentratsiyasi  $1,5 \cdot 10^{-5}$  g-ion/l ga teng bo'lsa, eritmaning pH ini hisoblang.
16. 50 ml suvda 1,2 g  $KOH$  eritildi. Eritmaning pH, pOH qiymatlarini hisoblang.
17. 0,025 n  $NH_4Cl$  eritmasining pH va pOH qiymatlarini hisoblang.
18.  $NH_4OH$  ning 0,1 n eritmasidagi  $[H^+]$  ionlari konsentratsiyasini hisoblang.
19. 0,1 n 50 ml  $HCN$  kislotasi eritmasiga 25 ml 0,05 n li  $HCN$  eritmasi aralashtirilib, eritma hajmi 1 litrgacha suyultirildi. Shu eritmaning  $[H^+]$ , pH qiymatlarini hisoblang.
20.  $pH=5$  bo'lgan eritmaning  $[OH^-]$  ionlari konsentratsiyasini hisoblang.
21.  $pH=2$  bo'lgan eritmaning  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$  ionlari konsentratsiyasini hisoblang.
22. 25 ml 4% li  $HCl$  eritmasini ( $d=1,73$ ) 1 litrgacha suyultirildi. Hosil bo'lgan eritmaning  $[H^+]$  va pH qiymatlarini hisoblang.

23. 1 litr eritmada 2,6 g ammiak erigan bo'lsa, shu eritmaning qiyamatini hisoblang.
24. 30 ml 0,001 n KOH eritmasini 75 ml gacha suyultirildi. Hosil bo'lgan eritmaning pH ini hisoblang.
25. 100 ml 0,03 m  $\text{NH}_4\text{Cl}$  eritmasiga  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning 0,04 m eritmasidan 50 ml qo'shildi. Bufer eritmadagi  $[\text{OH}^-]$  va  $[\text{H}^+]$  ionlari konsentratsiyasini toping.
26. 0,025 m  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasi suv bilan 10 marta suyultirilganda eritmaning pH i qanday o'zgaradi? Javobingizni tegishli hisoblashlar bilan asoslang.
27. 1 litr suvga 60,05 g  $\text{CH}_3\text{COOH}$  va 82,03 g  $\text{CH}_3\text{COONa}$  eritildi. Eritmaning pH ini hisoblang.
28. Eritmada 0,045 mol/l  $\text{NH}_4\text{OH}$  va 0,2 mol/l  $\text{NH}_4\text{Cl}$  bor. Shu eritmaning pH ini toping.
29. 25 ml 0,2 n  $\text{CH}_3\text{COOH}$  va 20 ml 0,15 n  $\text{CH}_3\text{COONa}$  eritmasi aralashmasidan iborat bufer eritmadagi  $[\text{H}^+]$  va pH qiymatlarini hisoblang.
30. 50 ml 0,3 n  $\text{NH}_4\text{Cl}$  va 30 ml 0,25 n  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasi aralashmasidan iborat bufer eritmadagi  $[\text{OH}^-]$  va pH qiymatini hisoblang.
31. Asetatli bufer eritma tayyorlash uchun  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ning 0,15 n 100 ml eritmasiga  $\text{CH}_3\text{COOK}$  ning 0,8 n 50 ml eritmasi aralastirildi. Eritmaning pH ini hisoblang.
32. 1 litr suvda 22 g  $\text{HCOOH}$  va 21 g  $\text{HCOOK}$  eritildi. Qanday eritma hosil bo'ladi? Eritmaning pH ini toping.
33. 0,056 mol/l  $\text{NH}_4\text{OH}$  va 0,1 mol/l  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan iborat bufer eritmaning pH ini toping.
34. 0,1 n  $\text{NH}_4\text{Cl}$  eritmasining pH va tuzning gidrolizlanish darajasini toping ( $K_{\text{asos}} = 1,78 \cdot 10^{-5}$ ).
35. 0,2 n KCN eritmasining pH i, gidrolizlanish darajasi va konstantasini hisoblang ( $K_{\text{kisl}} = 7,2 \cdot 10^{-10}$ ).
36. 0,2 n  $\text{HCOOK}$  eritmasining pH va tuzning gidrolizlanish darajasini hisoblang ( $K_{\text{kisl}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ).
37. 0,5 n  $\text{CH}_3\text{COONa}$  eritmasining pH va tuzning gidrolizlanish darajasini hisoblang ( $K_{\text{kisl}} = 1,85 \cdot 10^{-5}$ ).
38. 0,25 n  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  eritmasining pH va tuzning gidrolizlanish darajasini hisoblang ( $K_{\text{kisl}} = 1,85 \cdot 10^{-5}$ ).
39.  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$  tuzlarining 0,05 m eritmalarida gidrolizlanish darajalarini hisoblang.

### 3- mavzu. GETEROGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT

#### 3.1. Cho'ktirish – kimyoviy analiz usuli

Eritmalarda boradigan ko'pgina analitik reaksiyalar cho'kma hosil bo'lishi bilan tugallanadi. Moddaning cho'kma ko'rinishida ajralib chiqishi kimyoviy analizning asosiy usullaridan biridir. Odatda, cho'kma ion almashinish reaksiyasi natijasida hosil bo'ladi. Eritmadan qattiq faza, cho'kma ajralishi **cho'ktirish** deyiladi. Masalan, sulfat ionini bariy sulfat ko'rinishida cho'ktirish:

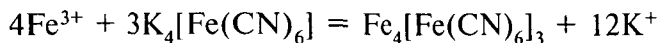


Moddaning xossasi va cho'ktirish sharoiti (harorat, konsentratsiya, pH muhit va boshqalar) ga qarab cho'kmalar har xil ko'rinishda bo'ladi: pag'a-pag'a  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , iviq ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ), donador ( $\text{PbSO}_4$ ), kristall ( $\text{BaSO}_4$ ), suzmasimon ( $\text{AgCl}$ ) 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:  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  ionlari aralashmasiga  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ta'sir ettirilganda, o'ziga xos *berlin lazuri* cho'kmasining hosil bo'lishi va hokazo:



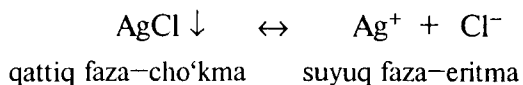
- kation va anionlarni ajratishda; xalaqit beradigan ionlarni yo'qotishda;

- aralashmadan ayrim ionlarni ajratib konsentrlashda;
- aralashmadan ayrim komponentlar miqdorini aniqlashda (tortma analiz) foydalaniladi.

### 3.2. Eruvchanlik ko'paytmasi

Tabiatda mutlaq erimaydigan modda bo'lmaydi. Cho'kma hosil bo'lishi bilan qaytar erish jarayoni boradi. Cho'kma va to'yingan eritma har xil faza, ya'ni geterogen sistemadan iborat. Geterogen sistemaning bir-biridan chegara sirtlar bilan ajraladigan ayrim qismlari (cho'kma va to'yingan eritma) **faza** deb ataladi.

Agar qiyin eriydigan tuzni, masalan, AgCl olib distillangan suv qo'shsak, cho'kmani hosil qilgan  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlari yaqin turgan suv dipollari tomonidan tortiladi va ajralib, ionlar gidrati holida eritmaga o'ta boshlaydi. Erish jarayoniga teskari ravishda  $\text{Ag}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlari eritmada to'qnashib AgCl molekulalarini hosil qiladi va cho'kmada bir-biriga qarama-qarshi ikkita jarayon sodir bo'ladi; ma'lum vaqtdan keyin dinamik muvozanat vujudga keladi. *Cho'kma bilan dinamik muvozanatda bo'lgan eritmaga to'yingan eritma* deyiladi.



Massalar ta'siri qonuniga muvofiq:

$$K_{\text{AgCl}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]},$$

bu yerda:  $[\text{Ag}^+]$  va  $[\text{Cl}^-]$  — muvozanatdagi kumush va xlor ionlarining konsentratsiyasi;  $[\text{AgCl}]$  — qattiq fazadagi moddaning konsentratsiyasi.

Geterogen sistemada erigan hamda qattiq modda zarrachalarining to'qnashishi fazalar sirtida bo'ladi va bu holat qattiq modda miqdoriga bog'liq bo'lmaydi va uning konsentratsiyasi doimiy bo'lib, reaksiya tezligiga ta'sir qilmaydi.

Qiyin eruvchan elektrolitning to'yingan eritmasidagi ionlar konsentratsiyalarining ko'paytmasi o'zgarmas haroratda o'zgarmas miqdordir. Bu miqdor **eruvchanlik ko'paytmasi (EK)** deb ataladi .

Yuqoridagi misol uchun  $EK_{AgCl} = [Ag^+][Cl^-]$  . Umumiy holda  $M_nA_n$  ko'rinishdagi elektrolit uchun eruvchanlik ko'paytmasining ifodasi:

$$EK_{M_nA_n} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n .$$

To'yingan eritmada ionlararo ta'sir kuchini hisobga olish uchun ionlar konsentratsiyasini ularning aktivligiga almashtirishga to'g'ri keladi. Ionlar aktivligining qiymati dissotsilanish jaryonida ishtirok etayotgan ionlar soniga teng kattalikka ko'tarilib eruvchanlik ko'paytmasi ifodasiga kiradi:

$$EK_{M_nA_n} = a_{M^{n+}}^m \cdot a_{A^{m-}}^n .$$

Ionlar aktivligi ularning konsentratsiyalari bilan aktivlik koeffitsiyentlari ko'paytmasiga teng bo'lgani uchun eruvchanlik ko'paytmasini shunday yozish mumkin:

$$EK_{M_nA_n} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n \cdot f_{M^{n+}}^m \cdot f_{A^{m-}}^n .$$

Lekin, kam eruvchan birikmaning ionlar konsentratsiyasi uning to'yingan eritmasida juda kam bo'lgani uchun ionlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi u qadar ahamiyatli emas. Shuning uchun hisoblashlarda  $f_{M^{n+}}^m$  va  $f_{A^{m-}}^n$  birga teng deb olinsa, xato bo'lmaydi. Bundan, odatda, amalda qo'llaniladigan taxminiy tenglamani hosil qilamiz:

$$EK_{M_nA_n} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n .$$

Oson eriydigan elektrolitlarda  $f$  ning qiymati birga teng emas. Shuning uchun ulardagi ionlar aktivligini konsentratsiya bilan almashtirib bo'lmaydi. Agar berilgan qiyin eruvchan birikmaning

eruvchanlik ko'paytmasi  $EK < n \cdot 10^{-7}$  bo'lsa, aktivlik koeffitsiyentini hisobga olmasa ham bo'ladi. Agar  $EK > n \cdot 10^{-7}$  bo'lsa, aktivlik koeffitsiyentini kiritish kerak. Biroq eruvchanlik ko'paytmasi qoidasiga asoslangan hisoblashlarda katta aniqlik talab qilinmaydi, shuning uchun ko'p hollarda aktivliklar konsentrat-siyalar bilan almashtiriladi.

Qiyin eruvchan birikmalarning eruvchanlik ko'paytmasi qiymati ma'lumotnomalarda keltirilgan.

Qiyin eruvchan elektrolitlarning eruvchanlik ko'paytmasini hisoblash uchun uning berilgan haroratdagi eruvchanligi aniqlanadi. Eruvchanlikni bila turib, eruvchanlik ko'paytmasini hisoblab topish oson.

**Masala.**  $\text{CaCO}_3$  ning eruvchanligi 0,0069 g/l. Eruvchanlik ko'paytmasi hisoblansin.

**Yechish.** Eruvchanlikni mollarda ifodalaymiz:

$$M_{\text{CaCO}_3} = 100,69.$$

$$E_{\text{CaCO}_3} = \frac{6,9 \cdot 10^{-3}}{100,69} = 6,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}.$$

Har bir  $\text{CaCO}_3$  molekulasini eritilganda bittadan  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{CO}_3^{2-}$  ioni hosil bo'lgani uchun  $\text{Ca}^{2+} = \text{CO}_3^{2-} = 6,85 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ .

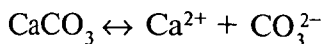
Demak,

$$EK_{\text{CaCO}_3} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 6,9 \cdot 10^{-5} \cdot 6,9 \cdot 10^{-5} = 4,7 \cdot 10^{-9}.$$

Moddalarning EK qiymatini bilgan holda kam eruvchan moddaning eruvchanligini hisoblash mumkin:

$$E_{MnAn} = \sqrt[m+n]{\frac{EK_{MnAn}}{m^m \cdot n^n}}.$$

**Masala.**  $\text{CaCO}_3$  ning suvdagi eruvchanligini g/l da hisoblang. Eruvchanlik ko'paytmasining qiymati ilovadagi 2- jadvaldan olinadi.



$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = x$$

$$EK_{\text{CaCO}_3} = |\text{Ca}^{2+} || \text{CO}_3^{2-}| = x \cdot x = x^2$$

$$x = E = \sqrt{EK} = \sqrt{3,8 \cdot 10^{-9}} = 6,16 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}.$$

Eruvchanlikni g/l da hisoblash uchun molyar konsentratsiyani moddaning molekular massasiga ko'paytirish kerak:

$$E = 6,16 \cdot 10^{-5} \cdot 100,69 = 6,20 \cdot 10^{-3} \text{ g/l}.$$

Cho'kma quyidagi hollarda qisman yoki to'liq erishi mumkin:

- kompleks birikma hosil bo'lganda yoki gaz ajralib chiqqanda;
- yonaki jarayonlar borganda;
- oksidlanish darajasi o'zgarganda;
- $[\text{H}^+]$  ionlarining konsentratsiyasi oshganda;
- cho'kmaga ionlari bo'lgan biror kuchli elektrolit qo'shilganda va hokazo.

### 3.3. Cho'kmalarning hosil bo'lishi va ularga ta'sir qiluvchi omillar

Agar qiyin eruvchan elektrolit ionlar konsentratsiyasining ko'paytmasi uning eruvchanlik ko'paytmasidan kichik bo'lsa, eritma to'yinmagan bo'ladi. EK qoidasiga muvofiq berilgan qiyin eriydigan elektrolit ionlari (aktivliklari) konsentratsiyalarining ko'paytmasi berilgan haroratda eruvchanlik ko'paytmasiga teng bo'lgandagina eritma shu elektrolitga nisbatan to'yingan bo'ladi, ya'ni:

$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] < \mathcal{E}K_{\text{AgCl}}$  – to'yinmagan eritma;

$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = \mathcal{E}K_{\text{AgCl}}$  – to'yingan eritma;

$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] > \mathcal{E}K_{\text{AgCl}}$  – o'ta to'yingan eritma.

Kam eruvchan elektrolitning ionlar konsentratsiyasining ko'paytmasi berilgan haroratdagi eruvchanlik ko'paytmasi qiyamatidan ortiq bo'lgan hollarda cho'kma hosil bo'ladi.

To'la cho'kishga ta'sir qiluvchi omillar quyidagilardir:

1. *Eritmaning konsentratsiyasi.*

2. *Cho'ktiruvchi miqdori.* To'la cho'ktirish uchun cho'ktiruvchining miqdori bir yarim barobar ortiqcha olinadi. Bunda erit-



madagi cho'ktiriladigan ionlarning konsentratsiyalari mos ravishda kamayadi, ya'ni cho'kmaning to'la cho'kishiga sabab bo'ladi.

3. *Bir ismli ion.* To'yinmagan elektrolit eritmasiga bir ismli ioni bo'lgan elektrolit qo'shib, to'yingan va o'ta to'yingan eritma hosil qilish mumkin.

Darhaqiqat, agar AgCl ning to'yingan eritmasiga oz-ozdan HCl yoki KCl qo'shsak, dastlab AgCl ning EK qiymatidan (ya'ni  $25^{\circ}\text{C}$  da  $1,78 \cdot 10^{-10}$ ) kam bo'lgan ionlar ko'paytmasi asta-sekin unga tenglashadi va nihoyat, undan ortib ketadi. Shunga muvofiq eritma to'yingan eritmaga va undan keyin o'ta to'yingan eritmaga aylanadi.

Demak, qiyin eriydigan elektrolitlarning eruvchanligi ularning eritmasiga tarkibida shu eritmadagi ionlarning biri bilan bir ismli ioni bor birorta kuchli elektrolit kiritilishi bilan kamayadi.

4. *Tuz effekti.* Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, bir ismli ioni bo'lmagan tuzlar ham elektrolitlarning eruvchanligiga ta'sir etadi. Ammo bunday hollarda, odatda, eruvchanlik ortadi. Bu hodisa «tuz effekti» deb ataladi. Masalan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  va  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  shunga o'xshash tuzlar qo'shilganda AgCl ning eruvchanligi ortadi. Qo'shilayotgan tuzlarning konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, ular shuncha ko'p eriydi.

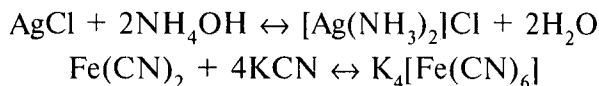
Qiyin eruvchan elektrolitga bir ismli ioni bo'lmagan tuzlarni kiritganda eritmaning ion kuchi ortishi sababli qiyin eruvchan elektrolit ionlarining aktivlik koeffitsiyentlari kamayadi. Bunda eritma to'yinmagan bo'lib, elektrolitning eruvchanligi ortadi.

5. *Harorat.* O'zgarmas haroratda EK o'zgarmas kattalikdir. Haroratning oshishi bilan EK qiymati ortib boradi. Xarakteriga (amorf, kristall) qarab cho'kma turli haroratlarda cho'ktiriladi.

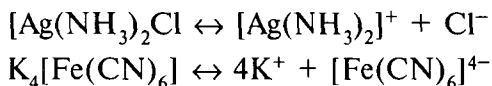
### 3.4. Kompleks birikmalar

***Kompleks birikmalarning tuzilishi.*** Oddiy ion yoki kovalent bog'lanishli birikmalardan tashqari, neytral birikmalarning o'zaro birikishidan hosil bo'ladigan koordinatsion (donor-akseptor)

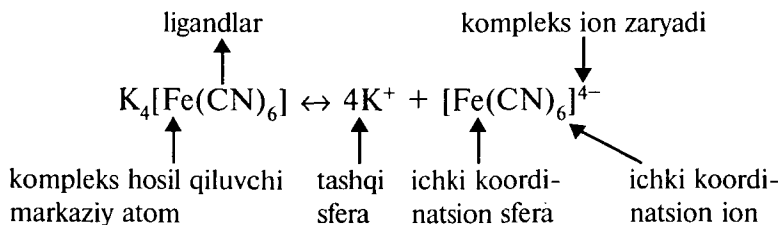
bog‘lanishli murakkab yuqori molekular birikmalar ham mavjud, ular oddiy modda molekularining o‘zaro ta’siri natijasida olinadi:



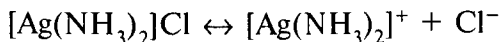
Ularning tarkibiga kirgan murakkab ionlar **kompleks ionlar** deb ataladi. Ular kristallar va eritmalarda mustaqil ravishda mavjud bo‘lishi mumkin.



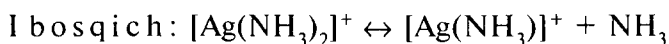
Kompleks birikmalarning xossalari va tuzilishini shved kimyogari A.Verner (1893) koordinatsion nazariya asosida tushuntirib berdi. Bu nazariyaga binoan har qanday kompleks birikmaning molekulasida ionlardan bittasi (odatda, musbat zaryadlangani) markaziy o‘rinni egallaydi va u **kompleks hosil qiluvchi ion** deyiladi. Uning atrofiga bevosita ma’lum sondagi qarama-qarshi zaryadlangan ionlar yoki elektroneytral molekular joylashadi (koordinatlanadi); ular **ligandlar** yoki **addendlar** deb ataladi. Kompleks hosil qiluvchi ion bilan ligandlar birikmaning ichki koordinatsion sferasini (kompleks ionni) tashkil etadi. Ichki sferaga sig‘may qolgan ionlar markaziy iondan ancha uzoqda joylashadi va tashqi koordinatsion sferani tashkil etadi. Bunday holalarda kompleks ion kvadrat qavslarda yoziladi.



Suvli eritmalarda kompleks birikma kompleks ionga va tashqi sfera ioniga dissotsilanadi. Bu jarayon xuddi kuchli elektrolitlarning dissotsilanishi kabi bo‘ladi. Masalan:



Kompleks ion xuddi kuchsiz elektrolitlar kabi ketma-ket tartibda dissotsilanadi:



$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+ \cdot \text{NH}_3}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}.$$



$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+} = \frac{[\text{Ag}]^+ \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+}.$$

Kompleks ionning umumiy ionlanish konstantasi har bir bosqichdagi ionlanish konstantalari ko'paytmasiga teng bo'lib, *beqarorlik konstantasi* deyiladi:

$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} \cdot K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = K_{\text{beqar}}.$$

Bu konstantaning doimiylik qiymati qancha katta bo'lsa, kompleks shuncha kuchli dissotsilanib, beqaror bo'ladi. Beqarorlik konstantasi teskari qiymat — kompleksning hosil bo'lish konstantasi yoki barqarorlik konstantasi deyiladi. Ular orasida quyidagi nisbat mavjud:

$$K_{\text{barqar}} = \frac{1}{K_{\text{beqar}}}.$$

$K_{\text{beqarorlik}}$  ning logarifmlangan qiymati bir qator birikmalarning barqarorligini solishtirish uchun qulaydir:

$$pK_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]} = -\lg 5,75 \cdot 10^{-8} = -\lg 5,75 - \lg 10^{-8} = -0,76 + 8 = 7,24.$$

$K_{\text{beqaror}}$ ,  $K_{\text{barqaror}}$ ,  $-\lg K_{\text{beqaror}}$ , ( $pK$ ) qiymatlari ma'lumotnomalarda (ilovadagi 1-jadvalga q.) keltirilgan.  $K_{\text{beqaror}}$  qiymatidan foydalangan holda kompleks birikmalarning hosil bo'lishi va parchalanishi bilan boradigan reaksiyalar yo'nalishini avvaldan aytib berish mumkin.

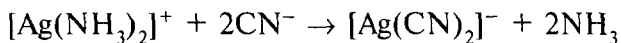
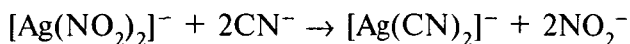
Kompleks hosil bo'lishi reaksiyasi hamma vaqt eng kam  $K_{\text{beqaror}}$  qiymatga ega bo'lgan birikma hosil bo'lishi, ya'ni eng barqaror kompleks birikma hosil bo'lishi tomoniga yo'naladi. Masalan:

$$K_{[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-} = 1,5 \cdot 10^{-3},$$

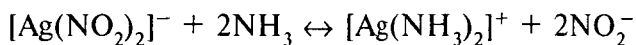
$$K_{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 6,8 \cdot 10^{-8},$$

$$K_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = 1,0 \cdot 10^{-21}.$$

$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  eng kichik  $K_{\text{beqaror}}$  qiymatga ega bo'lgani uchun birinchi va ikkinchi komplekslar KCN bilan reaksiyaga kirishib, sianid birikmalarni quyidagi tenglama bo'yicha hosil qiladi:



yoki quyidagi reaksiya sodir bo'lishi mumkin:



$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  ammiak bilan reaksiyaga kirishmaydi, chunki

$$K_{\text{beqaror}}[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- < K_{\text{beqaror}}[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$$

Kompleksning beqarorlik konstantasi va kam eruvchan tuzning EK qiymati ma'lum bo'lsa, kompleks ionning u yoki bu reaktivga munosabatini aniqlash mumkin.

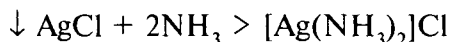
Kimyoviy analizda kompleks birikma hosil bo'lishidan quyidagi maqsadlarda foydalaniladi:

1. Kationlarni cho'ktirishda. Masalan, ko'pgina kationlarning kompleks birikmalari qiyin eriydi, ma'lum rangdagi cho'kmalarni hosil qiladi:

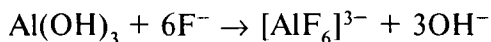
$\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	—	sariq
$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	—	ko'k
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$	—	ko'k
$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	—	qizil
$\text{Ni}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]_2$	—	yashil

2. Ionlarni niqoblashda. Masalan:  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  aralashmasidan  $\text{Co}^{2+}$  ionini  $\text{NH}_4\text{SCN}$  bilan ochish uchun  $\text{Fe}^{3+}$  ionini xalal beradi.  $\text{Fe}^{3+}$  ionini  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  kompleks ko'rishida niqoblanadi. Eritmada hosil bo'lgan  $[\text{Co}(\text{SCN})_4](\text{NH}_4)_2$  birikma spirt-efir qavatida ko'k rangli halqa hosil qiladi.

3. Beshinchi guruh kationlarini ( $\text{Pb}^{2+}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ) guruh reagenti ( $\text{HCl}$ ) bilan cho'ktirib, cho'kma ( $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{AgCl}$ ) larni ajratishda. Agar cho'kmaga ortiqcha ammiak eritmasi qo'shilsa,  $\text{AgCl}$  ammiakli kompleks birikma holida eritmaga o'tadi:

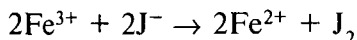


4. Moddalarning kislota-asosli xossasini o'zgartirishda. Masalan,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ning  $\text{F}^-$  ionini eritmasida asosli xossasi kuchli bo'ladi:



chunki,  $\text{Al}^{3+}$  ionini kompleks birikmada,  $\text{OH}^-$  esa eritmada erkin holatda bo'ladi.

5. Moddalarning oksidlanish-qaytarilish xossalari o'zgartirishda. Masalan:



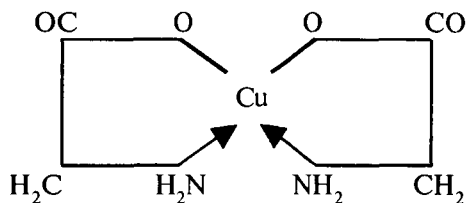
Reaksiya chapdan o'ngga boradi. Agar eritmaga  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$  yoki boshqa ligand qo'shib  $\text{Fe}^{3+}$  ionni bog'lab olsak, ( $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ), reaksiya o'ngdan chapga boradi.

**Ichki kompleks birikmalar.** Har xil kationlar bilan organik reaktivlardan hosil bo'ladigan ichki kompleks birikmalar analitik kimyoda alohida ahamiyatga ega.

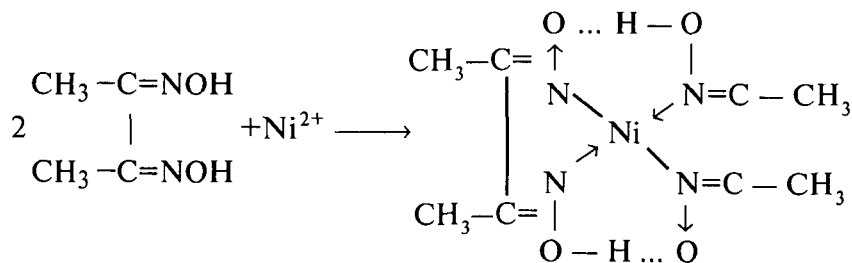
Kimyoviy analizda birinchi bo'lib 1884-yilda M.A. Ilinskiy kobaltni ochishda organik reaktivlardan  $\alpha$ -nitrozo  $\beta$ -naftoldan foydalangan. 1905-yilda L.A. Chugayev  $\text{Ni}^{2+}$  kationini ochishda dimetilglioksimni qo'llagan. Shundan so'ng organik reaktivlar keng qo'llanila boshlandi.

Ichki kompleks birikmalar tarkibida metallga almashadigan vodoroddan tashqari, taqsimlanmagan elektron jufti tutgan organik birikmalarning metall ionlari bilan reaksiyaga kirishishi natijasida hosil qilinadi.

Metall kationlari bilan o‘zaro ta’sirlashib kompleks birikma hosil qiladigan vodorod ionlari saqlovchi muhim guruhlarga  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{NOH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{OH}$  va boshqalar misol bo‘ladi. Ular tarkibidagi vodorod atomlari ma’lum sharoitda metall atomlari bilan almashinadi. Agar organik reaktiv molekulasida mana shunday biror guruh bilan birga, shu kation uchun ligand bo‘la oladigan boshqa guruh bo‘lsa, kation u bilan koordinatsion bog‘ orqali bog‘lanadi. Natijada hosil bo‘ladigan tuzlar **ichki kompleks tuzlar** deb aytiladi. Mis glikolat ichki kompleks tuzga eng oddiy misol bo‘la oladi:



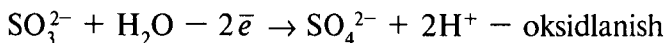
Bu yerda  $\text{Cu}^{2+}$  ioni koordinatsion o‘rinlarni to‘liq egallagan ion xossasiga ega,  $\text{Ni}^{2+}$  ning dimetilglioksim bilan hosil qilgan birikmasi ham ichki kompleks tuzdir. Uning hosil bo‘lish reaksiyasini quyidagi tenglama orqali ko‘rsatish mumkin:



Ichki kompleks birikmalarning molekulari halqasimon tuzilishga ega. Ular odatda, suvda qiyin eriydigan, yuqori molekular massaga ega, o'ziga xos rangli va ionlarga nihoyatda oz dissotsialanishi sababli analizda muhim ahamiyatga ega.

### 3.5. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari

Elektron tuzilishi nazariyasiga ko'ra, elektronlarning bir atom yoki iondan boshqa atom, yoki ionga o'tishi bilan boradigan kimyoviy jarayonlar **oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari** deyiladi. Elektronlarni berish jarayoni oksidlanish, elektronlarning birikishi esa **qaytarilish jarayonlari** deyiladi.



Kimyoviy jarayonlarda elektronlar qabul qiladigan atom, ion yoki molekula **oksidlovchi** deb ataladi. Eng kuchli oksidlovchilarga:  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KJO}_3$  va boshqalar misol bo'ladi.

Reaksiyada elektronlar beradigan atom, ion yoki molekula qaytaruvchi hisoblanadi. Barcha metallar (Na, K, Al, Ca, Zn va hokazo) turli birikmalari –  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HJ}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  kabilar muhim qaytaruvchilar bo'la oladi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining yo'nalishi reaksiyada ishtirok etayotgan ion (atom) larning oksidlanish-qaytarilish potentsiali bilan xarakterlanadi. Atomlar, molekular, ionlarning elektronlarni berish yoki qabul qilish qobiliyati turlichadir. Ular elektronga qancha moyil bo'lsa, shuncha kuchli oksidlovchi bo'ladi. Ma'lumki, barcha analitik reaksiyalar eritmalarda boradi. Ana shu jarayonlarda elektron bir iondan boshqa ionga o'tishi paytida ma'lum miqdorda ish bajaradi, ya'ni kimyoviy energiya elektr energiyaga aylanadi. Boshqacha qilib aytganda, shu jarayonlar yuz berayotgan paytda sistema umumiy energiyasining

o'zgarishi reaksiyaning oksidlanish-qaytarilish potensialini xarakterlaydi. Demak, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari ishtirokida bajariladigan har bir analitik amalni chuqurroq o'rganish uchun oksidlanish-qaytarilish potentsiali tushunchasini bilish zarur.

Sistema oksidlanish-qaytarilish potensialining qiymati reaksiyada ishtirok etayotgan oksidlovchi va qaytaruvchining konsentratsiyasiga (aktivligiga), haroratga bog'liqligi Nernst tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{oks}}^a}{a_{\text{qay}}^b}, \quad (1)$$

bu yerda:  $E$  – oksidlanish-qaytarilish potentsiali;  $a_{\text{oks}}$ ,  $a_{\text{qay}}$  – oksidlangan va qaytarilgan formalarning aktivligi, mol/dm<sup>3</sup>;  $R$  – gaz doimiyligi, 8,314 J/mol · °K;  $T$  – absolut harorat, K;  $F$  – Faradey soni, 96500 K;  $n$  – yarim reaksiyada ishtirok etadigan elektronlar soni;  $a$ ,  $b$  – stexiometrik koeffitsiyentlar.

Suyultirilgan eritmalar uchun aktivlik o'rniga muvozanatdagi konsentratsiya qo'llaniladi:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{oks}]^a}{[\text{qay}]^b}. \quad (2)$$

$t^0 = 25^\circ \text{C}$ ,  $n = 1$  bo'lganda:

$$\Theta = \frac{2,3RT}{F} = 0,059 \text{ V} = 59 \text{ mV}.$$

Agar (2) tenglamaga doimiy son qiymatlar qo'yilsa va natural logarifmdan o'nli logarifmgga o'tilsa (o'tish koeffitsiyenti 2,303 ga teng) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$E = E^0_{\text{oksid/qaytar}} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{oksid}]}{[\text{qaytar}]}. \quad (3)$$

Eritmada oksidlangan va qaytarilgan ionlarning konsentratsiyasi 1 mol/l ga ( $t = 25^\circ \text{C}$ ) teng bo'lib, normal vodorod elektrodi (NVE) potentsialiga nisbatan o'lchangan potentsial normal yoki standart oksidlanish-qaytarilish ( $E^0$ ) potentsiali deyiladi.



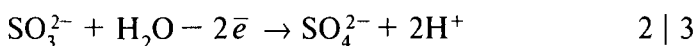
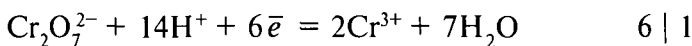
25° C da normal vodorod elektrodga nisbatan o'lgan normal oksidlanish-qaytarilish potentsiali ( $E^0$ ) ning qiymati ma'lumotnomalarda keltirilgan (ilovadagi 7-jadvalga q.).

Normal vodorod elektrodining potentsiali taxminan nol deb qabul qilingan.

Sistema oksidlanish-qaytarilish potentsialining qiymati, eritmada  $[H^+]$  ning pH qiymatiga bog'liq bo'lgandagi oksidlanish-qaytarilish potentsiali sistemaning **real potentsiali** deyiladi.

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{oksid}]^a [H^+]^a}{[\text{qaytar}]^b} \quad (4)$$

Masalan:



$$E = E^0_{Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ / 2Cr^{3+} + 7H_2O} + \frac{0,059}{6} \lg \frac{[Cr_2O_7^{2-}][H^+]^{14}}{[Cr^{3+}]^2} \quad (5)$$

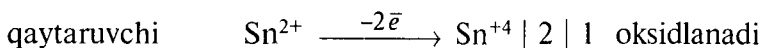
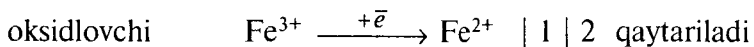
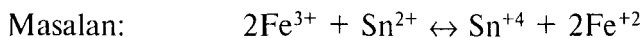
Reaksiyaning elektr yurituvchi kuchini (EYK) topish uchun oksidlovchining potentsial qiymatidan qaytaruvchining potentsial qiymatini ayirish kerak:

$$EYK(E) = E_{\text{oksid}} - E_{\text{qaytar}}$$

Agar eritmada ionlar aktivligi birga teng bo'lsa, EYK normal potentsiallar ayirmasiga teng. Masalan:

$$EYK(E) = E^0_{\text{oksid}} - E^0_{\text{qaytar}}$$

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining yo'nalishini standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali ayirmasi, ya'ni EYK ning qiymatiga qarab aniqlash mumkin. Agar  $EYK > 0$  bo'lsa, reaksiya tegishli yo'nalishda boradi.

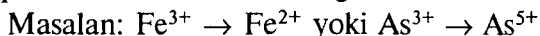


$$E_{\text{YK}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 - E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}}^0 = 0,77 - 0,15 = 0,62 \text{ V.}$$

Eritmada oksidlangan va qaytarilgan shakllarning konsentrat-siyasi 1 molga teng bo'lib, boshqa ionlar konsentratsiyasi noma'lum bo'lmagandagi oksidlanish-qaytarilish potentsiali *formal potentsial* deb ataladi.

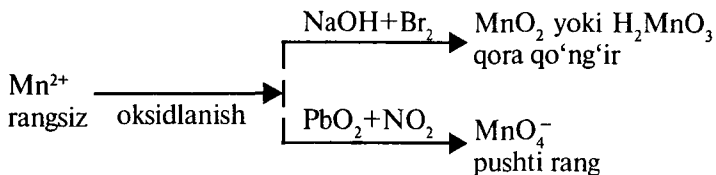
**Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasidan kimyoviy analizda foy-dalanish:**

1. Analizni olib borishda xalaqit beradigan ionlarni quyi ok-sidlanish shaklidan yuqori oksidlanish shakliga o'tkazish yoki yuqori oksidlanish formulasiga o'tkazish mumkin:

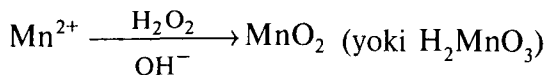


2. Oksidlovchi yoki qaytaruvchilar ta'sirida ionlar o'ziga xos reaksiyalar bilan aniqlanadi:

Masalan:



3. Ionlarni ajratishda oksidlanish yoki qaytarilish reaksiyasi natijasida kam eruvchan birikma hosil bo'lishi. Masalan:

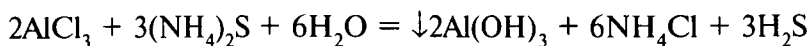
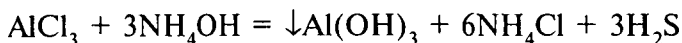
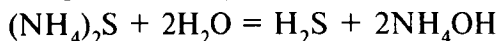


4. Tortma yoki hajmiy analizda anorganik va organik mod-dalar miqdori aniqlanadi.

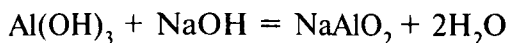
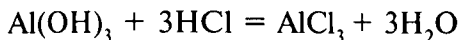
### 3.6. Uchinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi

Uchinchi guruh kationlari  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu guruh kationlari birinchi va ikkinchi analitik guruh kationlaridan tegishli sulfidlarining suvda erimasligi bilan farq qiladi. Lekin ularning sulfidlari suyultirilgan kislotalarda eriydi. Ularning to'rtinchi va beshinchi guruh kationlaridan farqi ham shunda. Uchinchi guruh kationlari bilan ishlanganda ular tuzlarining gidrolizi, gidroksidlarining amfoterligi, oksidlanish darajasining o'zgarishi kabi kimyoviy o'zgarishlarga duch kelishi mumkin.

Uchinchi guruh kationlar  $\text{pH} = 8 - 9$  bo'lganda ammoniyli bufer aralashma ishtirokida,  $t^\circ \text{C} = 60 - 70^\circ \text{C}$  da guruh reagenti  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ta'sirida cho'ktiriladi. Guruh kationlarining ko'pchiligi sulfidlar —  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{CoS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{ZnS}$  holida, aluminiy va xrom ionlari gidroksidlar —  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  ko'rinishida cho'kadi. Chunki  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  gidrolizlanishi natijasida hosil bo'ladigan  $\text{OH}^-$  ionlari konsentratsiyasi  $[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3 > EK_{\text{Al}(\text{OH})_3}$ ,  $[\text{Cr}^{3+}][\text{OH}^-]^3 > EK_{\text{Cr}(\text{OH})_3}$  bo'lishi uchun yetarli. Shuning uchun  $\text{Al}(\text{OH})_3$  va  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  cho'kmalari hosil bo'ladi. Masalan:

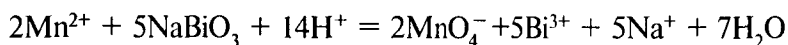
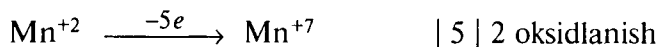
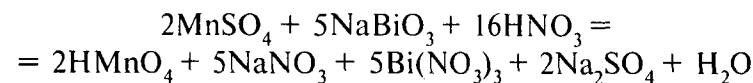


Hosil bo'lgan gidroksidlar ham asos, ham kislota xossasiga ega bo'lib, amfoter moddalar deyiladi:



Ularning bu xossasidan foydalanib kationlarni bir-biridan ajratish mumkin.

Uchinchi guruh kationlari uchun muhim bir xossa – oksidlanish darajalarining o'zgarishi. Ularning bu xossalariidan foydalanib ham ayrim kationlarni ochish mumkin. Masalan:



Kompleks birikmalarning hosil bo'lish reaksiyalaridan, uchinchi guruh kationlari uchun sezgir va xususiy reaksiyalar sifatida foydalanish mumkin. Masalan:  $\text{Fe}^{2+}$  ionini turnbul ko'ki  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  ionini berlin lazuri  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  kompleks tuzlari ko'rinishida aniqlanadi.

Uchinchi guruh kationlari aralashmasining analizida ayrim reaksiyalarga xalal beruvchi ionlarni niqoblashda (kompleks birikmalar mavzusiga qarang) foydalaniladi.

Uchinchi guruh kationlarining xususiy reaksiyalari 8-jadvalda keltirilgan.

### 3.7. Guruh reagentining ta'siri

Uchinchi guruh kationlari ammoniyli ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ ) bufer aralashma ishtirokida  $\text{pH}=9$  bo'lganda  $60-70^\circ \text{C}$  gacha qizdirib turib guruh reagenti ammoniy sulfid ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ) ta'sirida cho'ktiriladi. Uchinchi guruh kationlaridan  $\text{Al}^{3+}$  va  $\text{Cr}^{3+}$  kationlari gidroksid holida, qolganlari esa sulfidlar holida cho'kmaga tushadi. Birinchi va ikkinchi guruh kationlari ortiqcha  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  va boshqa ammoniy birikmalari bilan birga eritmada qoladi.

Guruh reagentining ayrim kationlarga ta'sirini ko'rib chiqaylik. Probirkalarga temir (II), temir (III), marganes, rux, nikel va kobalt tuzlari eritmasidan 2 tomchidan soling va ularga 2-3 tomchidan  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  va  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  eritmalaridan qo'shing. Bunda ularning sulfidlari cho'kmaga tushadi.

## Uchinchi analitik guruh kationlariga xos xususiy reaksiyalar

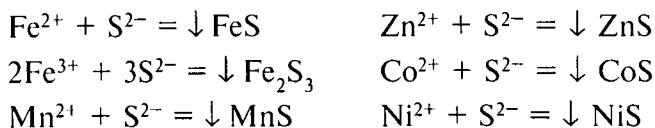
T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaming molekular va ionli tenglamasi	Ilova
1	2	3	4	5
3.1	$Al^{3+}$	NaOH (KOH)	$Al^{3+}$ ionlarining analitik reaksiyalari $AlCl_3 + 3NaOH = \downarrow Al(OH)_3 + 3NaCl$ $Al^{3+} + 3Cl^- + 3OH^- = \downarrow Al(OH)_3 + 3Na^+ + 3Cl^-$ $Al^{3+} + 3OH^- = \downarrow Al(OH)_3$	Oq amorf cho'kma, amfoter xossaga ega, kislotada va ishqorlarda eriydi
3.2	$Al^{3+}$	$Na_2HPO_4$	$AlCl_3 + Na_2HPO_4 = \downarrow AlPO_4 + 2NaCl + HCl$ $Al^{3+} + 3Cl^- = 2Na^+ + HPO_4^{2-} = \downarrow AlPO_4 + 2Na^+ + 2Cl^- + H^+ + Cl^-$ $Al^{3+} + HPO_4^{2-} = \downarrow AlPO_4 + 2H^+$	Oq kristall cho'kma, kuchli kislotalarda eriydi
3.3	$Zn^{2+}$	$Na_2HPO_4$	$Zn^{2+}$ ionlarining analitik reaksiyalari $3ZnCl_2 + 2Na_2HPO_4 = \downarrow Zn_3(PO_4)_2 + 4NaCl + 2HCl$ $3Zn^{2+} + 6Cl^- + 4Na^+ + 2HPO_4^{2-} = \downarrow Zn_3(PO_4)_2 + 4Na^+ + 4Cl^- + 2H^+ + 2Cl^-$ $3Zn^{2+} + 2HPO_4^{2-} = \downarrow Zn_3(PO_4)_2 + 2H^+$	Oq cho'kma
3.4	$Zn^{2+}$	$K_3[Fe(CN)_6]$	$3ZnCl_2 + 2K_3[Fe(CN)_6] = \downarrow Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$ $3Zn^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} + 6Cl^- + 6K^+ = \downarrow Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + 6K^+ + 6Cl^-$ $3Zn^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} = \downarrow Zn_3[Fe(CN)_6]_2$	Jigarrang-sariq cho'kma, HCl va $NH_4OH$ da eriydi
3.5	$Cr^{3+}$	NaOH (KOH)	$Cr^{3+}$ ionlarining analitik reaksiyalari $Cr_2(SO_4)_3 + 6NaOH = \downarrow 2Cr(OH)_3 + 3Na_2SO_4$ $2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 6Na^+ + 6OH^- = \downarrow 2Cr(OH)_3 + 6Na^+ + 3SO_4^{2-}$ $2Cr^{3+} + 6OH^- = \downarrow 2Cr(OH)_3$	Xira ko'k rangli cho'kma, amfoter xossaga ega

1	2	3	4	5
3.6	$Cr^{3+}$	Oksidlov- chilar $H_2O_2$ $KmnO_4$ $(NH_4)_2S_2O_8$	$Cr_2(SO_4)_3 + 10 NaOH + 3H_2O_2 = 2Na_2CrO_4 + 3Na_2SO_4 + 8H_2O$ $2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + 10Na^+ + 10OH^- + 3H_2O_2 =$ $= 4Na^+ + 2CrO_4^{2-} + 6Na^+ + 3SO_4^{2-} + 8H_2O$ $2Cr^{3+} + 10OH^- + 3H_2O_2 = 2CrO_4^{2-} + 8H_2O$	Ishqoriy muhitda eritmaning yashil rangi sariqqa o'tguncha bir necha minut qizdiriladi
3.7	$Fe^{2+}$	NaOH (KOH)	<i>Fe<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $FeSO_4 + 2NaOH = \downarrow Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$ $Fe^{2+} + SO_4^{2-} + 2Na^+ + 2OH^- = \downarrow Fe(OH)_2 + 2Na^+ + SO_4^{2-}$ $Fe^{2+} + 2OH^- = \downarrow Fe(OH)_2$	Xira yashil rangli cho'kma, kislotalarda eriydi
3.8	$Fe^{2+}$	$K_3[Fe(CN)_6]$	$3FeCl_3 + 2K_3[Fe(CN)_6] = \downarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$ Aslida reaksiya quyidagi shema bo'yicha boradi: $FeCl_2 + KCl + K_3[Fe(CN)_6] = \downarrow FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6]$ $4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6] = \downarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl$ $12Cl^- + 4Fe^{3+} + 12K^+ + 3[Fe(CN)_6]^{4-} = \downarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12K^+ + 12Cl^-$ $4Fe^{3+} + 3[Fe(CN)_6]^{4-} = \downarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	Trunbul ko'ki – cho'kma, berlin lazuri – cho'kma, kislotalarda erimaydi, lekin ishqorlar ta'sirida parchalanadi
3.9	$Fe^{3+}$	NaOH KOH $NH_4OH$	<i>Fe<sup>3+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $FeCl_3 + 3NaOH = \downarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl$ $Fe^{3+} + 3Cl^- + 3Na^+ + 3OH^- = \downarrow Fe(OH)_3 + 3Na^+ + 3Cl^-$ $Fe^{3+} + 3OH^- = \downarrow Fe(OH)_3$	Qizil-qo'ng'ir cho'kma, kislotalarda eriydi
3.10	$Fe^{3+}$	$NH_4SCN$	$FeCl_3 + 3NH_4SCN = \downarrow [Fe(SCN)_3] + 3NH_4Cl$ $Fe^{3+} + 3Cl^- + 3NH_4^+ + 3SCN^- = \downarrow [Fe(SCN)_3] + 3NH_4^+ + 3Cl^-$ $Fe^{3+} + 3SCN^- = \downarrow [Fe(SCN)_3]$	Qizil rangli rodanid ionlarining konsentratsiyasiga qarab turli tarkibli komplekslar hosil qiladi

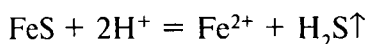
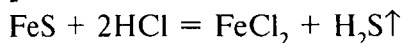
1	2	3	4	5
3.11	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$4\text{FeCl}_3 + 3\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] = \downarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 12\text{KCl}$ $4\text{Fe}^{3+} + 12\text{Cl}^- + 12\text{K}^+ + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \downarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 12\text{K}^+ + 12\text{Cl}^-$ $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \downarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	Berlin lazuri to'q ko'k rangli cho'kma, ortiqcha reaktiv va ishqorlarda eriydi
3.12	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	$\text{FeCl}_3 + 2\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \downarrow \text{FePO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{NaCl}$ $\text{Fe}^{3+} + 2\text{HPO}_4^{2-} = \downarrow \text{FePO}_4 + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	Oq sariq cho'kma, kuchli kislotalarda eriydi
3.13	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{NaOH}$ ( $\text{KOH}$ )	<i>Mn<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $\text{MnSO}_4 + 2\text{NaOH} = \downarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Mn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \downarrow \text{Mn}(\text{OH})_2$	Oq cho'kma, havoda to'rt valentli marganes-manganit kislotaga ( $\text{H}_2\text{MnO}_3$ ) qadar oksidlanishi uchun xiralashadi
3.14	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	$3\text{MnSO}_4 + 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{NaH}_2\text{PO}_4 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Mn}^{2+} + 4\text{HPO}_4^{2-} = \text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$	Oq cho'kma, sirka kislotada eriydi
3.15	$\text{Mn}^{2+}$	Oksidlov - chilar $\text{PbO}_2$ $\text{NaBiO}_3$ $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	$2\text{MnSO}_4 + 5\text{NaBiO}_3 + 16\text{HNO}_3 = 2\text{HMnO}_4 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 5\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaNO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Mn}^{2+} + 5\text{NaBiO}_3 + 14\text{H}^+ = 2\text{MnO}_4^- + 5\text{Bi}^{3+} + 5\text{Na}^+ + 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Mn}^{2+}$ $\text{MnO}_4^-$ gacha oksidlanadi, binafsharang
3.16	$\text{Co}^{2+}$	$\text{NaOH}$ $\text{KOH}$	<i>Co<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $\text{CoCl}_2 + 2\text{NaOH} = \downarrow \text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$ $\text{Co}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- = \downarrow \text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$ $\text{Co}^{2+} + 2\text{OH}^- = \downarrow \text{Co}(\text{OH})_2$	Oldin ko'k rangli asosli tuz cho'kmasi $\text{CoOHCl}$ keyin ortiqcha $\text{NaOH}$ qo'shib qizdirganda pushti rangli cho'kma, $\text{Co}(\text{OH})_2$ havoda oksidlanib, qo'n-g'irrangli $\text{Co}(\text{OH})_3$ ga aylanadi

1	2	3	4	5
3.17	Co <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> SCN Amil spirit	$\text{CoCl}_2 + 4\text{NH}_4\text{SCN} = (\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4] + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ $\text{Co}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 4\text{NH}_4^+ + 4\text{SCN}^- = 2\text{NH}_4^+ + [\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-} + 2\text{Cl}^- + 2\text{NH}_4^+$ $\text{Co}^{2+} + 2\text{NH}_4^+ + 4\text{SCN}^- = 2\text{NH}_4^+ + [\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$	Ko'k havorangli kompleks eritmada Fe <sup>3+</sup> ionlari bo'lgan-da quruq NH <sub>4</sub> F ham qo'shiladi
3.18	Ni <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> OH	<p style="text-align: center;"><i>Ni<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{OH} = \text{Ni}(\text{OH})\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{NiOHNO}_3 + 5\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3 = [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6] (\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NiOHNO}_3 + \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- = [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ $3\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{NaH}_2\text{PO}_4 + 6\text{NaNO}_3$ $\text{Ni}^{2+} + 6\text{NO}_3^- + 8\text{Na}^+ + 4\text{HPO}_4^{2-} = \text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{PO}_4^- + 6\text{Na}^+ + 6\text{NO}_3^-$ $3\text{Ni}^{2+} + 4\text{HPO}_4^{2-} = \text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$	Yashil rangli asosli tuz cho'kadi, ko'k-qizil rangli kompleks
3.19	Ni <sup>2+</sup>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	$2 \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} = \text{NOH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{NOH} \end{array} + \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow$ $\begin{array}{c} \text{O} - \text{H} \cdots \text{O} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{N} \quad \quad \text{Ni} \quad \quad \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{N} \quad \quad \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad \quad   \\ \text{O} \cdots \text{H} - \text{O} \end{array} + 2 \text{HNO}_3$	Yashil cho'kma, kislotalarda va ammiakda eriydi
3.20	Ni <sup>2+</sup>	Dimetil gliksim (Chugayev reaktivi)	$2 \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} = \text{NOH} \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{NOH} \end{array} + \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow$ $\begin{array}{c} \text{O} - \text{H} \cdots \text{O} \\   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{N} \quad \quad \text{Ni} \quad \quad \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{N} \quad \quad \text{N} = \text{C} - \text{CH}_3 \\   \quad \quad   \\ \text{O} \cdots \text{H} - \text{O} \end{array} + 2 \text{HNO}_3$	Qizil rangli kompleks birikma

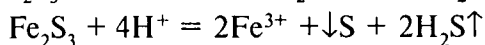
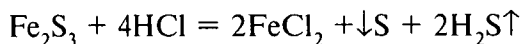




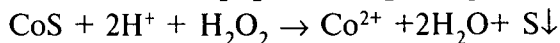
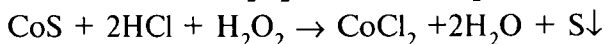
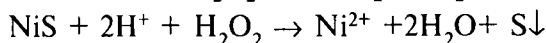
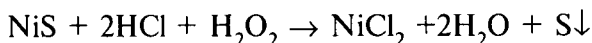
FeS, Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, CoS va NiS cho'kmalari qora rangli, MnS esa sarg'ish-badanrangda, ZnS oq rangli. NiS va CoS dan tashqari uchinchi guruhning hamma sulfidlari suyultirilgan HCl va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> da erib, H<sub>2</sub>S gazini ajratib chiqaradi:



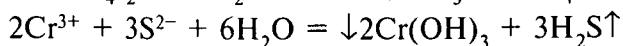
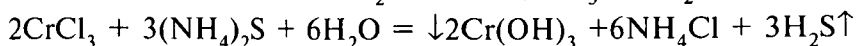
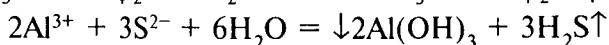
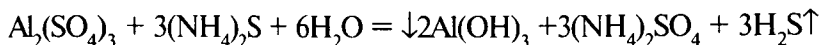
Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> eriganda Fe<sup>3+</sup> ioni ajralib chiqayotgan vodorod sulfid ta'sirida Fe<sup>2+</sup> ioniga qaytariladi, bunda oltingugurtning oq loyqasi hosil bo'ladi:



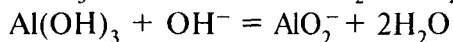
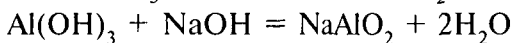
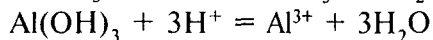
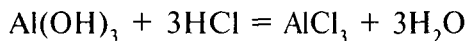
NiS va CoS larni faqat kislotaga bilangina emas, balki oksidlovchi ta'sir ettirib ham eritish mumkin. Masalan, vodorod peroksid ta'sirida qizdirib turib eritish mumkin:



CoS va NiS sulfidlarini «zar suvi» (1 hajm konsentrlangan HNO<sub>3</sub> va 3 hajm konsentrlangan HCl aralashmasi)da qizdirib eritish ham mumkin. Aluminij va xrom tuzlari eritmasiga (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S ta'sir ettirilganda Al(OH)<sub>3</sub> (oq rangli) va Cr(OH)<sub>3</sub> (kulrang-binafsha) gidroksidlari cho'kmaga tushadi:



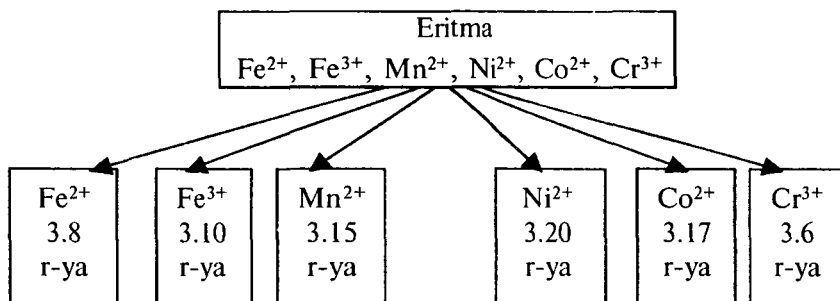
Hosil bo'lgan cho'kmalar kislota va ishqorlarda eriydi.



### 3.8. Uchinchi guruh kationlari aralashmasining analizi

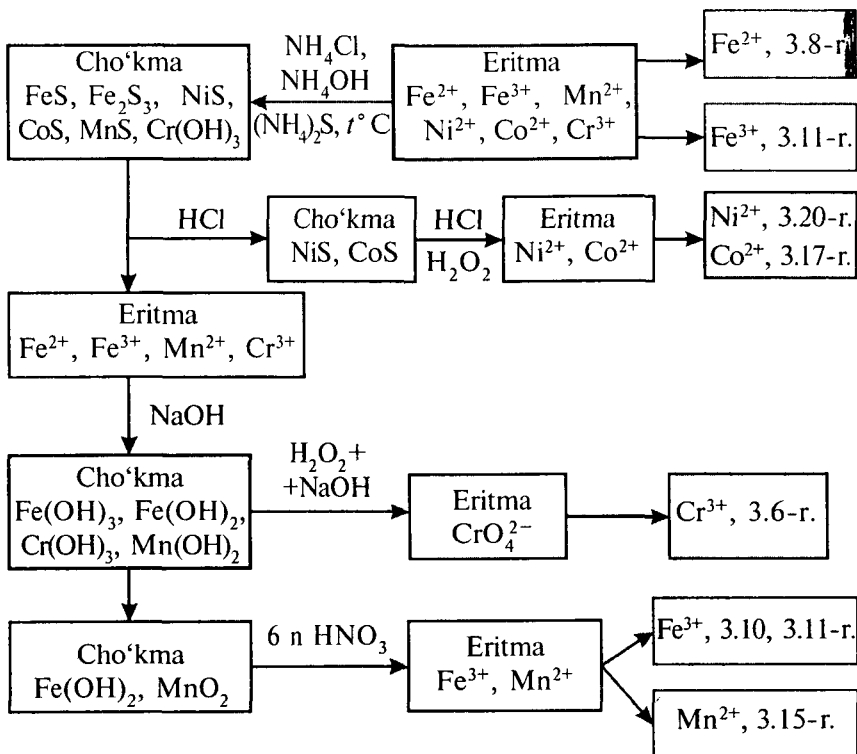
Uchinchi guruh kationlarini o'rganishda ikkinchi va birinchi guruhlardagiga qaraganda juda xilma-xil va murakkab kimyoviy o'zgarishlar kuzatiladi. Uchinchi guruh kationlari uchun har xil analiz usullarini qo'llash mumkin. Bulardan ayrimlari bilan tanishamiz:

1. Bo'lib-bo'lib har qaysi ionga xos reaksiya bilan analiz qilish sxemasi (6- jadvalga q.):



#### 2. Sistemali vodorod sulfid usulida analiz qilish sxemasi.

Kationlarning uchinchi analitik guruhi boshqa guruh kationlaridan guruh reagenti yordamida ajratiladi. Kuchsiz ishqoriy muhitda, ya'ni pH=9,2 da uchinchi analitik guruh kationlariga, ammoniyli bufer aralashma  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$  ishtirokida ammoniy sulfid ta'sir ettirilsa, kationlar sulfidlar va gidroksidlar holida cho'kmaga tushadi. Kolloid hosil bo'lishining oldini olish uchun cho'ktirish qizdirish orqali olib boriladi. Analiz quyidagi sxema bo'yicha bajariladi:



### 3.9. To'rtinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif

To'rtinchi analitik guruh kationlariga  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  ionlari kiradi. Bu kationlar kislotali muhitda ( $\text{pH}=0,5$ ) vodorod sulfid ta'sirida sulfidlar holida cho'kadi. Hosil bo'lgan sulfidlar, elementlarning davriy sistemadagi joylashgan o'rniga qaramay, turli xossaga ega bo'ladi. Shuning uchun ular ikki guruhga ajratiladi:

1-mis guruhchasi:

$\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$  va boshqalar (bu guruhda kationlarning sulfidlari tarkibdagi elementlarning asosli xossalari ancha yuqori bo'lgani uchun ishqorlarda erimaydi).

2- mishyak guruh chasi:

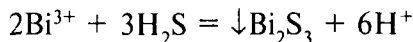
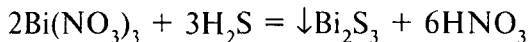
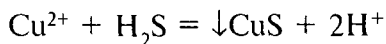
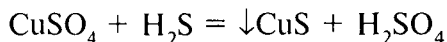
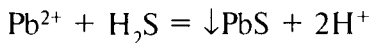
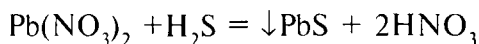
$Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  bu guruh ionlarining sulfidlari ishqorlarda eriydi  $Sn^{2+}$  kationining  $Sn^{4+}$  ga nisbatan asosli xususiyati ancha yuqori bo'lgani sababli boshqalardan ajralib turadi. Uning sulfidlari ishqorlar  $Na_2S$  va  $(NH_4)_2S$  da erimaydi.

$SnS$  faqat ammoniy polisulfidida eriydi, chunki bunda  $Sn^{2+}$  ioni  $Sn^{4+}$  gacha oksidlanadi. Shuning uchun  $Sn^{4+}$  ni biror tegishli oksidlovchi ta'sirida oldindan  $Sn^{2+}$  gacha oksidlab olish mumkin. Bu guruh kationlarini hosil qiluvchi elementlar D.I.Mendeleyev davriy sistemasi 4,5 va 6 katta davrlarining ikkinchi yarmida I, II, IV, V guruhlarda joylashgan. Bu metallarning ionlari tugallangan 18 elektronli tashqi qobiqqa yoki tashqi qavatida 18+2 elektron bo'lgan qobiqqa ega bo'ladi. Tugallangan tashqi qavatga ega bo'lgan  $Cu^{2+}$  kationi bundan mustasno. To'rtinchi analitik guruh kationlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalar 7-jadvalda berilgan.

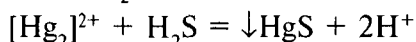
### 3.10. Guruh reagentining ta'siri

Bu guruhning guruh reagenti kislotali muhitda vodorod sulfididir. Vodorod sulfid  $pH=0,5$  bo'lganda IV va V analitik guruhning hamma kationlarini cho'ktiradi. Shuning uchun V analitik guruh kationlari oldindan erimaydigan xloridlar holida ajratib olinadi. Lekin har ikkala guruh kationlari sulfidlarining xossalari bilan bir vaqtda tanishish maqsadga muvofiq. Tegishli tuz eritmalarining biridan 1–2 tomchi olib, probirkada 5–6 tomchi suv qo'shib suyultiriladi va 2 n HCl eritmasidan bir tomchi qo'shiladi. Hosil bo'lgan eritmadan  $H_2S$  o'tkaziladi.

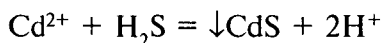
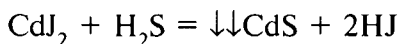
Har bir tajribadan keyin eritmaga vodorod sulfid yuboriladigan shisha nayni tozalab yuvish kerak. Kumush, qo'rg'oshin, mis, vismut va simob (I va II) tuzlari eritmasida  $H_2S$  o'tkazilganda  $Ag_2S$ ,  $PbS$ ,  $CuS$ ,  $Bi_2S_3$ ,  $HgS$  ning qora tusli cho'kmalari hosil bo'ladi:



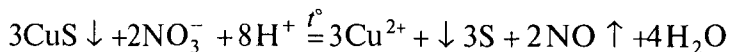
$[\text{Hg}_2]^{2+}$  ioni vodorod sulfid ta'sirida, darhol  $\text{HgS}$  va  $\text{Hg}$  ga parchalanib ketadigan  $\text{Hg}_2\text{S}$  qora cho'kmani hosil qiladi:



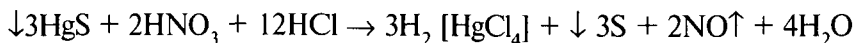
Kadmiy tuzlari eritmasidan xarakterli och sariq tusli cho'kma  $\text{CdS}$  cho'kadi, uning hosil bo'lishi  $\text{Cd}^{2+}$  ioni uchun xarakterli reaksiyadir.



IV va V guruh kationlarining sulfidlari III guruh kationlari sulfidlaridan farq qilib, suyultirilgan kislotalar ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) da erimaydi, chunki bu sulfidlarning eruvchanlik ko'paytmasi juda kichik. Lekin ular  $\text{S}^{-2}$  ionlarini S gacha oksidlaydigan suyultirilgan  $\text{HNO}_3$  da oson eriydi, masalan:



IV guruh kationlarining sulfidlaridan simob sulfid  $\text{HgS}$  juda oz eruvchan ( $\text{EK} = 1,6 \cdot 10^{-52}$ ) bo'lib, «zar suvi» (1 hajm konsentrlangan  $\text{HNO}_3$  va 3 hajm konsentrlangan  $\text{HCl}$  aralashmasi)da eriydi:



## IV analitik guruh kationlari uchun xos xususiy reaksiyalar

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Hova
1	2	3	4	5
4.1	Cd <sup>2+</sup>	NaOH, KOH	$Cd^{2+}$ ionlarining analitik reaksiyalari $CdJ_2 + 2NaOH = \downarrow Cd(OH)_2 + 2NaJ$ $Cd^{2+} + 2J^- + 2Na^+ + 2OH^- = \downarrow Cd(OH)_2 + 2Na^+ + 2J^-$ $Cd^{2+} + 2NaOH = \downarrow Cd(OH)_2$	Oq cho'kma, kislotalarda eriydi
4.2	Cd <sup>2+</sup>	Glitserin NaOH	$Cd^{2+} + 2NaOH = \downarrow Cd(OH)_2 + 2Na^+$	Eritmada Cu <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> va Bi <sup>3+</sup> ionlari bo'lganda glitserin (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> ) yordamida ajratiladi. Glitserin Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> va Bi <sup>3+</sup> ionlari bilan eruvchan glitseratlar hosil qiladi. Cd <sup>2+</sup> esa NaOH ta'sirlashib oq cho'kma hosil qiladi
4.3	Cd <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> S	$CdJ_2 + H_2S = \downarrow CdS + 2HJ$ $Cd^{2+} + 2J^- + H_2S = \downarrow CdS + 2H^+ + 2J^-$ $Cd^{2+} + S^{2-} = \downarrow CdS$	pH < 7, sariq cho'kma
4.4	Cu <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> OH	$Cu^{2+}$ ionlarining analitik reaksiyasi $CuSO_4 + NH_4OH = \downarrow (CuOH)_2SO_4 + (NH_4)_2SO_4$ $CuSO_4 + 4NH_3 = \downarrow [Cu(NH_3)_4]SO_4$	Havo rang cho'kma, ortiqcha ammiakda eriydi, to'q-ko'k kompleks birikma hosil qiladi
4.5	Cu <sup>2+</sup>	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	$2CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] = \downarrow Cu_2[Fe(CN)_6] + 2K_2SO_4$ $2Cu^{2+} + K_4[Fe(CN)_6]^{4-} = \downarrow Cu_2[Fe(CN)_6]$	pH < 7, qizil-qo'ng'ir cho'kma

1	2	3	4	5
4.6	$\text{Cu}^{2+}$	Qaytaruvchilar (Fe, Al)	$\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \downarrow \text{Cu}$ $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \downarrow \text{Cu}$ $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \downarrow \text{Cu}$	Qizil g'ovak massa ko'rinishida, mis metaligacha qaytariladi
4.7	$\text{Bi}^{3+}$	Gidroliz $\text{H}_2\text{O}$	<i>Bi<sup>3+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i> $\text{BiCl}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl} + 2\text{HCl}$ $\text{Bi}^{3+} + 3\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$ $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{Cl} = \downarrow \text{BiOCl} + \text{H}_2\text{O}$	Oq cho'kma, mineral kislotalarda eriydi
4.8	$\text{Bi}^{3+}$	KJ	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{KJ} = \downarrow \text{BiJ}_3 + 3\text{KNO}_3$ $\text{Bi}^{3+} + 3\text{J}^- = \downarrow \text{BiJ}_3$ $\text{BiJ}_3 + \text{KJ} = \downarrow \text{K[BiJ}_4]$	Qora cho'kma, ortiqcha miqdor reaktivda erib kompleks birikma hosil qiladi
4.9	$\text{Bi}^{3+}$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$2\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{H}_2\text{O} = \downarrow (\text{BiO})_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $+ 2\text{KNO}_3 + 4\text{HNO}_3$ $2\text{Bi}^{3+} + 6\text{NO}_3^- + 2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} =$ $= \downarrow (\text{BiO})_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{K}^+ + 2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 4\text{NO}_3^-$	Sariq cho'kma, sirka kislotalada eriydi, ishqorlarda erimaydi
4.10	$\text{Bi}^{3+}$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 = \downarrow \text{BiPO}_4 + 2\text{NaNO}_3 + \text{HNO}_3$ $\text{Bi}^{3+} + \text{HPO}_4^{2-} = \downarrow \text{BiPO}_4 + \text{H}^+$	Oq kukunsimon cho'kma, suyul-tirilgan $\text{HNO}_3$ da erimaydi
4.11	$\text{Bi}^{3+}$	$\text{Na}_2\text{SnO}_2$	$2\text{Bi}(\text{OH})_3 + 3\text{NaSnO}_2 = \downarrow 2\text{Bi} + 3\text{Na}_2\text{SnO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{Bi}(\text{OH})_3 + 3\text{SnO}_2^{2-} = \downarrow 2\text{Bi} + 3\text{SnO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	pH > 7, qora cho'kma
4.12	$\text{Sn}^{2+}$	NaOH (KOH)	<i>Sn<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i> $2\text{SnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \downarrow \text{H}_2\text{SnO}_2 + 2\text{NaCl}$ $\text{Sn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- = \downarrow \text{H}_2\text{SnO}_2 + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$	Oq cho'kma, kislota va ishqorlar-da eriydi

1	2	3	4	5
4.13	$\text{Sn}^{2+}$	$\text{HgCl}_2$ $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$	$\text{SnCl}_2 + 2\text{HgCl}_2 = \downarrow \text{Hg} + \text{SnCl}_4$	Toza Hg cho'kadi
4.14	$\text{Sn}^{4+}$	Qaytaruv- chilar (Mg, Fe)	<i>Sn<sup>4+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i> $\text{H}_2 [\text{SnCl}_6] + \text{Mg} = \text{MgCl}_2 + \text{SnCl}_2 + 2\text{HCl}$ $2\text{H}^+ + [\text{SnCl}_6]^{2-} + \text{Mg} = \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{Sn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$	Agar eritmada kislotada yetishmay qolsa, Sn kulrang cho'kmasi hosil bo'ladi, HCl ta'sirida cho'kma erib ketadi
4.15	$\text{Sn}^{4+}$	NaOH, (KOH)	$\text{SnCl}_4 + 4\text{NaOH} = \downarrow \text{H}_4\text{SnO}_4 + 4\text{NaCl}$ $\text{Sn}^{4+} + 4\text{OH}^- = \downarrow \text{H}_4\text{SnO}_4$	Oq iviq cho'kma
4.16	$\text{Sb}^{3+}$	Gidroliz ( $\text{H}_2\text{O}$ )	<i>Sb<sup>3+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i> $\text{SbCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{SbOCl} + 2\text{HCl}$ $\text{Sb}^{3+} + 3\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{SbOCl} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$	Oq cho'kma
4.17	$\text{Sb}^{3+}$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$2\text{SbCl}_3 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Sb}_2\text{OS}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{HCl}$ $2\text{Sb}^{3+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Sb}_2\text{OS}_2 + 2\text{SO}_4^{2-} + 6\text{H}^+$	pH ≤ 7, qizil cho'kma
4.18	$\text{Sb}^{3+}$	Sn	$2\text{SbCl}_3 + 3\text{Sn} = \downarrow 2\text{Sb} + 3\text{SnCl}_2$ $2\text{Sb}^{3+} + 3\text{Sn} = \downarrow 2\text{Sb} + 3\text{Sn}^{2+}$	Qora cho'kma
4.19	$\text{Sb}^{5+}$	Gidroliz ( $\text{H}_2\text{O}$ )	<i>Sb<sup>5+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i> $\text{H}[\text{SbCl}_6] + 2\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{SbO}_2\text{Cl} + 5\text{HCl}$ $\text{H}^+ + [\text{SbCl}_6]^- + 2\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{SbO}_2\text{Cl} + 5\text{H}^+ + 5\text{Cl}^-$	Oq cho'kma
4.20	$\text{Sb}^{5+}$	NaOH, (KOH)	$\text{H} [\text{SbCl}_6] + 6\text{NaOH} = \downarrow \text{HSbO}_3 + 6\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}^+ + [\text{SbCl}_6]^- + 6\text{OH}^- = \downarrow \text{HSbO}_3 + 6\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	Oq cho'kma

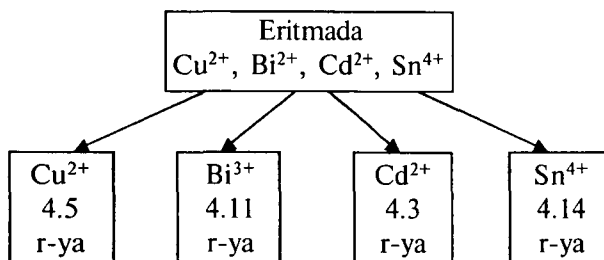


1	2	3	4	5
4.21	Sb <sup>5+</sup>	Qaytaruv- chilar (Sn, Zn, Mg)	$2H [SbCl_6] + 5Zn \rightarrow \downarrow Sb + 5ZnCl_2 + 2HCl$ $2H^+ + 2[SbCl_6]^- + 5Zn \rightarrow \downarrow 2Sb + 5Zn^{2+} + 10Cl^- + 2H^+ + 2Cl^-$	Qora cho'kma
4.22	Hg <sup>2+</sup>	NaOH, (KOH)	<p><i>Hg<sup>2+</sup> ionlarining analitik reaksiyasi</i></p> $Hg(NO_3)_2 + 2NaOH = \downarrow Hg(OH)_2 + 2NaNO_3$ $Hg^{2+} + 2NO_3^- + 2Na^+ + 2OH^- = \downarrow Hg(OH)_2 + 2Na^+ + 2NO_3^-$ $Hg^{2+} + 2OH^- = \downarrow Hg(OH)_2$ $Hg(OH)_2 = \downarrow HgO + H_2O$	Sariq cho'kma, kislotalarda eriydi. Hg(OH) <sub>2</sub> ga beqaror bo'lib, HgO va H <sub>2</sub> O ga parchalanadi
4.23	Hg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> OH	$HgCl_2 + 2NH_4OH = \downarrow [NH_2Hg]Cl + NH_4Cl + 2H_2O$	Oq cho'kma, kislotalarda eriydi
4.24	Hg <sup>2+</sup>	KJ	$Hg(NO_3)_2 + 2KJ = \downarrow HgJ_2 + 2KNO_3$ $Hg^{2+} + 2NO_3^- + 2K^+ + 2J^- = \downarrow HgJ_2 + 2K^+ + 2NO_3^-$ $Hg^{2+} + 2J^- = \downarrow HgJ_2$	Sarg'ish-qizil cho'kma
4.25	Hg <sup>2+</sup>	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$Hg(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = \downarrow HgCrO_4 + KNO_3$ $Hg^{2+} + CrO_4^{2-} = \downarrow HgCrO_4$	Sariq cho'kma
4.26	Hg <sup>2+</sup>	Cu	$Hg(NO_3)_2 + Cu = \downarrow Hg + Cu(NO_3)_2$ $Hg^{2+} + 2NO_3^- + Cu = \downarrow Hg + Cu^{2+} + 2NO_3^-$ $Hg^{2+} + Cu = \downarrow Hg + Cu^{2+}$	Toza Hg cho'kadi

### 3.11. To‘rtinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analizi

To‘rtinchi analitik guruh kationlarining aralashmasi bo‘lib-bo‘lib analiz qilish usuli yordamida ochiladi.

Bo‘lib-bo‘lib har qaysi ionga xos reaksiya bilan analiz qilish sxemasi quyida keltirilgan (7-jadvalga q.).



### 3.12. Beshinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi

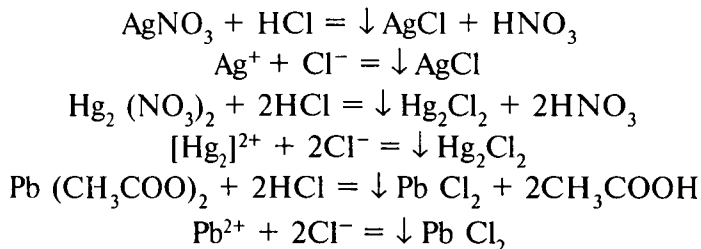
Beshinchi analitik guruh kationlari  $Pb^{2+}$ ,  $[Hg_2]^{2+}$ ,  $Ag^+$  kiradi. Bu guruh kationlarining guruh reagenti 6 n li HCl bo‘lib, ular qiyin eruvchan xloridlarni hosil qiladi. Beshinchi guruh kationlari D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida to‘rtinchi guruh kationlari joylashgan davr va guruhlarda joylashgan.

Bu kationlarning gidroksidlari qiyin eruvchan va kuchsiz elektrolitlardir. Qo‘rg‘oshin gidroksid amfoterlik xossasiga ega, kumush va simob (I) gidroksidlar nihoyatda beqaror birikmalar bo‘lib, hosil bo‘lish vaqtida tegishli oksid va suvga parchalanadi. Qo‘rg‘oshin va simobning barcha eruvchan birikmalari zaharli.

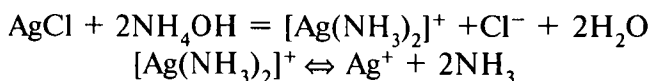
### 3.13. Guruh reagentining ta‘siri

Beshinchi guruh kationlari  $Pb^{2+}$ ,  $[Hg_2]^{2+}$ ,  $Ag^+$  ning xloridlari suvda va suyultirilgan kislotalarda erimaydi. Xloridlarning bun-

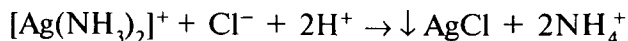
day xossalaridan barcha kationlarning umumiy aralashmasini analiz qilish paytida V guruh kationlarini ajratishda foydalaniladi. Suyultirilgan xlorid kislotasi (hamda xloridning eritmalari)  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  ionlarini  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  va  $\text{PbCl}_2$  oq cho'kmalar holida cho'ktiradi, masalan:



$\text{AgCl}$  cho'kmasi yorug'lik nuri ta'sirida parchalanadi. Kuchli kislotaning tuzi bo'lgani uchun suyultirilgan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kislotalarida erimaydi. Ammo u  $\text{NH}_4\text{OH}$  da oson eriydi. Bunda kumushning ammiakli kompleks birikmasi hosil bo'ladi. Agar olingan ammiakli kompleks birikma eritmasiga  $\text{HNO}_3$  kislotasi ta'sir ettirilsa, vodorod ionlari  $\text{NH}_3$  molekulari bilan bog'lanib, yanada barqaror  $\text{NH}_4^+$  kompleksini hosil qiladi va muvozanat o'ng tomonga siljiydi:

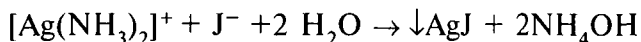


Natijada kumushning ammiakli kompleksi parchalanadi va eritmada  $\text{Ag}^+$  ionlari to'planib qoladi. Ammo eritmada  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]$  ning birinchi bosqichida hosil bo'lgan  $\text{Cl}^-$  ionlari borligidan  $\text{AgCl}$  ning eruvchanlik ko'paytmasi ortib ketadi va tuz cho'kmaga tushadi. Bu reaksiyaning umumiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

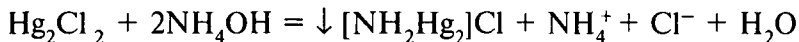


Analiz davomida  $\text{NH}_4\text{OH}$  ning ta'sirida  $\text{AgCl}$  ni  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  dan ajratish uchun olingan  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  eritmasiga  $\text{HNO}_3$  ning ta'sirida  $\text{Ag}^+$  ionlarini topish uchun ishlatiladi.  $\text{Ag}^+$  ni topish uchun  $\text{Ag}^+$  kationining  $\text{J}^-$  ionlari juda kam eriydigan  $\text{AgJ}$  cho'kmasini hosil qilishidan ham foydalansa bo'ladi.  $\text{AgJ}$  ning eruvchanlik

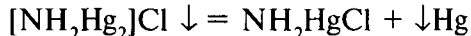
ko'paytmasi juda kichik ( $EK_{AgJ} = 8,3 \cdot 10^{-16}$ ). Demak, bu cho'kma hosil bo'lishi uchun  $Ag^+$  ning  $[Ag(NH_3)_2]^+$  ( $K_{bcqar} = 5,8 \cdot 10^{-8}$ ) ammiakli kompleks eritmasidagi juda kichik konsentratsiyasi yetarlidir.  $AgCl$  ning ammiakdagi eritmasidan bir necha tomchi olib ustiga 2–3 tomchi  $KJ$  eritmasidan qo'shilsa,  $AgJ$  ning sariq cho'kmasi hosil bo'ladi:



$Hg_2Cl_2$  oq tusli cho'kmadir. Ortiqcha  $HCl$  da kompleks hosil qilib biroz eriydi. U  $AgCl$  dan farq qilib,  $NH_4OH$  ta'sirida erimaydi, balki qorayadi. Bunda avval bir valentli simobning kompleks birikmasi hosil bo'ladi:



$[NH_2Hg_2]Cl$  birikma o'z tarkibiga ko'ra, ikkita vodorod atomi o'rnini ikkita bir valentli simob atomi olgan  $NH_4Cl$  ga to'g'ri keladi. U beqaror bo'lib, hosil bo'lishi bilan parchalanib ketadi:



Cho'kma  $PbCl_2$  oq tusli bo'lib, ortiqcha miqdordagi  $NCl$  va ishqoriy metall xloridlarida, shuningdek, issiq suvda yaxshi eriydi. Uning shu xususiyatidan foydalanib  $PbCl_2$  ni  $AgCl$  va  $Hg_2Cl_2$  dan ajratiladi.

V guruh kationlari uchun xos xususiy reaksiyalar 8-jadvalda berilgan.

## V analitik guruh kationlari uchun xos xususiy reaksiyalar

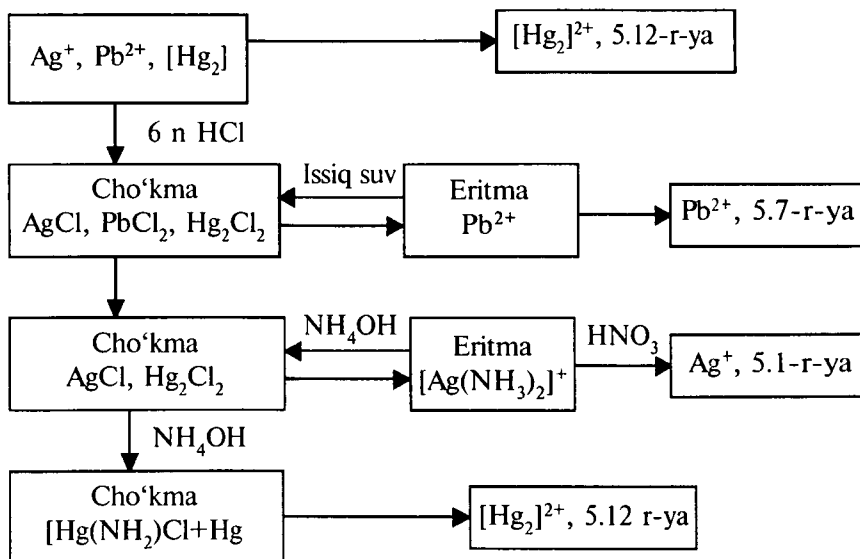
T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Ilova
5.1	Ag <sup>+</sup>	HCl	$Ag^+ ionlarining analitik reaksiyalari$ $AgNO_3 + HCl = \downarrow AgCl + HNO_3$ $Ag^+ + NO_3^- + H^+ + Cl^- = \downarrow AgCl + H^+ + NO_3^-$ $Ag^+ + Cl^- = \downarrow AgCl$	Oq cho'kma, ortiqcha ammiakda eriydi
5.2	Ag <sup>+</sup>	KJ	$AgNO_3 + KJ = \downarrow AgJ + KNO_3$ $Ag^+ + NO_3^- + K^+ + J^- = \downarrow AgJ + K^+ + NO_3^-$ $Ag^+ + J^- = \downarrow AgJ$ $AgJ + Na_2S_2O_3 = Na [AgS_2O_3] + NaJ$ $AgJ + 2Na^+ + S_2O_3^{2-} = Na^+ + [AgS_2O_3]^- + Na^+ + J^-$	Sariq cho'kma, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> da eriydi
5.3	Ag <sup>+</sup>	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$2AgNO_3 + K_2CrO_4 = \downarrow Ag_2CrO_4 + 2KNO_3$ $2Ag^+ + 2NO_3^- + 2K^{2+} + CrO_4^{2-} = \downarrow Ag_2CrO_4 + 2K^+ + 2NO_3^-$ $2Ag^+ + CrO_4^{2-} = \downarrow Ag_2CrO_4$	pH=7 g'isht rangli cho'kma, ammiakda va nitrat kislotada eriydi
5.4	Ag <sup>+</sup>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	$3AgNO_3 + Na_2HPO_4 = \downarrow Ag_3PO_4 + 2NaNO_3 + HNO_3$ $3Ag^+ + HPO_4^{2-} = \downarrow Ag_3PO_4 + H^+$	Sariq cho'kma, ammiakda va nitrat kislotada eriydi
5.5	Pb <sup>2+</sup>	HCl	$Pb^{2+} ionlarining analitik reaksiyalari$ $Pb(NO_3)_2 + 2HCl = \downarrow PbCl_2 + 2HNO_3$ $Pb^{2+} + 2NO_3^- + 2H^+ + 2Cl^- = \downarrow PbCl_2 + 2H^+ + 2NO_3^-$ $Pb^{2+} + 2Cl^- = \downarrow PbCl_2$	Oq cho'kma, issiq suvda eriydi
5.6	Pb <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 = \downarrow PbSO_4 + 2HNO_3$ $Pb^{2+} + 2NO_3^- + 2H^+ + SO_4^{2-} = \downarrow PbSO_4 + 2H^+ + 2NO_3^-$ $Pb^{2+} + SO_4^{2-} = \downarrow PbSO_4$	Oq cho'kma

5.7	$Pb^{2+}$	$K_2Cr_2O_7$	$2Pb(NO_3)_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2O = \downarrow 2PbCrO_4 + 2KNO_3 + 2HNO_3$ $2Pb^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H_2O = \downarrow 2PbCrO_4 + 2H^+$	Sariq cho'kma, ishqorlarda eriydi
5.8	$[Hg_2]^{2+}$	HCl	<i>[Hg<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> ionlarning analitik reaksiyalari</i> $Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = \downarrow Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$ $[Hg_2]^{2+} + 2NO_3^- + 2H^+ + 2Cl^- = \downarrow Hg_2Cl_2 + 2H^+ + 2NO_3^-$ $[Hg_2]^{2+} + 2Cl^- = \downarrow Hg_2Cl_2$	Oq cho'kma
5.9	$[Hg_2]^{2+}$	$K_2CrO_4$	$Hg_2(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = \downarrow Hg_2CrO_4 + 2KNO_3$ $[Hg_2]^{2+} + 2NO_3^- + 2K^+ + CrO_4^{2-} = \downarrow Hg_2CrO_4 + 2K^+ + 2NO_3^-$ $[Hg_2]^{2+} + CrO_4^{2-} = \downarrow Hg_2CrO_4$	Qizil cho'kma
5.10	$[Hg_2]^{2+}$	KJ	$Hg_2(NO_3)_2 + 2KJ = \downarrow Hg_2J_2 + 2KNO_3$ $[Hg_2]^{2+} + 2NO_3^- + 2K^+ + 2J^- = \downarrow Hg_2J_2 + 2K^+ + 2NO_3^-$ $[Hg_2]^{2+} + 2J^- = \downarrow Hg_2J_2$	Yashil cho'kma
5.11	$[Hg_2]^{2+}$	NaOH (KOH)	$Hg_2(NO_3)_2 + 2NaOH = \downarrow Hg_2O + 2NaNO_3 + H_2O$ $[Hg_2]^{2+} + 2OH^- = \downarrow Hg_2O + H_2O$	Qora cho'kma
5.12	$[Hg_2]^{2+}$	Cu	$Hg_2(NO_3)_2 + Cu = \downarrow 2Hg + Cu(NO_3)_2$ $[Hg_2]^{2+} + 2NO_3^- + Cu = \downarrow 2Hg + Cu^{2+} + 2NO_3^-$ $[Hg_2]^{2+} + Cu = \downarrow 2Hg + Cu^{2+}$	Kulrang dog'

### 3.14. Beshinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analizi

Beshinchi analitik guruh kationlari guruh reagenti bo'lgan 6 n. li HCl yordamida xloridlar holida cho'ktiriladi. Olingan cho'kma quyidagi keltirilgan sxema bo'yicha analiz qilinadi.

#### Beshinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analiz sxemasi



### 3.15. Anionlarning umumiy tavsifi

Manfiy zaryadlangan ionlar **anionlar** deb ataladi. Masalan,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  va hokazo. Kationlar, asosan, bitta atomdan tashkil topgan bo'lsa, anionlar murakkab tarkibli ionlardir, ya'ni ular bir yoki bir nechta atomlardan tarkib topgan. Masalan,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Anionlar kationlardan farq qilib, ko'pincha bir-birining topilishiga xalal

bermaydi. Shuning uchun anionlar eritmani bo‘lib-bo‘lib tekshirish usuli yordamida, ya’ni tekshirilayotgan eritmaning ayrim ulushlaridan topiladi. Anionlar aralashmasini analiz qilishda guruh reagentlari odatda guruhlarni bir-biridan ajratish uchun emas, balki guruhlarning bor-yo‘qligini aniqlab olish uchun qo‘llaniladi. Agar biror guruh anionlarining yo‘qligi aniqlansa, shu guruhga kiradigan ayrim anionlarni topish uchun reaksiya o‘tkazilmaydi. Shunday qilib, anionlar guruhini topish reaksiyalari umumiy analizni ancha osonlashtiradi. Yuqorida anionlarning ko‘pchilik reaksiyalari bilan tanishilgan edi. Masalan,  $Ba^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  kationlari  $SO_4^{2-}$  va  $CrO_4^{2-}$  anionlari yordamida topilgan edi. Aksincha, bu anionlarni bariy va qo‘rg‘oshin tuzlari yordamida topish mumkin. Shunga o‘xshash  $Ag^+$  ionining reagenti  $Cl^-$  ionini bo‘lgani holda  $Cl^-$  ionini  $Ag^+$  yordamida topish mumkin.

**Anionlar klassifikatsiyasi.** Anionlar klassifikatsiyasi, asosan, anionlarning bariy va kumushli tuzlari eruvchanliklarining bir-biridan farq qilishiga asoslangan. Anionlarning ko‘pchiligi bo‘lib-bo‘lib analiz qilish usulida ochiladi. Eng ko‘p tarqalgan klassifikatsiyaga ko‘ra anionlar uch guruhga bo‘linadi.

1-analitik guruh anionlar:  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $A_5O_4^{3-}$ ,  $BO_2^-$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $SiO_3^{2-}$ ,  $C_2O_4^{2-}$ . Bu anionlarning bariyli tuzlari suvda qiyin eriydi. Guruh reaktivi – neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda  $BaCl_2$ .

2-analitik guruh anionlari:  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $SCN^-$ ,  $[Fe(CN)_6]^{4-}$ ,  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ ,  $CN^-$ ,  $BrO_3^-$ ,  $JO_3^-$ ,  $ClO_3^-$ . Bu anionlarning kumushli tuzlari suvda va suyultirilgan nitrat kislotada qiyin eriydi. Guruh reagenti – 2 n li  $HNO_3$  ishtirokida  $AgNO_3$ .

3-analitik guruh anionlari:  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $CH_3COO^-$ ,  $MnO_4^-$  va boshqalar. Bu anionlarning bariyli va kumushli tuzlari suvda juda yaxshi eriydi. Guruh reagentga ega emas.

Anionlarga tegishli bo‘lgan xususiy reaksiyalar 9-, 10-, 11- jadvallarda berilgan.



## I - analitik guruh anionlariga xos xususiy reaksiyalar

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Ilova
1	2	3	4	5
6.1	$SO_4^{2-}$	$Pb(NO_3)_2$	<p><i>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $Na_2SO_4 + Pb(NO_3)_2 = \downarrow PbSO_4 + 2NaNO_3$ $2Na^+ + SO_4^{2-} + Pb^{2+} + 2NO_3^- = \downarrow PbSO_4 + 2Na^+ + 2NO_3^-$ $SO_4^{2-} + Pb^{2+} = \downarrow PbSO_4$	Oq cho'kma, ishqorlarda eriydi
6.2	$SO_4^{2-}$	$SrCl_2$	$Na_2SO_4 + SrCl_2 = \downarrow SrSO_4 + 2NaCl$ $2Na^+ + SO_4^{2-} + Sr^{2+} + 2Cl^- = \downarrow SrSO_4 + 2Na^+ + 2Cl^-$ $SO_4^{2-} + Sr^{2+} = \downarrow SrSO_4$	Oq cho'kma (loyqa)
6.3	$SO_4^{2-}$	$BaCl_2$	$Na_2SO_4 + BaCl_2 = \downarrow BaSO_4 + 2NaCl$ $2Na^+ + SO_4^{2-} + Ba^{2+} + 2Cl^- = \downarrow BaSO_4 + 2Na^+ + 2Cl^-$ $SO_4^{2-} + Ba^{2+} = \downarrow BaSO_4$	Oq cho'kma, kislotalarda erimaydi
6.4	$SO_3^{2-}$	$HCl$	<p><i>SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2\uparrow + H_2O$ $2Na^+ + SO_3^{2-} + 2H^+ + 2Cl^- = 2Na^+ + 2Cl^- + SO_2\uparrow + H_2O$ $SO_3^{2-} + 2H^+ = SO_2\uparrow + H_2O$	Gaz holdagi SO <sub>2</sub> ajraladi
6.5	$SO_3^{2-}$	$J_2 + H_2O$	$Na_2SO_3 + J_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HJ$ $2Na^+ + SO_3^{2-} + J_2 + H_2O = 2Na^+ + SO_4^{2-} + 2H^+ + 2J^-$ $SO_3^{2-} + J_2 + H_2O = SO_4^{2-} + 2H^+ + 2J^-$	Yodli suv eritmasi rangsizlanadi

1	2	3	4	5
6.6	$\text{SO}_3^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 = \downarrow \text{BaSO}_3 + 2\text{NaCl}$ $2\text{Na}^+ + \text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \downarrow \text{BaSO}_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$ $\text{SO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \downarrow \text{BaSO}_3$	Oq cho'kma, kislotalarda eriydi
6.7	$\text{SO}_3^{2-}$	HCl	<i>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaCl}$ $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \downarrow \text{S} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_2$ ajraladi, S cho'kмага tushadi
6.8	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\text{J}_2$	$2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{J}_2 = 2\text{NaJ} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ $4\text{Na}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{J}_2 = 2\text{Na}^+ + 2\text{J}^- + 2\text{Na}^+ + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{J}_2 = 2\text{J}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	$\text{J}_2$ eritmasi rangsizlanadi
6.9	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{AgNO}_3 = \downarrow \text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{NaNO}_3$ $2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{Ag}^+ + 2\text{NO}_3^- = \downarrow \text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{NO}_3^-$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{Ag}^+ = \downarrow \text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	Oq rangli cho'kma, cho'kma tez sarg'ayib, qo'ng'ir tusga kiradi va $\text{Ag}_2\text{S}$ hosil bo'ladi. $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ortiqcha $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ da erib kompleks birikma hosil qiladi
6.10	$\text{CO}_3^{2-}$	HCl	<i><math>\text{CO}_3^{2-}</math> ionlarining analitik reaksiyalari</i> $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$ ajraladi
6.11	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 = \downarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$ $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \downarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^-$ $\text{CO}_3^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \downarrow \text{BaCO}_3$	Oq cho'kma, sirka kislotalarda eriydi

1	2	3	4	5
6.12	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{AgNO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{AgNO}_3 = \downarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaNO}_3$ $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{Ag}^+ + 2\text{NO}_3^- = \downarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3$ $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{Ag}^+ = \downarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3$	Oq cho'kma, kislotalarda eriydi. HCl da erib, AgCl hosil bo'ladi
6.13	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$	<p><i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} = \downarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 + 2\text{NaCl} + 2\text{HCl}$ $\text{HPO}_4^{2-} + \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ = \downarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 + \text{H}^+$	Oq kristall cho'kma
6.14	$\text{PO}_4^{3-}$	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	$\text{Na}_3\text{PO}_4 + 12(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + 24\text{HNO}_3 =$ $= \downarrow (\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}] + 12\text{H}_2\text{O} +$ $+ 21\text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{NaNO}_3$ $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{NH}_4^+ + 12\text{MoO}_4^{2-} + 24\text{H}^+ =$ $= \downarrow (\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}] + 12\text{H}_2\text{O}$ <p>12-molibdofosfat generopolitkislolaning ammoniyli tuzi</p>	Sariq kristall cho'kma
6.15	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{BaCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH}$	$2\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 3\text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} = \downarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 +$ $+ 4\text{NaCl} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{HPO}_4^{2-} + 3\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- = \downarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	Oq cho'kma, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan boshqa kislotalarda eriydi
6.16	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	$\text{AgNO}_3$	<p><i>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> va B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 2\text{AgNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow 2\text{AgBO}_2 + 2\text{NaNO}_3 +$ $+ 2\text{H}_3\text{BO}_3$ $\text{B}_4\text{O}_7^{2-} + 2\text{Ag}^+ + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow 2\text{AgBO}_2 + 2\text{H}_3\text{BO}_3$	Oq cho'kma, HNO <sub>3</sub> va NH <sub>4</sub> OH da eriydi
6.17	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	$\text{BaCl}_2$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{BaCl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Ba}(\text{BO}_2)_2 + 2\text{NaCl} +$ $+ 2\text{H}_3\text{BO}_3$ $\text{B}_4\text{O}_7^{2-} + \text{Ba}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O} = \downarrow \text{Ba}(\text{BO}_2)_2 + 2\text{H}_3\text{BO}_3$	Oq cho'kma, kislotalarda eriydi

1	2	3	4	5
6.18	$C_2O_4^{2-}$	$CaCl_2$	$C_2O_4^{2-}$ ionlarning analitik reaksiyalari $Na_2C_2O_4 + CaCl_2 = \downarrow CaC_2O_4 + 2NaCl$ $2Na^+ + C_2O_4^{2-} + Ca^{2+} + 2Cl^- = \downarrow CaC_2O_4 + 2Na^+ + 2Cl^-$ $C_2O_4^{2-} + Ca^{2+} = \downarrow CaC_2O_4$	Oq cho'kma, mineral kislotalarda eriydi, lekin sirka kislotada erimaydi
6.19	$C_2O_4^{2-}$	$BaCl_2$	$Na_2C_2O_4 + BaCl_2 = \downarrow BaC_2O_4 + 2NaCl$ $2Na^+ + C_2O_4^{2-} + Ba^{2+} + 2Cl^- = \downarrow BaC_2O_4 + 2Na^+ + 2Cl^-$ $C_2O_4^{2-} + Ba^{2+} = \downarrow BaC_2O_4$	Oq cho'ma, mineral kislotalarda va qaynatganda sirka kislotada eriydi
6.20	$C_2O_4^{2-}$	$AgNO_3$	$Na_2C_2O_4 + 2AgNO_3 = \downarrow Ag_2C_2O_4 + 2NaNO_3$ $2Na^+ + C_2O_4^{2-} + 2Ag^+ + 2NO_3^- = \downarrow Ag_2C_2O_4 + 2Na^+ + 2NO_3^-$ $C_2O_4^{2-} + 2Ag^+ = \downarrow Ag_2C_2O_4$	Oq, iyoq cho'kma $HNO_3$ va $NH_4NO_3$ da eriydi
6.21	$C_2O_4^{2-}$	$KMnO_4$ , $H_2SO_4$	$5Na_2C_2O_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 =$ $2MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 5Na_2SO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$ $5C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ = 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$	Eritma rangsizlanadi

## Ikkinchi analitik guruh anionlariga xos bo'lgan xususiy reaksiyalar

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Ilova
1	2	3	4	5
7.1	Cl <sup>-</sup>		<p><i>Cl<sup>-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \downarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$ $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^- = \downarrow \text{AgCl} + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^-$ $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \downarrow \text{AgCl}$	Oq suzmasimon cho'kma, NH <sub>4</sub> OH, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> larda eriydi
7.2	Cl <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow$ $\text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCl}\uparrow$	Quruq holatdagi xloridlardan HCl gaz holida ajraladi, hidli, ko'k lakmus qizaradi
7.3	Cl <sup>-</sup>	KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$10\text{HCl} + \text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 =$ $= 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{Cl}_2\uparrow$ $10\text{HCl}^- + \text{KMnO}_4^- + 6\text{H}^+ =$ $= 2\text{Mn}^{2+} + 84\text{H}_2\text{O} + 5\text{Cl}_2\uparrow$	Eritma rangsizlanadi
7.4	Br <sup>-</sup>	AgNO <sub>3</sub> Zn	<p><i>Br<sup>-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $\text{NaBr} + \text{AgNO}_3 = \downarrow \text{AgBr} + \text{NaNO}_3$ $\text{Na}^+ + \text{Br}^- + \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^- = \downarrow \text{AgBr} + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^-$ $\text{Br}^- + \text{Ag}^+ = \downarrow \text{AgBr}$ $2\text{AgBr} + \text{Zn} = \text{ZnBr}_2 + \downarrow 2\text{Ag}$	Oq cho'kma, AgBr cho'kmaga Zn bo'lakchasi qo'shganda yaltiroq Ag ni qaytaradi
7.5	Br <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> konsen- tirlangan	$\text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{KHSO}_4 + \text{HBr}\uparrow$ $\text{K}^+ + \text{Br}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{KHSO}_4 + \text{HBr}\uparrow$	Quruq bromidlarga H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ta'sir ettirilganda HBr gazi ajralib chiqadi

1	2	3	4	5
7.6	$J^-$	$AgNO_3$	<p><i>J<sup>-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $KJ + AgNO_3 = AgJ + KNO_3$ $K^+ + J^- + Ag^+ + NO_3^- = \downarrow AgJ + K^+ + NO_3^-$ $J^- + Ag^+ = \downarrow AgJ$	Sariq cho'kma, $HNO_3$ va ammiakda eriydi
7.7	$J^-$	$Pb(NO_3)_2$	$2KJ + Pb(NO_3)_2 = \downarrow PbJ_2 + 2KNO_3$ $2K^+ + 2J^- + Pb^{2+} + 2NO_3^- = \downarrow PbJ_2 + 2K^+ + 2NO_3^-$ $2J^- + Pb^{2+} = \downarrow PbJ_2$	Tillarang kristall cho'kma
7.8	$[Fe(CN)_6]^{4-}$	$CuCl_2$	<p><i>SCN<sup>-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $2CuCl_2 + K_4[Fe(CN)_6] = \downarrow Cu_2[Fe(CN)_6] + 4KCl$ $2Cu^{2+} + [Fe(CN)_6]^{4-} = \downarrow Cu_2[Fe(CN)_6]$	Qizil-qo'ng'ir cho'kma
7.9	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$AgNO_3$	<p><i>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup> ionlarining analitik reaksiyalari</i></p> $3AgNO_3 + K_3[Fe(CN)_6] = \downarrow Ag_3[Fe(CN)_6] + 3KNO_3$ $3Ag^+ + [Fe(CN)_6]^{3-} = \downarrow Ag_3[Fe(CN)_6]$	To'q sariq cho'kma, $NH_3$ da eriydi
7.10	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$ZnCl_2$	$2K_3[Fe(CN)_6] + 3ZnCl_2 = \downarrow Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$ $2[Fe(CN)_6]^{3-} + 3Zn^{2+} = \downarrow Zn_3[Fe(CN)_6]_2$	Sariq cho'kma
7.11	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$FeCl_2$	$2K_3[Fe(CN)_6] + 3FeCl_2 = \downarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$ $2[Fe(CN)_6]^{3-} + 3Fe^{2+} = \downarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	$pH \leq 7$ , ko'k tusli trunbul ko'ki cho'kmasi

## Uchinchi analitik guruh anionlari uchun xos bo'lgan xususiy reaksiyalar

T/r	Ion	Reagent	Reaksiyaning molekular va ionli tenglamasi	Ilova
8.1	CH <sub>3</sub> COO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$CH_3COO^- \text{ ionlarining analitik reaksiyalari}$ $2CH_3COONa + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2CH_3COOH \uparrow$ $CH_3COO^- + 2H^+ \rightarrow 2CH_3COOH \uparrow$	Eritma qizdirilganda CH <sub>3</sub> COOH ajralib chiqadi, uni hididan bilish mumkin
8.2	CH <sub>3</sub> COO	FeCl <sub>3</sub>	$CH_3COONa + FeCl_3 = Fe(CH_3COO)_3 + 3NaCl$ $Fe(CH_3COO)_3 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2(CH_3COO) + 2CH_3COOH$	Qizil-qo'ng'irrang hosil bo'ladi, isitilsa asosli tuz cho'kmaga tushadi
8.3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Al yoki Zn NaOH (KOH)	$NO_3^- \text{ ionlarining analitik reaksiyalari}$ $NaNO_3 + NaOH + Al = 8NaAlO_2 + 3NH_3 \uparrow + 2H_2O$ $3NO_3^- + 5OH^- + 8Al = 8AlO_2^- + 3NH_3 + 2H_2O$	NH <sub>3</sub> ajralib chiqadi, hididan yoki lakmus qog'ozning ko'karishidan bilish mumkin
8.4	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cu+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$2HNO_3 + 3Cu + 3H_2SO_4 = 2NO \uparrow + 3CuSO_4 + 4H_2O + 2NO + O_2 = 2NO_2$ $2NO_3^- + 3Cu + 6H^+ = 2NO \uparrow + 3Cu^{2+} + 4H_2O$	Ajralib chiqqan NO havoda oksidlanib qo'ng'irrangli NO <sub>2</sub> ni hosil qiladi
8.5	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$NO_2^- \text{ ionlarining analitik reaksiyalari}$ $2KNO_2 + H_2SO_4 = NO_2 \uparrow + NO \uparrow + K_2SO_4 + H_2O$ $2NO_2^- + 2H^+ = NO_2 \uparrow + NO \uparrow + H_2O$	Qo'ng'irrangli NO <sub>2</sub> ajralib chiqadi

**Tayanch iboralar:** cho'ktirish; eruvchanlik ko'paytmasi; eruvchanlik; tuz effekti; oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari; asosiy oksidlovchi va qaytaruvchilar; normal oksidlanish-qaytarilish potentsiali; Nernst tenglamasi; oksidlanish-qaytarilish potentsialiga ta'sir qiluvchi omillar; real potentsial; formal potentsial; oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridan foydalanish.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Eruvchanlik, eruvchanlik ko'paytmasi nima? Unga qanday omillar ta'sir qiladi?
2. Cho'kmalarni hosil bo'lish shartlari qanday? To'la cho'kishga qanday omillar ta'sir qiladi?
3. Tuz effekti nima?
4. Ichki kompleks birikmalar qanday birikmalar?
5. Kompleks birikmalardan analitik kimyoda qanday foydalaniladi?
6. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari haqida tushuncha bering.
7. Nernst tenglamasida nima ifodalangan?
8. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
9. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridan analitik kimyoda foydalanish haqida bayon eting.
10. III analitik guruh kationlariga umumiy tavsif bering. Ularga guruh reagenti qanday ta'sir qiladi?
11.  $Al^{3+}$  va  $Mn^{2+}$  ionlariga  $(NH_4)_2S$  ta'sir ettirilganda qaysi ion cho'kmaga tushadi? Sababini tushuntiring.
12.  $Al^{3+}$  va  $Zn^{2+}$  ionlariga  $Na_2CO_3$  va  $CH_3COONa$  larning suvli muhitda o'zaro ta'sir reaksiyasi tenglamasini yozing.
13. IV analitik guruh kationlariga umumiy tavsif bering, ularga guruh reagenti qanday ta'sir qiladi?
14. V analitik guruh kationlariga umumiy tavsif bering, ularni guruh reagenti ta'sirida sistemali analiz qilib izoh bering.
15. Anionlar guruhlariga qanday taqsimlanadi?
16.  $SnCO_3$  ning suvda eruvchanligi 0,007800 g/l ga teng, uning EK qiymatini hisoblang.



17.  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  ning suvda eruvchanlik ko'paytmasi  $2,0 \cdot 10^{-10}$  ga teng, uning to'yingan eritmasidagi  $\text{Fe}^{2+}$  va  $\text{OH}^-$  ionlari konsentratsiyasini hisoblang.
18.  $\text{AgCl}$  ning EK qiymati  $1,1 \cdot 10^{-10}$ , uning eruvchanligini g/l va mol/l da hisoblang.
19.  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ning 0,01000 n eritmasiga teng hajmda: a)  $\text{KCl}$  ning 0,02000 n eritmasidan; b)  $\text{KCl}$  ning 0,3000 n eritmasidan qo'shilganda cho'kma tushish yoki tushmasligini isbotlang.
20. Agar  $\text{NaCl}$  bilan  $\text{NaI}$  0,2000 M li eritmalari aralashmasiga asta-sekin  $\text{AgNO}_3$  eritmasi qo'shilsa, avval qaysi modda cho'kmaga tushadi? ( $EK_{\text{AgCl}} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ,  $EK_{\text{AgI}} = 1,0 \cdot 10^{-16}$ .)
21. Agar bir xil konsentratsiyali  $\text{Ba}^{2+}$  va  $\text{Sr}^{2+}$  ionlari aralashmasiga asta-sekin  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qo'shilsa, avval qanday modda cho'kmaga tushadi? Nima uchun?
22. 50,0 ml 0,5000 m  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  va 0,005000 m  $\text{AgNO}_3$  eritmalari aralastirildi. Cho'kma hosil bo'ladimi? Javobingizni asoslang. ( $EK_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 8,8 \cdot 10^{-12}$ .)
23.  $\text{PbCl}_2$  ning EK qiymati  $2,4 \cdot 10^{-4}$  ga teng. Uning eruvchanligini g/l va mol/l da hisoblang.
24. 45,0 ml 0,0400 m  $\text{KCl}$  va 35 ml 0,0200 m  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  eritmalari aralastirildi. Cho'kma hosil bo'ladimi? Javobingizni asoslang.
25.  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ning eruvchanlik ko'paytmasi  $2 \cdot 10^{-9}$  ga teng. Uning eruvchanligini g/l va mol/l da hisoblang.
26.  $\text{AgI}$  ning eruvchanlik ko'paytmasi  $1,5 \cdot 10^{-16}$  ekanligini bilgan holda uning eruvchanligini g/l va mol/l da hisoblang.

#### 4- mavzu. MIQDORIY ANALIZ

Tekshirilayotgan modda tarkibini tashkil etgan element yoki ion (yoki komponent)lar miqdorini aniqlashga imkon beruvchi usullar to'plamiga *miqdoriy analiz usuli* deb ataladi.

Miqdoriy analiz usullari tajriba mashg'ulotlarini bajarishda ishlatiladigan asboblarga ko'ra quyidagilarga bo'linadi:

1. Gravimetrik (tortma) analiz.
2. Titrimetrik analiz.
3. Gaz analizi.
4. Fizik-kimyoviy (yoki instrumental) analiz.

Ushbu qo'llanmada gravimetrik, titrimetrik va fizik-kimyoviy analiz usullariga to'xtalib o'tamiz.

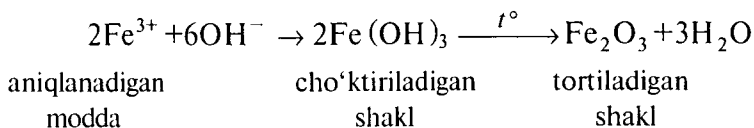
##### 4.1. Tortma (gravimetrik) analiz

Miqdoriy analizning aniqlanadigan modda miqdorini tekshiriladigan namuna massasini o'lchash bilan olib boriladigan aniqlash usuliga *gravimetrik analiz usuli* deb ataladi.

Gravimetrik analiz uch: ajratish, cho'ktirish, haydash usullariga bo'linadi.

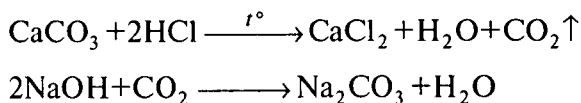
**Ajratish usulida** aniqlanayotgan modda aralashmadan ajratib tozalanadi va massasi analitik tarozida tortiladi. Masalan, temir bilan oltingugurt aralashmasidan temirning magnitga tortilish xususiyatidan foydalaniladi.

**Cho'ktirish usulida** aniqlanadigan modda kimyoviy reaksiya yordamida tarkibi aniq bo'lgan qiyin eriydigan birikma holida cho'ktiriladi. Bunda cho'kma qizdirilib tarkibi aniq bo'lgan boshqa moddaga aylantiriladi va shu moddaning massasi analitik tarozida tortilib modda miqdori aniqlanadi. Masalan:



**Haydash usulida** aniqlanadigan modda uchuvchan birikma holida haydaladi. Bunda aniqlanadigan modda qizdirish yoki boshqa modda (reaktiv) ta'sirida uchuvchan birikma hosil qiladigan holatga o'tkazish bilan ajratiladi. Haydash usullari to'g'ri va teskari bo'lishi mumkin.

To'g'ri haydash usulida aniqlanadigan modda biror o'ziga xos yutuvchiga yutiladi va yutuvchi massasining oshishiga qarab aniqlanadigan moddaning miqdori hisoblanadi:



Teskari haydash usulida aniqlanadigan modda to'liq parchalangandan keyin qolgan massasi o'lchanadi. Haydashdan oldingi va keyingi massalar farqi aniqlanadigan modda miqdorini hisoblash imkonini beradi.

## 4.2. Miqdoriy analizdagi xatolar

Miqdoriy analizdagi xatolar o'z xarakteriga ko'ra: sistematik xatolar; tasodifiy xatolar; qo'pol xatolarga bo'linadi.

**Sistematik xatolar** deb, kattaligi doimiy bo'lgan yoki ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradigan xatolarga aytiladi. Sistematik xatolarni oldindan e'tiborga olish va yo'qotish yoki tegishli tuzatishlar kiritish mumkin. Sistematik xatolarning quyidagi turlari mavjud.

**Uslubiy xatolar.** Bu xatolar qo'llanilayotgan analiz usuli xususiyatlariga bog'liq. Masalan, miqdoriy jihatdan reaksiyaning to'la bormasligi, cho'kmaning qisman erishi, cho'kma bilan birga qo'shimcha begona ionlarning cho'kishi, cho'kmaning parchalanishi, moddaning gigroskopikligi va hokazo.

*Ishlatilayotgan asbob va reaktivlarga bog'liq bo'lgan xatolar.* Tarozi yelkalarining teng emasligi, hajmi aniq o'lchovli idishlarning tekshirilmaganligi, tekshirilayotgan eritmaga begona qo'shimchalarning tushib qolishi va boshqalar.

*Individual xatolar.* Bu analitikaning xususiy xususiyatlariga bog'liq bo'lgan xatolardir. Masalan, eritma rangining o'zgarish paytini aniq seza bilmaslik, tarozi yoki buretka shkalasidan raqamni to'g'ri bilib olmaslik va hokazo.

*Tasodifiy xatolar.* Kelib chiqishi ma'lum bir qonuniyatga asoslanmay, kattaligi va ishorasi noma'lum bo'lgan xatolar *tasodifiy xatolar* deb aytiladi. Tasodifiy xatolar analitikaning o'ziga bog'liq bo'lmagan tashqi omillar ta'sirida (haroratning o'zgarishi, havo namligini o'zgarishi, havoning iflosligi, xonaning yetarli darajada yoritilmaganligi, binoning tebranishi va hokazolar) sodir bo'ladi. Sistematik xatolardan farqli ravishda tasodifiy xatolarni biror tuzatma kiritish yo'li bilan yo'qotib bo'lmaydi. Faqat parallel aniqlashlar olib borish bilan tasodifiy xatolarni kamaytirish mumkin.

*Qo'pol xatolar.* Bunday xatolar jumlasiga torozida noto'g'ri tortish, buretka shkalasi bo'yicha noto'g'ri hisoblashlar kiradi.

Miqdoriy aniqlashlarda yo'l qo'yilgan xatolarni quyidagicha ifodalash mumkin.

*Absolut xato.* Aniqlanayotgan kattalikning haqiqiy miqdori bilan olingan natija o'rtasidagi farqning absolut birliklarda ifodalanган qiymati *absolut xato* deyiladi. Masalan:  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tarkibida 14,75% kristallizatsiya suvi borligi aniqlangan, haqiqatda  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tarkibida 14,70% kristallangan suvi bor. Demak, bu yerda absolut xato ( $D$ ):

$$D = 14,70 - 14,75 = -0,05\%.$$

*Nisbiy xato.* Absolut xatoning aniqlanayotgan kattalikka nisbati *nisbiy xato* deyiladi va foizlarda ifodalanadi. U quyidaga teng:

$$D_0 = \frac{0,05}{14,75} \cdot 100 = 0,34\% .$$

## Gravimetrik analizning bajarilish tartibi

Ko'pchilik hollarda yuqorida aytib o'tilgan usullardan biri-cho'ktirish usulidan foydalaniladi. Moddalarning miqdorini tortma analizning cho'ktirish usuli bilan aniqlash quyidagi bosqichlardan iborat:

- analiz uchun namuna olish;
- olingan namunani eritish;
- cho'ktirish shaklini tanlash;
- cho'ktiruvchi modda (reagent)ni tanlash;
- cho'ktirish sharoitini tanlash;
- cho'kmani ajratish (filtrlash), yuvish;
- cho'kmani quritish va tortiladigan shaklga o'tkazish;
- analiz natijalarini hisoblash.

### Analiz uchun namuna olish.

Analiz uchun olingan modda miqdori *namuna* deyiladi. Olingan namuna miqdorini aniqlash usuli (makro-, yarimmikro-, mikroanaliz) cho'kmaning xususiyati va tuzilishiga (kristall, amorf) bog'liq.

Tajribalar natijasi shuni ko'rsatadiki, hosil bo'ladigan cho'kma kristall tuzilishli bo'lsa, massasi 0,5 g, amorf tuzilishli modda bo'lsa, 0,1–0,3 g atrofida bo'lishi kerak. Namunaning massasi cho'ktirish reaksiyasining tenglamasi asosida quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\text{kristall cho'kma uchun: } m_n = \frac{a \cdot M_A \cdot 0,5}{b \cdot M_B},$$

$$\text{amorf cho'kma uchun: } m_n = \frac{a \cdot M_A \cdot 0,1}{b \cdot M_B},$$

bu yerda:  $M_A$  – aniqlanadigan moddaning molekular massasi;  $M_B$  – tortiladigan shaklning molekular massasi;  $a$ ,  $b$  – reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsiyentlar.

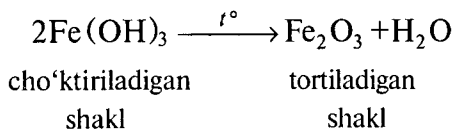
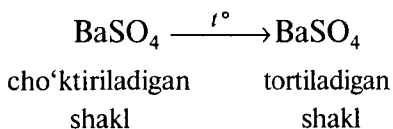
Namunaning massasi analitik tarozida 0,0001 g, to'rt xona ( $10^{-4}$ ) aniqlikda tortiladi.

### Olingan namunani eritish.

Namunani eritish uchun zarur bo'lgan tegishli erituvchi oldindan tanlanadi. Modda avval suvda eritiladi. Erimasa kislota yoki ishqorda, ba'zan kislota (ishqor) bilan oksidlovchi aralashmasini qizdirib eritiladi. Modda eritmaga o'tkazilgandan keyin aniqlash davom ettiriladi.

### Cho'ktiriladigan shaklini tanlash.

Cho'kmaning tortiladigan shakli uning kimyoviy formulasiga mos bo'lishi kerak. Chunki qizdirish vaqtida ko'pchilik cho'kmalar kimyoviy o'zgarishlarga uchraydi. Shuning uchun tortma analizda cho'ktiriladigan va tortiladigan shakl tushunchalari ishlatiladi. Tegishli cho'ktiruvchi (reaktiv) ta'sirida eritmadan cho'ktirilgan birikma cho'ktiriladigan shakl deyiladi. Analizning oxirgi natijasini olish uchun tarozida tortiladigan birikma esa tortiladigan shakl deyiladi. Masalan:



Cho'ktiriladigan shaklga qo'yiladigan talablar quyidagilar:

- aniq kimyoviy formulaga mos kelishi;
- kam eruvchan bo'lishi, ya'ni eruvchanlik ko'paytmasi  $1 \cdot 10^{-8}$  dan kichik bo'lishi;
- kristall tuzilishga ega bo'lishi;
- oson yuvilishi va filtrlanishi;
- tortiladigan shaklga oson va to'liq o'tishi kerak.

Tortiladigan shaklga qo'yilgan talablar:

– tortiladigan shaklning tarkibi (aniq biror) kimyoviy formulasi mos kelishi;

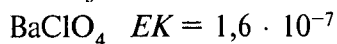
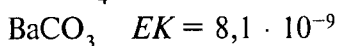
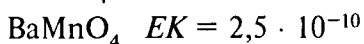
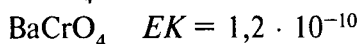
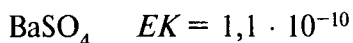
– tortiladigan shakl kimyoviy jihatdan barqaror bo'lishi, ya'ni  $O_2$ , havo, oksidlovchilar,  $CO_2$ , nam ta'sirida o'zgarmasligi;

– katta molekular massaga ega bo'lishi kerak.

### **Cho'ktiruvchi modda (reagent)ni tanlash.**

Cho'kma ko'rinishiga qo'yiladigan talablar cho'ktiruvchi moddani (reagentni) to'g'ri tanlashni talab qiladi. Masalan:  $Ba^{2+}$  ni bir necha xil qiyin eruvchan birikmalar ko'rinishida cho'ktirish mumkin. Qaysi bir cho'ktiruvchi aniqlanayotgan moddani to'la cho'kish imkonini bersa, ya'ni hosil bo'ladigan cho'kma eruvchanlik ko'paytmasining qiymati eng kichik bo'lsa, shu cho'ktiruvchidan foydalanish kerak.

Masalan,  $Ba^{2+}$  ionini cho'ktirish uchun cho'ktiruvchi modda tanlashda bariyning quyidagi kam eruvchi tuzlari eruvchanlik ko'paytmalarini solishtirish mumkin:



Bu yerda eruvchanlik ko'paytmasi eng kichigi  $BaSO_4$ . Shuning uchun  $Ba^{2+}$   $BaSO_4$  holida cho'ktirilishi kerak ekan. Demak, cho'ktiruvchi sifatida  $H_2SO_4$ ;  $Na_2SO_4$ ;  $K_2SO_4$ , ya'ni tarkibida  $SO_4^{2-}$  ion bo'lgan, suvda yaxshi eriydigan moddalardan foydalanish kerak.

Cho'ktiruvchiga qo'yiladigan asosiy talablar quyidagilar:

- kam eruvchan cho'kmani (birikma) tez va oson hosil qilishi;
- selektiv bo'lishi, ya'ni faqat shu aniqlanayotgan modda bilan cho'kma hosil qilib, boshqa ionlar bilan reaksiyaga kirishmasligi;

- oson haydalishi yoki ajralishi lozim. Shunga ko'ra sulfatlarni cho'ktirish uchun  $H_2SO_4$ , gidroksidlarni cho'ktirish uchun  $NH_4OH$ , xloridlarni cho'ktirish uchun  $HCl$ , karbonatlarni cho'ktirish uchun  $(NH_4)_2CO_3$  ni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi;

- zaharli bo'lmasligi;
  - ortiqcha miqdorda olinganda (kompleks hosil bo'lishi tufayli) cho'kmani eritmasligi, cho'ktiruvchining miqdori reaksiya tenglamasi bo'yicha hisoblanganda 1,5 marta ko'p olinishi kerak.
- Cho'ktiruvchi hajmi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$V_B = \frac{a \cdot M_A \cdot m_n \cdot 100 \cdot 1,5}{b \cdot M_B \cdot C \cdot \rho},$$

bu yerda:  $m_n$  – namunaning massasi, g;  $M_A$  – aniqlanadigan moddaning molekular massasi, g;  $M_B$  – cho'ktiruvchining molekular massasi, g;  $V_B$  – cho'ktiruvchi eritmasining hajmi,  $sm^3$  (ml);  $\rho$  – cho'ktiruvchi eritmasining zichligi,  $g/sm^3$  yoki  $g/ml$ ;  $C$  – cho'ktiruvchi eritmasining foiz konsentratsiyasi;  $a, b$  – reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsiyentlar.

### **Cho'ktirish sharoitini tanlash.**

To'la cho'ktirishga ta'sir qiluvchi omillar:

- eritmaning pH,  $[H^+]$ ,  $[OH^-]$ ;
- harorat;
- begona ionlarning bor yoki yo'qligi.

Sharoitga qarab: kristall yoki amorf cho'kma hosil qilish mumkin.

Kristall cho'kmani cho'ktirishning shart-sharoitlari:

- cho'ktirish suyultirilgan eritmalarda olib borilishi kerak, bunda yirik kristallar hosil bo'ladi;

- cho'ktiruvchi eritmani tomchilatib qo'shish va doimo aralashtirib turish kerak, aks holda mayda kristallar hosil bo'ladi;

- cho'ktirish issiq eritmalarda olib borilishi shart. Qizdirilganda mayda kristallar eriydi va yirik kristallar hosil bo'lishi osonlashadi.



Kristall cho'kmalar eritmadan oson ajratiladi (filtrlanadi), yuviladi va juda toza bo'ladi.

Amorf cho'kmalarni cho'ktirish shart-sharoitlari:

– cho'ktirishda aniqlanayotgan modda cho'ktiruvchining qaynoq eritmasi yordamida cho'ktiriladi;

– cho'ktiruvchi eritmasidan tez-tez qo'shib eritma doimo aralashtirib turiladi. Bunda hajmi katta amorf tuzilishli cho'kma hosil bo'ladi;

– cho'ktirish koagulatorlar ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ..., kislotalar ...) ishtirokida olib boriladi, bunda cho'kma hosil bo'lishi tezlashadi.

– cho'ktirishda konsentrlangan eritmalar qo'llaniladi.

Amorf cho'kmalar cho'ktirish jarayonida hosil bo'lgan kolloid eritmaning koagullanishi (cho'kishi) natijasida hosil bo'ladi va cho'kma yana eritmaga o'tib ketishi mumkin. Bu jarayon *peptizatsiya* deb ataladi. Demak, kolloid eritmalarining koagullanishiga imkon berish kerak.

Kolloid eritmalarda bir xil elektr zaryadining va bu zaryadlar orasida elektrostatik itarish kuchlarining bo'lishi, kolloid zarrachalarning bir-biri bilan birikishiga to'sqinlik qiladi. Bu zaryadlar eritmadagi ionlarning zarrachalarga adsorbilanishi natijasida paydo bo'ladi va qarama-qarshi ishorali ionlarning adsorbilanishi natijasida neytrallanishi mumkin. Shu sababli kolloid eritmalariga biror elektrolit *koagulator* qo'shiladi. Koagulatorning qarama-qarshi zaryadlangan ionlari kolloid zarrachalar sirtiga adsorbsiyalanib, ularni zaryadsizlantiradi va o'zaro birikishiga imkon beradi. Koagulyatorning minimal konsentratsiyasi kolloid zarracha zaryadiga qarama-qarshi zaryadli ionning valentligi kamayishi bilan tez ortib boradi. Masalan, zarrachalari manfiy zaryadlangan  $\text{As}_2\text{S}_3$  zoli kationlarning adsorbilanishi bilan koagulyatsiyalanadi, unda  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  va  $\text{K}^+$  ionlarining koagullovdchi konsentratsiyalari 1:20:1000 nisbatda bo'ladi.

Kolloid sistemalar barqarorligining ikkinchi omili kolloid zarrachalarning solvatlanishi, ya'ni ular erituvchi molekularining adsorbilashidir. Hosil bo'lgan solvat qobiqlari kolloid zarra-

chalarning birikib cho‘kishiga to‘sqinlik qiladi. Solvatlanishga moyil bo‘lgan zollarning solvat qobig‘ini buzish uchun konsentratsiyasi ancha yuqori bo‘lgan elektrolitlardan foydalaniladi. Konsentratsiyasi yuqori bo‘lgan elektrolit ionlari solvatlanib kolloid zarrachalardan erituvchining molekularini tortib oladi va ularni zaryadsizlantiradi, natijada zol koagullanadi. Bu jarayon *tuzlanish* deyiladi.

Elektrolitlar qo‘shishdan tashqari, eritma haroratini ko‘tarish ham koagullanishga imkon beradi. Haroratning ko‘tarilishi zarrachalarni zaryadlovchi ionlarning adsorbilanishini kamaytiradi va solvat qobiqlarining buzilishiga olib keladi.

Demak, kolloid sistemalarning hosil bo‘lishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun amorf cho‘kmalarni qaynoq eritmadan biror elektrolit koagulator ishtirokida cho‘ktirish lozim ekan.

Ayni sharoitda ishlatilayotgan reaktiv bilan cho‘kma bermaydigan begona moddalarning cho‘ktirilayotgan birikma bilan birga cho‘kmaga tushishi, *birgalashib cho‘kish* deyiladi.

Birgalashib cho‘kish tortma analizda ham salbiy, ham ijobiy ahamiyatga ega. Avvalo u tortma analizda xatoning asosiy manbalaridan biri hisoblanadi, chunki tarkibida begona aralashmalar bo‘lgan cho‘kma (tortiladigan shakl) toza bo‘lmaydi va aniq formulaga javob bermaydi. Tortiladigan moddaning formulasini aniq bilmay turib, uning tarkibidagi elementning miqdorini to‘g‘ri hisoblash mumkin emas.

Lekin birga cho‘kishning ijobiy ahamiyatini analitik amaliyotda kuzatish mumkin. Agar aniqlanayotgan komponentning eritmadagi konsentratsiyasi juda kam bo‘lib, uni cho‘ktirish qiyin bo‘lsa, uni o‘zi bilan birga cho‘kmaga olib tushuvchi modda — *kollektor* yordamida cho‘ktirish mumkin.

Mikrokomponentlarni kollektor bilan birga cho‘ktirish usulidan tarqoq va siyrak elementlarni o‘rganishda foydalaniladi.

Analitik kimyo nuqtayi nazaridan cho‘kma bilan cho‘kkan qo‘shimchalar cho‘kma zarrachalarining sirtida (sirtqi adsorbsiya) yoki ichida (okkluziya) joylashishi mumkin.

Qattiq faza (cho'kma) sirtida ionlarning yutilishi *adsorbsiya* deyiladi. Adsorbsiya hamma cho'kmalar uchun, ayniqsa, sirti katta bo'lgan amorf cho'kmalar uchun xos jarayondir.

Cho'kma sirtiga kristall panjarada bo'lgan eritmadagi ortiqcha ionlar (moddalar) adsorbilanadi. Adsorbilangan moddalar yoki ionlarni cho'kmani yuvib yo'qotish mumkin.

*Okkluziyada*, sirtqi adsorbsiyadan farqli ravishda, cho'kma bilan birga cho'kkan begona qo'shimchalar cho'kma zarrachalarining sirtida emas, balki ichida joylashgan bo'ladi. Shuning uchun okkluziyalangan qo'shimchalarni cho'kmani yuvish bilan yo'qotib bo'lmaydi. Ularni eritmaga o'tkazish uchun cho'kmaning hammasini eritish zarur.

Okkluziyaning oldini olish maqsadida quyidagilarga e'tibor berish kerak: begona kationlarning ichki adsorbsiyalanishini kamaytirish uchun cho'ktirishni cho'kmaning kristallari tarkibida – cho'kma kationlari ortiqcha miqdorda bo'lgan eritmada va aksincha, begona anionlar okkluziyalanmagan cho'kma olish uchun esa cho'ktirishni tarkibida cho'ktirilayotgan birikmaning anionlari ortiqcha miqdorda bo'lgan muhitda olib borish kerak.

Birgalashib cho'kishda izomorf hodisani ham kuzatish mumkin. Cho'kish jarayonida birgalikda kristall panjara hosil qilib kristallanishi mumkin bo'lgan moddalar *izomorf moddalar* deb ataladi. Bu vaqtda aralash kristallar hosil bo'ladi. Bunday moddalar (achchiq toshlar) bir xil shakldagi kristallar hosil qiladi. *Izomorf* so'zi bir xil shakl degan ma'noni bildiradi.

Izomorfizm hodisasini birinchi marta (1924) V.G.Xlopin va keyinroq (1926) O.Xan o'rganishgan. Xlopin qoidasi: aralash kristallar hosil bo'lishida birga cho'kkan qo'shimchaning miqdori eritmadagi qo'shimcha cho'ktiriladigan ionning nisbiy konsentratsiyasiga bog'liq.

### **Cho'kmani filtrlash va yuvish.**

Eritmadan ajratish uchun, turiga qarab, cho'kma filtrlanadi. Filtrlar tayyorlangan materialiga (kulli, kulsiz), zichligiga va

o'lchamiga ko'ra har xil bo'ladi. Zichligi katta filtrlar, mayda zarrachali cho'kmalarni filtrlashda ishlatiladi (va aksincha). Cho'kmani ajratish (filtrlash) ga bosim, eritmaning yopishqoqligi (harorat), filtrning sirti kabi omillar ta'sir qiladi.

Filtrlashda filtrning katta-kichikligi muhim ahamiyatga ega. Filtr filtrlanadigan suyuqlikning hajmiga qarab emas, balki cho'kmaning miqdoriga qarab tanlanadi. Cho'kma filtrga solinganda, uning yarmidan oshmasligi kerak, aks holda cho'kmani yaxshilab yuvib bo'lmaydi.

Voronka o'lchami shunday tanlanadiki, filtr voronka chekasidan 5–10 mm past bo'lsin.

Filtr to'rt buklanadi, to'rtidan bir qismi ochiladi va suv bilan ho'llab, 60° burchakli voronka devorlariga zich qilib yopishtiriladi.

Filtrlayotganda filtrning teshikchalari cho'kma zarrachalari bilan tez bekilib qolmasligi uchun, suyuqlik dastlab filtrga shisha tayoqcha bo'ylab, cho'kmani chayqatmasdan quyiladi. Shisha tayoqchani filtr qog'ozning uch qavatli joyining tepasida, o'rtada vertikal ushlab kerak. Tayoqchani pastki uchi filtrdagi suyuqlikka tegmasligi kerak. Tayoqcha yo stakanda, yo filtr tepasida turishi kerak. Tayoqcha stolga qo'yilmaydi.

Cho'kmadan undagi suyuqlikning ko'p qismi filtrga quyilib, stakan tubida cho'kma ozgina suyuqligi bilan qolganda, cho'kma *dekantatsiya yo'li* bilan yuviladi.

Cho'kmani yuvishdan maqsad, yuqorida qayd etilganidek, uning sirtiga adsorbsiyalangan begona qo'shimchalar va cho'kмага shimilgan asosiy eritmani yo'qotishdir.

Yuvuvchi suyuqliklar sifatida cho'ktiruvchining suyultirilgan eritmasi, elektrolit eritmasi, distillangan suvdan foydalaniladi. Buning uchun yuvgichdan suyuqlik oqimi shunday yo'naltiriladiki, u stakan devorlariga yopishgan cho'kma zarrachalarini yuvib tushirsin. Cho'kma chayqatib loyqalantiriladi va cho'kma stakan tubiga yig'ilishi uchun qoldiriladi. Tingan suyuqlik filtrga solinadi. Bu ish 3–4 marta takrorlanadi. Oxirida cho'kmani qolgan suyuqlik bilan chayqatib filtrga solinadi. Stakan tubida va

devorlarida qolgan choʻkma zarrachalari yuvgichdagi yuvuvchi suyuqlik oqimi bilan filtrga tushiriladi. Stakan va shisha tayoqchaga mustahkam yopishib tushmay qolgan choʻkma zarrachalarini kulsiz filtr boʻlakchasini suvda hoʻllab, artib olinadi. Filtr boʻlagi choʻkmali filtrga solinadi va stakan yana 2–3 marta yuviladi.

Choʻkma toʻla yuvilganligini tekshirish uchun, filtdan oʻtayotgan eritma (filtrat)dan olib tegishli ionga xos xususiy reaksiya oʻtkaziladi.

### **Choʻkmani quritish va tortiladigan shaklga oʻtkazish.**

Yuvilgan choʻkma quritish pechida 90–105°C atrofida maʼlum vaqt davomida quritiladi. Quritilgan kukunsimon modda massasi aniq boʻlgan biror idish (tigel)da qizdirish pechida (mufel pech) yuqori haroratda qizdiriladi. Qizdirilgandan soʻng xona haroratiga kelguncha eksikatorida saqlanadi va keyin analitik tarozida tortiladi.

Tortma analizning afzalligi – aniqligi yuqoridir.

Kamchiligi – aniqlash koʻp bosqichli boʻlgani uchun koʻp vaqt talab qiladi.

### **Gravimetrik shaklni tortish va analiz natijalarini hisoblash**

Tortma analiz usulida miqdori aniqlanishi kerak boʻlgan moddaning oʻzini emas, balki unga ekvivalent boʻlgan ikkinchi modda – tortiladigan shakl tarozida tortiladi.

Tortiladigan shaklning aniqlangan miqdori (doimiy ogʻirlikka keltirilgan choʻkmasi bor tigel va boʻsh tigel ogʻirliklarining farqi) aniqlanayotgan moddaning qancha miqdoriga toʻgʻri kelishi hisoblab topiladi.

Aniqlanadigan modda massasi grammlarda quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q_n = m_1 \cdot F$$

bu yerda:  $m_1$  – tortiladigan shaklning massasi, g;  $F$  – analitik koʻpaytuvchi yoki qayta hisoblash omili, yaʼni aniqlanayotgan modda (element)ning molekular (atom) massasini choʻkma

(tortiladigan shakl)ning molekular massasiga nisbati  $F$  o'zgarmas son bo'lib, analiz uchun qancha modda tortib olinganligiga bog'liq emas:

$$F = \frac{a \cdot M_A}{b \cdot M_T},$$

bu yerda:  $M_A$  – aniqlanadigan moddaning molekular massasi, g;  $M_T$  – tortiladigan shaklning molekular massasi, g;  $a, b$  – reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsiyentlar.

Ayrim moddalar uchun analitik ko'paytuvchining qiymatlari ma'lumotnomalarda berilgan.

Aniqlanadigan modda massasi foizlarda quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$C_{\%} = \frac{m_1 \cdot F \cdot 100}{m_n},$$

bu yerda:  $m_n$  – namuna massasi, g.

### 4.3. Tajriba mashg'ulotlari

#### **1-ish. $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ tarkibidagi kristallangan suv miqdorini aniqlash**

Kerakli asbob-uskuna va moddalar: texnik tarozi va tarozi toshlari; analitik tarozi va tarozi toshlari; analitik toza  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ; byuks; qisqich; quritish shkafi; eksikator; termometr.

Tortma analizning haydash usulidan foydalanib, kristallogidratlar tarkibidagi kristallangan suv miqdori aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi: diametri 3–4 sm bo'lgan byuks oling, shlifli qismiga oddiy qalam bilan nomeringizni qo'ying, yaxshilab yuving, distillangan suv bilan chayqab, quritish shkafida qopqog'ini yopmasdan qirrasi bilan qo'yib, 115–125° C haroratda quriting. 45–60 minut o'tgach byuksni eksikatorga qo'ying, sovigandan so'ng texnik tarozida, keyin analitik tarozida torting. Shundan keyin byuksga toza  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  dan 1,5–2 g atrofida soling, oldin texnik tarozida, keyin analitik

taroziida torting. Byuks va byuksning modda bilan birgalikdagi massasini laboratoriya jurnaligizga yozib qo'ying.

Byuks qopqog'ini qirrasini bilan qo'ying va 1,5–2 soatga 120–125° C gacha qizdirilgan quritish shkafiga qo'ying. Ko'rsatilgan vaqt o'tgandan so'ng byuksni eksikatorida soviting va yana tarozida torting. Quritish va tortish ishlari byuksning ichidagi modda bilan birgalikdagi massasi o'zgarmay qolguncha (ikkinchi tortish birinchisidan ko'pi bilan 0,0002 g farq qilishi kerak) quritish va tortishni davom ettiring.

Olingan natijalardan foydalanib,  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  dagi kristallangan suvning miqdorini hisoblashni 12-jadval ko'rinishida rasmiylashtiring.

12-jadval

**$BaCl_2 \cdot 2H_2O$  tarkibidagi kristallizatsiya suvining miqdorini aniqlash**

T/r	Aniqlash tartibi	Qiymat	Izoh
1	Bo'sh byuksning qizdirilgandan keyingi massasi		
2	Byuksning namuna ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) bilan quritishdan oldingi massasi, g		
3	Namuna ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) massasi, g		
4	Byuksning tortim bilan quritishdan keyingi massasi: 1-qizdirish, g		
	2-qizdirish, g		
	3-qizdirish, g		
5	Tortimdagi kristallangan suvning amaliy hisoblashdagi miqdori:		
	grammlarda		
	fozlarda (%)		
6.	Namunadagi kristallangan suvning nazariy hisoblangan miqdori:		
	grammlarda		
	fozlarda (%)		
7	Analiz natijalarini hisoblash		

Olingan natijalar quyidagi formulalar asosida hisoblanadi:

$$(\text{H}_2\text{O}) x\% = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

bu yerda:  $m$  – namuna massasi, g;  $m_1$  – kristallangan suvning miqdori, g.

Tajribada yo‘l qo‘yilgan xato:

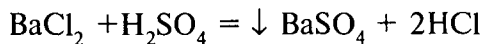
a) absolut xato:  $\Delta x = x_{\text{taj}} - x_{\text{naz}}$ ;

b) nisbiy xato:  $\Delta x_{\text{nisb}} = \frac{\Delta x \cdot 100}{m_{\text{naz}}}$ .

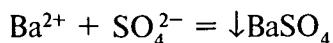
## 2- ish. Bariy xlorid tarkibidagi bariyning miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va moddalar: texnik tarozi va tarozi toshlari; analitik tarozi va tarozi toshlari; quritish shkafi; kuydirish pechi; tigel; eksikator; qisqich; byuks yoki soat oynasi; voronka; halqa o‘rnatilgan shtativ; yuvgich; analitik toza  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tuzi; 2 n li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasi; 2 n li HCl eritmasi; 0,1 n li  $\text{AgNO}_3$  eritmasi; ko‘k tasmali filtr qog‘ozi.

Bariy xlorid tarkibidagi  $\text{Ba}^{2+}$  ionlarini gravimetrik usulda aniqlash quyidagi reaksiyaga asoslangan:



ion-molekular ko‘rinishi:



Analiz uchun  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ning kristallangan tuzidan 0,5–0,6 g byuksda yoki soat oynasida olinadi va oldin texnik, keyin analitik tarozida tortiladi.

Modda hajmi 250–300 ml li stakanga solingandan keyin byuks (soat oynasi) analitik tarozida tortiladi va namuna miqdori ular farqidan topiladi:

$$m = m_1 - m_2,$$

bu yerda:  $m_1$  – byuksning  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bilan birga massasi, g;  $m_2$  – byuksning massasi, g;  $m$  –  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ning massasi.



Modda suyultirilgan eritmalardan cho'ktiriladi. Shu sababli olingan tuz tortimini 80–100 ml distillangan suvda shisha tayoqcha bilan aralashtirib turib eriting va 60–70° C gacha qizdiring. Shisha tayoqchani cho'ktirishning oxirigacha stakandan olmang, chunki unda eritma tomchilari qolishi mumkin. Eritmadagi boshqa ionlar BaSO<sub>4</sub> cho'kmasi bilan birgalikda cho'kmasligi uchun eritmaga 2 n HCl eritmasidan 2–3 ml quying. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ning hajmini cho'ktiruvchining hajmini hisoblash (11-jadvalga q.) formulasidan foydalanib hisoblang. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasini tomchilatib issiq eritmaga qo'shib shisha tayoqcha bilan aralashtiring. Ba<sup>2+</sup> ionlarining to'liq cho'ktirilganligini tekshiring. Buning uchun stakan devori bo'ylab eritmaga 2–3 tomchi sulfat kislota tomi- zing. Kislota tomchisi tushgan joyda loyqalanish bo'lmasa, cho'ktirish tugallangan hisoblanadi. Cho'kma yetilishi uchun keyingi mashg'ulotgacha qoldiring. Cho'kmani zichligi katta bo'lgan ko'k tasmali filtr orqali filtrlang; filtdagi cho'kmani yuving. Yuvuvchi suyuqlik sifatida HNO<sub>3</sub> kislota qo'shilgan qaynoq suv (ya'ni 100 ml suvda 2 n HNO<sub>3</sub> eritmasidan 5 ml qo'shing) ishlating. Yuvishni cho'kmada Cl<sup>-</sup> ionlari qolmaguncha davom ettiring. Buning uchun filtratdan olib, Cl<sup>-</sup> ionlariga xos reaksiya bilan (AgNO<sub>3</sub> ta'sir ettirib) tekshiring. Filtdagi cho'kmani quritish shkafida quriting. Oldindan tozalab qizdirilgan tigelni analitik tarozida torting. So'ngra filtrni cho'kma bilan birga ehtiyotlik bilan tigelga soling va mufel pechida kuydiring. Eksikatorida sovutilgan tigelni analitik tarozida torting. Tigelni massasi o'zgarmay qolguncha qizdirishni va tortishni takrorlang. Olingan analiz natijalarini 13- jadval ko'rinishida rasmiylashtiring.

Olingan natijalar quyidagi formulalar asosida hisoblanadi:

$$(\text{Ba})x\% = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

bu yerda:  $m$  – namuna tarkibidagi Ba<sup>2+</sup> miqdori, g;  $m_1$  – tortma ko'rinishidagi BaSO<sub>4</sub> tarkibidagi Ba<sup>2+</sup> miqdori, g.

## Bariy xlorid tarkibidagi bariyning miqdorini aniqlash

T/r	Aniqlash tartibi	Qiymat	Izoh
1	Bo'sh byuksning qizdirilgandan keyingi massasi, g		
2	Byuksning namuna ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) bilan birgalikdagi massasi, g		
3	Namuna ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ning massasi, g		
4	Bo'sh tigelning qizdirilgandan keyingi massasi, g		
5	Tigelning cho'kma bilan qizdirilgandan keyingi massasi, g: 1-qizdirish		
	2-qizdirish		
	3- qizdirish		
6	Tortiladigan shakldagi $\text{BaSO}_4$ ning miqdori, g		
7	Tortiladigan shakldagi $\text{BaSO}_4$ tarkibidagi bariyning miqdori:		
	grammlarda		
	foizlarda (%)		
8	Namuna ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) tarkibidagi bariyning miqdori:		
	grammlarda		
	foizlarda (%)		
9	Analiz natijalarini hisoblash		

Tajribada yo'l qo'yilgan xato:

a) absolut xato:  $\Delta x = x_{\text{taj}} - x_{\text{naz}}$  ;

b) nisbiy xato:  $\Delta x_{\text{nisb}} = \frac{\Delta x \cdot 100}{m_{\text{naz}}}$  .

**Tayanch iboralar:** miqdoriy analiz; gravimetrik analiz; cho'ktiriladigan va tortiladigan shakl; kristall va amorf cho'kma; miqdoriy analizdagi xatolar.



## Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Tortma analiz nimaga asoslangan? Uning qanday usullarini bilasiz?
2. Cho'ktiriladigan va tortiladigan shakl nima? Misollar keltiring.
3. Cho'ktiriladigan va tortiladigan shakllarga qanday talablar qo'yiladi?
4. Kristall va amorf cho'kmalarni cho'ktirish shart-sharoitlarini tushuntiring.
5. Cho'ktiruvchi qanday tanlanadi va unga qanday talablar qo'yiladi?
6. Tortma analizning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
7. Tortma analizda cho'kmalarni yuvish uchun qanday eritmalar ishlatiladi?
8. Gravimetrik analizda yo'l qo'yiladigan xatolarga sabab nima?
9. Moddalar miqdorini aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolarning qanday turlarini bilasiz?
10. O'lchashda yo'l qo'yiladigan nisbiy va absolut xato qanday? Misollar keltiring.
11. Magniyni  $Mg_2P_2O_7$  holida aniqlash uchun hosil bo'lgan cho'kma massasi 0,7500 g ga teng bo'lishi uchun  $MgCl_2$  dan qanday miqdorda (g) olish kerak?
12. 0,0550 g  $AgCl$  cho'kmasi hosil qilish uchun 1 % li  $NaCl$  eritmasidan qancha hajmda olish kerak?
13. 0,2500 g  $Ca^{2+}$  ni cho'ktirish uchun 10 % li  $Na_2C_2O_4$  eritmasidan necha ml kerak?
14. Tarkibida 22 %  $Ag$  bo'lgan 2,0000 g qotishmadagi  $Ag$  ni  $AgCl$  ko'rinishida cho'ktirish uchun ( $d = 1,17 \text{ g/sm}^3$ ) necha ml  $HCl$  kerak?
15. Magnezit namunasi analiz qilinganda 0,2514 g  $Mg_2P_2O_7$  cho'kmasi hosil qilindi. Namunada necha gramm magniy bor?
16. Dolomitning 2,0000 g namunasi 0,7505 g kalsiy oksidi hosil qilindi. Dolomit tarkibidagi  $CaCO_3$  ning % miqdorini hisoblang.
17. Aralashma tarkibida 50 % xlor bor. 0,5000 g  $AgCl$  olish uchun shu aralashmadan qancha (g) olish kerak?

18. 0,09300 g quritilgan aluminiy oksihinolyat cho'kmasini hosil qilish uchun  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ning 0,05000 n li eritmasidan necha millilitr olish kerak?
19. 1,000 g temir-ammoniyli achchiqtosh  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  ni eritishdan hosil bo'lgan eritmadan temirni cho'ktirish uchun ammiakning 2,5 % li ( $\rho=0,99 \text{ g/sm}^3$ ) eritmasidan necha millilitr olish kerak?
20. 0,1200 g NaCl ning namunasidagi xlorid ionlarini to'la cho'ktirish uchun 0,1000 M  $\text{AgNO}_3$  dan necha ml olish kerak?
21. Quritilgan  $\text{PbMoO}_4$  ning massasi 0,3624 g. Cho'kmadagi qo'rg'oshinning massasini grammlarda hisoblang.
22. 0,5844 g  $\text{BaCrO}_4$  tarkibidagi xromning miqdorini % da va grammlarda hisoblang.
23. Kaliy tuzining eritmasidan  $\text{KClO}_4$  cho'kmasi olindi. Quritilgan cho'kmaning massasi 0,1526 g ekanligini bilgan holda eritmada-gi kaliyning massasini toping.
24. 0,5437 g namuna analiz qilinayotganda modda eritmasidan 0,6343 g  $\text{AgCl}$  cho'ktirildi. Analiz qilinayotgan namuna tarkibi-da necha gramm xlor borligini aniqlang.
25. 1,5495 g magnezit qayta ishlangandan keyin 1,3982 g quritilgan  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  olindi. Magnezit tarkibidagi  $\text{MgCO}_3$  ning miqdorini grammlarda hisoblang.
26. Tarkibida 0,0800 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  bo'lgan eritmaga ko'p miqdorda  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  qo'shildi. Hosil bo'lgan cho'kmaning massasini hisob-lang.
27. Kimyoviy toza  $\text{CaCO}_3$  o'zgarmas massagacha qizdirilganda 0,1525 g modda qoldi. Bunda necha gramm  $\text{CO}_2$  ajralgan?
28. Kimyoviy toza CaO va BaO aralashmasidan 0,5178 g  $\text{CaSO}_4$  va  $\text{BaSO}_4$  cho'kmasi olindi. Olingan namuna tarkibidagi Ca va Ba ning foiz miqdorini hisoblang.

## 5- mavzu. TITRIMETRIK ANALIZ

### 5.1. Eritmalar konsentratsiyasini ifodalash

Eritmada yoki erituvchining ma'lum massa miqdorida, yoki hajmida erigan modda massasi *eritmaning konsentratsiyasi* deyiladi.

Titrimetrik (hajmiy) analizda eritma konsentratsiyasini ifodalashning quyidagi usullari mavjud.

**Foiz konsentratsiya.** 100 g eritmada erigan modda miqdoriga (grammlar soniga) *foiz konsentratsiya* deyiladi.

Moddaning foiz konsentratsiyasi ( $C_{\%}$ ) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$C_{\%} = \frac{m}{m+m_1} \cdot 100 \text{ yoki } C_{\%} = \frac{m_{\text{erig.modda}}}{m_{\text{eritma}}} \cdot 100\% ,$$

bu yerda:  $m$  – erigan modda miqdori, g;  $m_1$  – erituvchining miqdori, g.

**Molyar konsentratsiya.** 1 litr (1000 ml) eritmada erigan modda miqdorining g-mol soni bilan ifodalanishiga *molyar konsentratsiya* ( $C_M$ ) deyiladi. U quyidagicha hisoblanadi:

$$C_M = \frac{m}{M \cdot V} \cdot 1000, \text{ mol/l} ,$$

bu yerda:  $m$  – erigan modda miqdori, g;  $M$  – erigan moddaning molekular massasi;  $V$  – eritma hajmi, ml.

**Molyal konsentratsiya.** 1 kg (1000 gramm) eritmada erigan modda miqdorining g-mol soni bilan ifodalanishiga *molyal konsentratsiya* ( $C_T$ ) deyiladi. U quyidagicha hisoblanadi:

$$C_T = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot G} ,$$

bu yerda:  $m$  – erigan modda miqdori, g;  $M$  – erigan moddaning molekular massasi, g/mol;  $G$  – eritma massasi, g.

**4. Normal konsentratsiya.** 1 litr (1000 ml) eritmadagi erigan modda miqdorining gramm-ekvivalentlar soni, eritmaning *normal konsentratsiyasi* ( $C_n$  yoki  $N$ ) deyiladi. U quyidagicha hisoblanadi:

$$C_n = N = \frac{m}{E \cdot V} \cdot 1000,$$

bu yerda:  $C_n$  yoki  $N$  – normal konsentratsiya, g-ekv/l;  $E$  – erigan moddaning gramm ekvivalenti;  $V$  – eritma hajmi, ml.

**Titir.** 1 ml eritmada erigan moddaning grammlarda ifodalangan miqdori eritmaning titri ( $T$ ) deb ataladi, ya'ni:

$$T = \frac{m}{V}.$$

Eritmaning titri va normal konsentratsiyasi o'rtasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$T = \frac{N \cdot E}{1000}; \quad N = \frac{T \cdot 1000}{E} = \frac{m \cdot 1000}{E \cdot V},$$

bu yerda:  $N$  – eritmaning normalligi;  $m$  – modda miqdori, g;  $T$  – eritma titri, g/ml;  $V$  – eritma hajmi, ml;  $E$  – erigan moddaning ekvivalenti.

Ayrim hollarda moddaning titri aniqlanayotgan modda bo'yicha hisoblanadi:

$$T_{A/B} = \frac{N_A \cdot E_B}{1000}.$$

Bunda eritmaning titri, shu eritmaning ( $A$ ) 1 ml aniqlanayotgan eritmasiga necha gramm ( $B$ ) modda to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

## 5.2. Titrimetrik analizning mohiyati

Miqdoriy analizda aniqlanadigan modda miqdorini aniqlash uchun sarf bo'ladigan moddaning konsentratsiyasi aniq bo'lgan modda eritmasi hajmini o'lchashga asoslangan usuliga *hajmiy (titrimetrik) analiz usuli* deb aytiladi.

Aniqlanadigan *A* modda eritmasiga oz-ozdan konsentratsiyasi aniq bo'lgan *B* modda eritmasi qo'shiladi. Bunda *B* moddadan *A* modda miqdoriga aniqlovchi modda miqdori ekvivalent bo'lgan holat **ekvivalent nuqta** deb ataladi. Ekvivalent nuqta maxsus asboblardan yoki indikatorlar yordamida aniqlanadi. Indikator rangining o'zgarish holatiga **titrlashning oxirgi nuqtasi** deyiladi.

Konsentratsiyasi yoki titri aniq bo'lgan eritma **standart (titrlangan) eritma** yoki **titrant** deb aytiladi. Standart eritmaning konsentratsiyasi, odatda, grammning millilitrga nisbati (g/ml) yoki (normallik) gramm-ekvivalent/litr birligida ifodalanadi.

Aniqlanadigan modda eritmasiga sekinlik bilan titrantni qo'shish jarayoni **titrlash** deyiladi.

Titrimetrik analiz usullari. Analiz qilinadigan modda miqdorini aniqlashda boradigan asosiy reaksiyalarning turlariga qarab, hajmiy analiz usullari quyidagilarga bo'linadi:

- neytrallashtirish yoki kislota-asosli titrlash;
- oksidlanish-qaytarilish usullari (oksidimetriya);
- cho'ktirish va kompleks hosil qilish usullari (kompleksometriya) ga bo'linadi.

Titrlashni bajarilishiga ko'ra quyidagi usullarga bo'lish mumkin:

- to'g'ri titrlash, bu usulda aniqlanayotgan modda bilan aniqlovchi modda (reaktiv) o'rtasida to'g'ridan to'g'ri kimyoviy reaksiya boradi;

- teskari titrlash – aniqlanayotgan modda eritmasiga muayyan ortiqcha (ammo aniq o'lchangan) miqdordagi standart moddaning ma'lum konsentratsiyali eritmasi qo'shiladi va bu standart moddaning ortiqcha miqdori boshqa standart eritma bilan titrlanadi;

- «o'rinbosar»ni titrlash – aniqlanayotgan modda va biror aniqlovchi modda o'rtasidagi reaksiya mahsuloti standart eritma bilan titrlanadi.

### 5.3. Titrlangan eritmalarni tayyorlash

Konsentratsiyasi (titri) ma'lum bo'lgan eritmalar titrlangan, titrant yoki standart eritmalar deyiladi. Ular quyidagi talablarga javob berishi lozim:

- modda kimyoviy toza bo'lishi;
- moddaning tarkibi uning formulasiga to'la mos kelishi;
- modda quruq holda saqlanganda ham, eritma holda saqlanganda ham barqaror bo'lishi;
- moddaning gramm-ekivalent qiymati mumkin qadar katta bo'lishi kerak, chunki bu eritmaning titrini aniq topishga imkon beradi.

Qayd etilgan talablarga javob beradigan moddalar titrlangan yoki boshlang'ich moddalar deyiladi, chunki ulardan foydalanib qolgan boshqa moddalarning titri aniqlanadi.

Boshlang'ich moddalar quyidagi usullar bilan tayyorlanadi:

**Fiksanal tayyorlash usuli.** Fiksanal 1 litr aniq 0,1000 n li eritma tayyorlash uchun zarur miqdorda aniq tortilib yoki aniq o'lchanib shisha ampulalarga solib kavsharlangan qattiq modda yoki titrlangan eritmalardir.

Fiksanalardan titrlangan eritma tayyorlash: hajmi 1 litrli kolbaning bo'g'ziga voronka qo'yiladi, uning ichiga bayok (nayza) qo'yiladi va shu bayok yordamida ampula yupqa devorining tubi sindiriladi. Ampulaning yuqori qismidagi chuqurcha esa uchi o'tkir shisha tayoqcha bilan teshiladi. Teshikdan ampula ichiga yuvgich yordamida suv purkab yuviladi. So'ngra voronka yuviladi va uni olib qo'yib, kolbadagi suyuqlikning hajmi distillangan suv qo'shib belgisigacha yetkaziladi.

**Tortim usuli.** Analitik tarozida kerakli modda aniq tortib olinib o'lchov kolbasida eritiladi va eritmaning hajmi kolbaning belgisigacha distillangan suv qo'shib yetkaziladi. Eritmaning titri quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$T = \frac{m}{V}, \text{ g/ml,}$$



bu yerda:  $m$  – erigan modda massasi, g;  $V$  – eritmaning hajmi, ml.

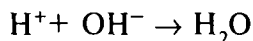
Bunday eritmalarga birlamchi standart eritmalar yoki tayyorlangan eritmalar deyiladi. Lekin hamma moddalarning eritmasini (masalan, HCl, NaOH) tayyorlab bo‘lmaydi.

**Titrlash usuli.** Titrlangan eritmalarga qo‘yiladigan talablarga (yuqoriga qarang) javob bera olmaydigan eritmalar titrlash usuli bilan tayyorlanadi. Bunda taxminan kerakli konsentratsiyali eritma tayyorlanadi, aniq konsentratsiyasi (titri) esa biron to‘g‘ri keladigan boshqa birlamchi standart eritma bilan titrlab aniqlanadi.

Titri boshqa eritma yordamida titrlash usuli bilan topilgan eritmalar titri aniqlangan eritmalar yoki ikkilamchi standart eritmalar deyiladi.

#### 5.4. Kislota-asosli titrlash (neytrallash) usuli

Titrimetrik analizda modda miqdorini aniqlash, neytrallanish reaksiyasiga asoslangan usuli kislota-asosli titrlash yoki neytrallash usuli deyiladi. Neytrallash jarayoni eritmalarda gidroksoniy ( $H_3O^+$ ) (yoki  $H^+$ ) ionlarining gidroksil  $OH^-$  ionlari bilan o‘zaro ta’sirlashib kuchsiz elektrolit – suvning hosil bo‘lishidir.



Demak, eritmada  $H^+$  va  $OH^-$  ionlari konsentratsiyasining, ya’ni pH ning o‘zgarishi kuzatiladi.

Bu usul bilan biror kislota-ning titrlangan eritmasidan foydalanib ishqorlarning miqdorini aniqlash (asidimetriya) yoki ishqor-ning titrlangan eritmasidan foydalanib, kislotalarning miqdorini aniqlash (alkalimetriya) mumkin.

Neytrallash usuli oziq-ovqat sanoatida, shu jumladan, xamirturush, un, sut, muzqaymoq, pivoning kislotaliligini, sirka kislotasi tarkibidagi sirka miqdorini aniqlashda ishlatiladi.

Kislotalarning titrini aniqlashda boshlang'ich modda sifatida:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  lar ishlatiladi.

Ishqorlarning titrini aniqlashda  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , kahrabo kislotasi,  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  ishlatiladi.

Titrlash jarayonida pH ning ma'lum qiymatida ekvivalent nuqtaga erishiladi va titrlash to'xtatiladi. Neytrallashtirish reaksiyasi qandaydir tashqi o'zgarish bilan ketmaydi, shuning uchun ekvivalent nuqta – titrlashning oxirgi nuqtasini aniqlash uchun maxsus indikatorlardan foydalaniladi.

## 5.5. Indikatorlar

Yuqorida aytib o'tganimizdek, titrlashda ekvivalent nuqta – titrlashning oxirgi nuqtasi indikatorlar yordamida aniqlanadi. Agar indikator to'g'ri tanlansa, ekvivalent nuqta bilan titrlashning oxirgi nuqtasi bir nuqtada yotadi.

Indikatorlar ishlatilish usuliga ko'ra, ichki va tashqi indikatorlarga bo'linadi. Agar indikator titrlanadigan eritmaga qo'shilsa ichki indikator deyiladi. Agar titrlanayotgan eritmadan bir tomchi olib indikator qog'ozga tomizilib tekshirilsa, tashqi indikator deyiladi.

Ishlatiladigan reaksiyaning turiga ko'ra, indikatorlar quyidagilarga bo'linadi:

- kislota-asosli indikatorlar;
- oksidlanish-qaytarilish (red-oks) indikatorlari;
- kompleksometrik (metall) indikatorlari;
- adsorbsiyalanish indikatorlari.

**Kislota-asosli indikator.** Kislota-asosli indikatorlar kuchsiz organik kislota yoki asoslardir. Kislota-asosli indikatorlar quyidagilarga bo'linadi:

1. Kislotalarga nisbatan sezgir ( $\text{pH} > 7$ ): fenolftalein, timolftalein, alizarin.

2. Asoslarga nisbatan sezgir ( $\text{pH} < 7$ ): metiloranj, metil qizili.

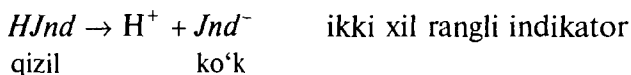
3. Ham kislota, ham asosga nisbatan sezgir ( $\text{pH}=7$ ): lakmus, fenil qizili.

**Indikatorlar nazariyasi.** Kislota-asosli indikatorlarni kislotali va ishqoriy muhitdagi holatini tushuntirish uchun bir necha indikatorlar nazariyasi mavjud.

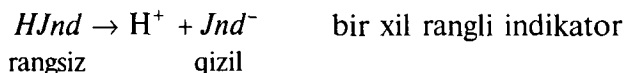
*Indikatorlarning ion nazariyasi.* 1887-yilda S.Arreniusning elektrolitik dissotsiatsiyalanish nazariyasini, 7 yildan keyin esa (1894) Ostvald indikatorlarning ion nazariyasini yaratdi.

Bu nazariyaga ko'ra, kislota-asosli indikatorlarning dissotsilanmagan molekullari va ionlari turli rangli kuchsiz organik kislota yoki asoslardir. *HJnd* – indikatorning dissotsilanmagan molekulasini, *Jnd<sup>-</sup>* – indikator ionlari. Masalan:

lakmus

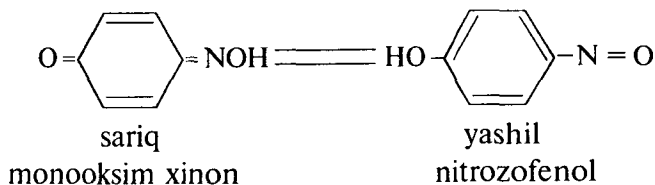


fenolftalein



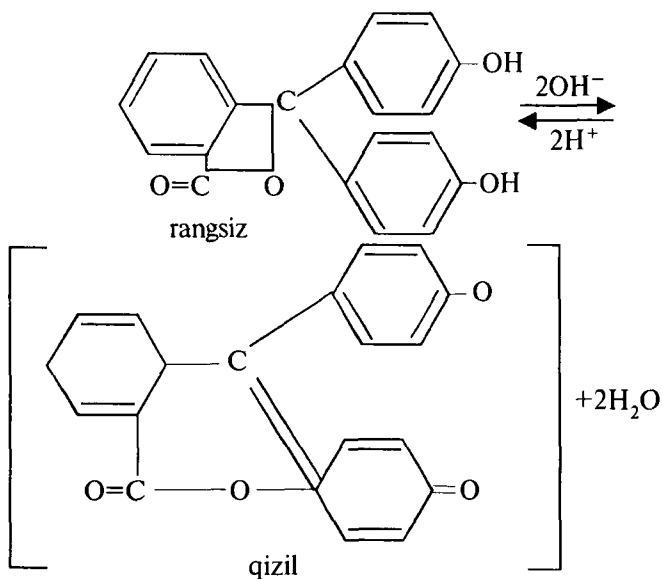
*Indikatorlarning xromofor nazariyasi.* Indikatorlarning eritma muhitiga munosabati xromofor nazariya bilan to'ldirildi. Organik birikmalarning rangi ularning molekulasida xromoforlar ( $-N=N-$ ,  $-OH$ ,  $-N=O$ ,  $=C=O$ ) deb ataluvchi maxsus atomlar guruhi yoki ikkilamchi bog'larning guruhlanishiga bog'liq bo'lgani uchun bu nazariya shu nom bilan ataladi.

Xromofor nazariyaga asosan indikator rangining o'zgarishi izomer o'zgarish, ya'ni molekula ichida atomlarning qayta guruhlanishi natijasida indikator molekulasining o'zgarishidir. Bu jarayon qaytar bo'lib, qaytar izomeriya – *tautomeriya* deb, izomerlar esa *tautomerlar* deyildi. Masalan:

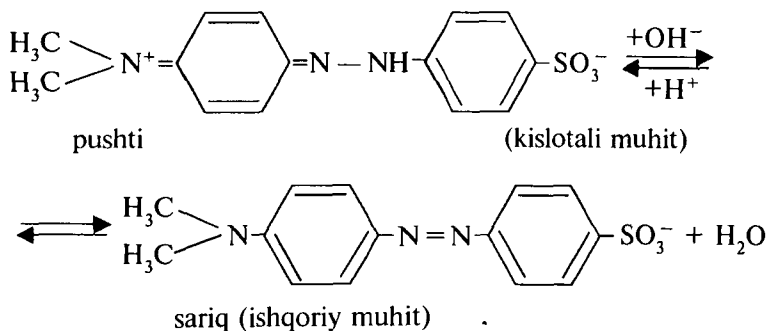


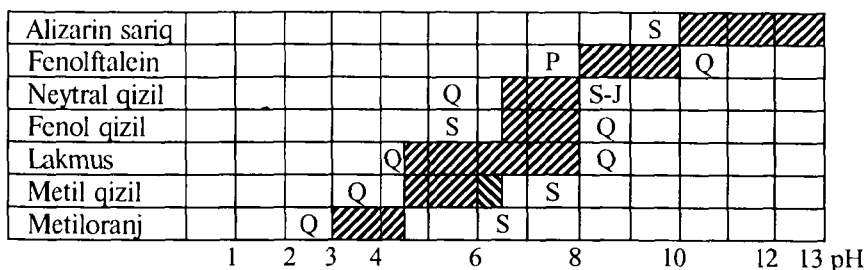
*Ion-xromofor nazariya.* Fanning rivojlanish jarayonida bu ikki nazariya birlashtirildi. Indikatorlarning dissosiyatsiya muvozanati tez qaror topadi, lekin tautomer o'zgarish jarayoni vaqt o'tishi bilan sodir bo'ladi. Shuning uchun ayrim indikatorlarning rangi hamma vaqt tez o'zgarmaydi. Masalan:

### Fenolftalein



### Metiloranj





*1-rasm.* Eng muhim indikatorlarning rangi va rang o'zgarish sohalari.

**Indikator rangining o'zgarish sohasi.** Indikatorning rangi pH ning har qanday o'zgarishida ham o'zgaravermay, balki pH ning ma'lum qiymati oralig'ida o'zgaradi va bu indikator rangining *o'zgarish sohasi* deb aytiladi (1-rasm). pH ning ayni indikator bilan titrlab to'xtatiladigan qiymati shu indikatorning *titrlash ko'rsatkichi* deyiladi va u pT bilan ifodalanadi. Masalan, fenolftaleinniki pT=9,0; metiloranjniki pT=4,0; lakmusniki pT=7.

## 5.6. Titrlash egri chiziqlari

Yuqoridagi misollardan ko'rinib turibdiki, ekvivalent nuqtani to'g'ri topa bilish kerak. Buning uchun titrlash egri chizig'ini tuzish usulidan foydalaniladi.

Titrlanadigan eritma pH ini, unga qo'shiladigan standart eritma hajmiga bog'liqligini ko'rsatadigan egri chiziqlar *titrlash egri chiziqlari* deb aytiladi.

**I. Kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlashning turli paytidagi eritmaning pH ini hisoblash formulalari.**

**Masala.** 100,0 ml 0,1000 n HCl eritmasiga 0,1000 n NaOH eritmasidan 50; 99; 99,9; 100; 101,1; 101 ml qo'shilgandagi eritmani pH ini hisoblang, titrlash egri chizig'ini chizing va titrlashning oxirgi nuqtasini aniqlash uchun indikator tanlang.

**Yechish.** Titrlashga qadar eritma pH ini hisoblash formulasi:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg C_{\text{k-ta}} = -\lg 0,1 = 1.$$

0,1000 n HCl eritmasiga 50, 90, 99,9 ml dan 0,1000 n NaOH qo'shilganda eritmadagi  $H^+$  ionlari konsentratsiyasi va pH o'zgarib boradi. Unda eritma pH i quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$C_A = \frac{V_A - V_B}{V_A + V_B} \cdot N_A \quad \text{yoki} \quad C_{HCl} = \frac{V_{HCl} - V_{NaOH}}{V_{HCl} + V_{NaOH}} \cdot N_{HCl}$$

50,0 ml 0,1000 n li NaOH qo'shganda:

$$C_{HCl} = [H^+] = \frac{50}{150} \cdot 0,1 = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l,}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\lg C_{HCl} = -\lg[H^+] = -\lg 3,3 \cdot 10^{-2} = \\ &= 2 - \lg 3,3 = 2 - 0,5 = 1,5 \end{aligned}$$

va hokazo. Eritma pH i 100,0 ml 0,1000 n NaOH qo'shilgunga qadar xuddi shu formula bilan hisoblanadi.

100,0 ml 0,1000 n NaOH eritmasi qo'shganda eritma pH i eritmadagi kislotaga ekvivalent miqdorda bo'ladi. Hosil bo'lgan tuz NaCl gidrolizga uchramaydi va eritma muhiti neytral ( $\text{pH} = \text{pOH} = 7$ ) bo'ladi.

Ekvivalent nuqtadan keyin 100,0 ml 0,1000 n HCl ga 100,1; 101; 110 ml 0,1000 n NaOH qo'shilganda eritmada ortiqcha ishqor bo'ladi. Bunda  $[OH^-]$  ioni ortiqcha olingan NaOH konsentratsiyasiga teng:

$$C_{NaOH} = [OH^-] = \frac{0,1}{200,1} \cdot 0,1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l,}$$

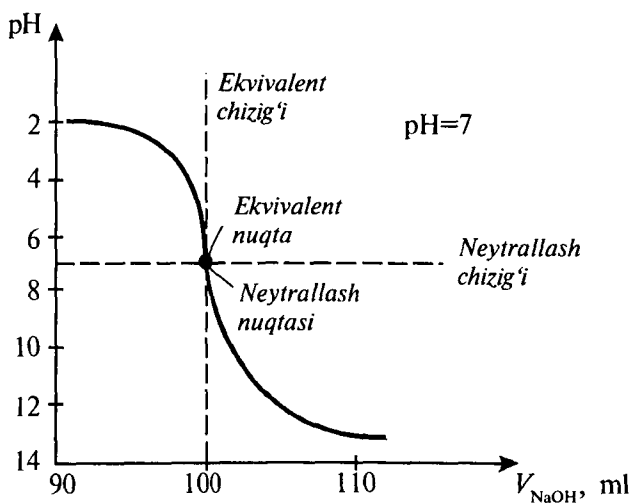
$$\text{pOH} = -\lg[OH^-] = -\lg 5 \cdot 10^{-5} = -\lg 5 - \lg 10^{-5} = -0,7 + 5 = 4,3,$$

$$\text{pH} = 14 - 4,3 = 9,7.$$

Keyingi nuqtalar uchun ham xuddi shunday hisoblanadi. Olingan natijalar quyidagi 14- jadvaldagi ko'rinishda yoziladi va ular asosida titrlash egri chizig'i chiziladi (2- rasm). Titrlash oxirida pH ning keskin o'zgarishi *titrlash sakramasi* deyiladi.

100,0 ml 0,1000 n HCl eritmasini NaOH ning 0,1000 n eritmasi bilan (yoki aksincha) titrlashda pH ning o'zgarish tartibi

Qo'shilgan NaOH hajmi, ml	[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]	pH
Ekvivalent nuqtaga qadar			
0	10	—	1
50	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-13}$	1,5
90	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-12}$	2,3
99	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	3,3
99,9	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	4,3
Ekvivalent nuqtada			
100	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	7
Ekvivalent nuqtadan keyin			
100,1	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	9,7
101	$2,0 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	10,7
110	$2,1 \cdot 10^{-12}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	11,7



2- rasm. 100 ml 0,1 n HCl kislotasini 0,1 n NaOH eritmasi bilan titrlash egri chizig'i.

Kuchli kislotani kuchli asos bilan (aksincha) titrlash egri chizig'ida ekvivalent nuqta bilan neytral nuqta bir nuqtaga mos keladi.

Titrlash egri chizig'idan ko'rinib turibdiki, titrlashning boshida eritmaning pH i sekin o'zgaradi, ekvivalent nuqtaga yaqinlashganda keskin, ekvivalent nuqtadan o'tgandan keyin, yana sekin o'zgaradi.

Titrlash egri chizig'iga ta'sir qiluvchi omillar:

- eritma konsentratsiyasi: konsentratsiya qancha katta bo'lsa, titrlash sakramasi shunchalik katta bo'ladi. Masalan, 100 ml 0,1 n li HCl ni 0,1 n NaOH bilan titrlashda titrlash sakramasi pH=4,3 dan 9,7 gacha, ya'ni 5,4 birlikka o'zgarar ekan;

- harorat qancha yuqori bo'lsa, titrlash sakramasi shuncha kichik bo'ladi.

## II. Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlashdagi hisoblash formulalari.

1. Titrlangunga qadar eritma pH ini hisoblash formulasi:

$$[H^+] = \sqrt{K_{K-T} \cdot C_{K-T}} ;$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\frac{1}{2} \lg K_{K-T} - \frac{1}{2} \lg C_{K-T}.$$

2. Eritmaga ishqor qo'shilgandagi oraliq nuqtalar uchun pH quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$-\lg[H^+] = -\lg K_{K-T} - \lg \frac{C_{K-T}}{C_{tuz}} ; \quad pH = pK_{K-T} - \lg \frac{C_{K-T}}{C_{tuz}}.$$

3. Ekvivalent nuqtada kuchsiz kislota kuchli ishqor bilan neytrallanib, eritmada faqat gidrolizga uchraydigan tuz qoladi.

Gidrolizga uchraydigan tuz eritmalarida  $[H^+]$  ioni va pH quyidagi formula bilan hisoblanadi:

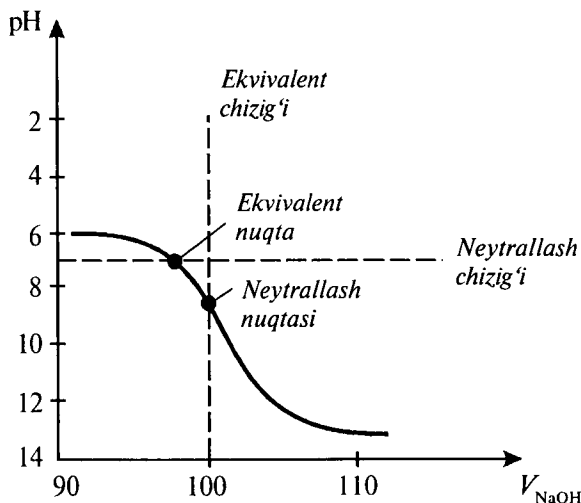
$$[H^+] = \sqrt{K_{H_2O} \cdot \frac{K_{K-T}}{C_{tuz}}} ;$$



$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\frac{1}{2} pK_{\text{H}_2\text{O}} - \frac{1}{2} pK_{\text{K-T}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}};$$

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} pK_{\text{K-T}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}.$$

Ekvivalent nuqtadan keyin ortiqcha NaOH qo‘shilganda eritmaning pH i yuqorida ko‘rsatilgan formula bilan hisoblanadi. Olingan natijalar asosida chizma chiziladi (3- rasm).



3- rasm. Kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlash egri chizig‘i.

3- rasmdan ko‘rinib turibdiki, kuchsiz kislotani kuchli asos bilan titrlaganda ekvivalent nuqta neytrallanish nuqtasi bilan bir nuqtaga tushmasdan, balki ishqoriy muhitga to‘g‘ri keladi. Titr-lash egri chizig‘i neytrallanish nuqtasiga nisbatan nosimmetrik joylashadi.

### III. Kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlashdagi hisoblash formulalari.

1. Titrlangunga qadar eritma pOH i va pH i quyidagi formu-lalar bilan hisoblanadi:

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} pK_{\text{asos}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{asos}},$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \frac{1}{2} pK_{\text{asos}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{asos}}.$$

2. Oraliq nuqtalarda pH ni hisoblash formulasi:

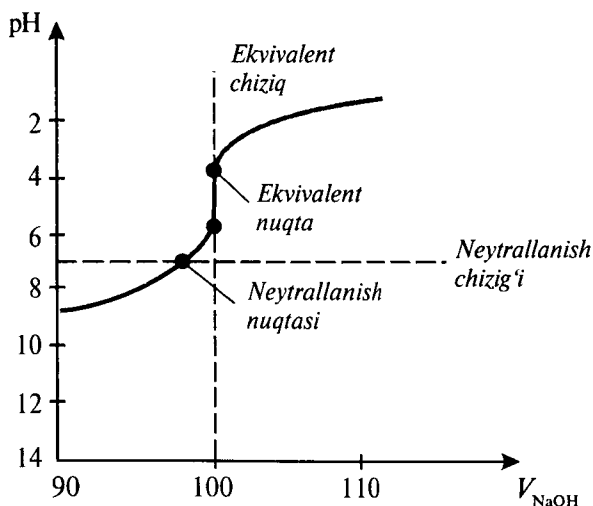
$$\text{pH} = 14 - pK_{\text{asos}} - \lg C_{\text{tuz}} + \lg C_{\text{asos}}.$$

3. Ekvivalent nuqtada pH ni hisoblash formulasi:

$$\text{pH} = -\frac{1}{2} \lg K_{\text{H}_2\text{O}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{asos}};$$

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} pK_{\text{asos}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{tuz}}.$$

4. Ekvivalent nuqtadan keyin ortiqcha qo‘shilgan kuchli kislota konsentratsiyasi asosida pH hisoblanadi. Olingan natijalar asosida titrlash egri chizig‘i quyidagi ko‘rinishda chiziladi (4-rasm).



4- rasm. Kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlash egri chizig‘i.

Chizmadan ko‘rinib turibdiki, kuchsiz asos kuchli kislota bilan titrlanganda:

– ekvivalent nuqta neytrallanish nuqtasi bilan bir nuqtada ustma-ust tushmasdan kislotali muhitda joylashadi;

– titrlash egri chizig‘i neytrallanish nuqtasiga nisbatan nosimmetrik bo‘ladi.

## 5.7. Indikatorni tanlash

Titrlashda eng asosiysi indikatorni to‘g‘ri tanlash kerak. Agar analizdagi hamma shartlar to‘g‘ri bajarilgan bo‘lib, indikator to‘g‘ri tanlanmasa, olingan natijalar noto‘g‘ri bo‘ladi.

Indikatorning o‘zgarish sohasi – pH sakramaga, indikatorning titrlash ko‘rsatkichi esa ekvivalent nuqtaning pH iga to‘g‘ri kelishi kerak.

Shuning uchun indikatorni tanlashdan oldin titrlash egri chiziqlaridan pH sakrama oralig‘i aniqlanadi, keyin o‘zgarish sohasi shu oraliqqa to‘g‘ri keladigan indikator tanlanadi. Masalan, titrlash egri chiziqlaridan (2, 3, 4-rasmlar) ko‘rinib turibdiki:

– kuchli kislotali kuchli asos bilan titrlaganda pH sakramasi 4,3–9,7 oralig‘iga to‘g‘ri keladigan indikatorlar: metiloranj, fenolftalein, lakmus; metil qizili;

– kuchsiz kislota kuchli asos bilan titrlanganda pH sakramasi 7,74–10 oralig‘iga to‘g‘ri keladigan indikatorlar: fenolftalein, timolftalein;

– kuchsiz asosni kuchli kislota bilan titrlaganda pH sakramasi 4–6,24 oralig‘iga to‘g‘ri keladigan indikatorlar: metil qizili, metiloranj ishlatiladi.

## 5.8. Tajriba mashg‘ulotlari

### *1- ish.* NaOH eritmasining titrini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 5,00 yoki 10,00 ml li pipetka; 10 ml li silindr; 100,0 ml li o‘lchov kolbasi; 3 dona 50 ml li konussimon kolba;

10 % li NaOH eritmasi; 0,1000 n HCl ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) standart eritmasi; fenolftalein (1% li spirtidagi) eritmasi.

0,1000 n HCl ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) ning standart eritmasi fiksanaldan tayyorlanadi yoki ishchi eritmasining titri, bura (yoki soda) bilan titrlab aniqlanadi.

**NaOH eritmasini tayyorlash.** ~0,1 n 100 ml NaOH eritmasi laboratoriyada oldindan tayyorlab qo'yilgan 10 % li eritmadan tayyorlanadi.

Hisoblash:

$$C_n = N = \frac{m \cdot 100}{E \cdot V}; E_{\text{NaOH}} = 40;$$

$$m = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,1 \cdot 40 \cdot 100}{1000} = 0,4 \text{ g};$$

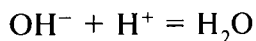
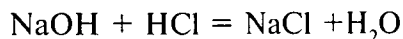
100 g eritmada – 10 g NaOH erigan

x g eritmada – 0,4 g NaOH erigan

$$x = \frac{100 \cdot 0,4}{10} = 4 \text{ g}.$$

Eritmaning zichligi 1 g/sm<sup>3</sup> ga juda yaqin bo'lgani uchun bu eritmaning 4 grammi 4 ml deb olinadi.

Demak, 10 % li NaOH eritmasidan silindr yordamida 4 ml olib, 100 ml li o'lchov kolbasiga solinadi va uning belgisigacha distillangan suv quyib suyultirib  $\approx 0,1$  n NaOH eritmasi tayyorlanadi. NaOH eritmasining titrini standart HCl ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) bilan aniqlash quyidagi reaksiyaga asoslangan bo'lib, u to'g'ri titrlash orqali bajariladi:



Ishning bajarilish tartibi. Tayyorlangan  $\approx 0,1$  n NaOH eritmasi buretkaga quyiladi.

Titrlash kolbasiga pipetka yordamida aniq hajmda HCl ning standart 0,1000 n eritmasidan (5 yoki 10 ml) o'lchab olinadi. Uning ustiga 2–3 tomchi fenolftalein eritmasidan qo'shib, bu-

retkadagi NaOH eritmasi bilan titrlanadi. NaOH eritmasidan oz-oz qo'shiladi, kolbani tekis aylanma harakatlantirib suyuqlik doimo chayqatib turiladi. Titrlashni 1 tomchi NaOH ta'sirida och pushti rangga o'tguncha davom ettiriladi. Tajriba kamida uch marta (bir-biriga yaqin qiymatlar olguncha) takrorlanadi va jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

№	$V_{\text{HCl}}$ , ml	$V_{\text{NaOH}}$ , ml	Indikator
1.	10,0		
2.	10,0		
3.	10,0		

Analiz natijalari quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$1. V_{\text{NaOH}}^{\text{o'r}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}.$$

$$2. N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}^{\text{o'r}}; \quad N_{\text{NaOH}} = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}^{\text{o'r}}}.$$

$$3. T_{\text{NaOH}} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot E_{\text{NaOH}}}{1000}.$$

$$4. T_{\text{NaOH/HCl}} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot E_{\text{HCl}}}{1000}.$$

## 2- ish. Eritmadagi $\text{H}_2\text{SO}_4$ miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar. 25,00 ml li buretkali shtativ; 5,00 yoki 10,00 ml li pipetka; 10 ml li silindr; 100,00 ml li o'lchov kolbasi; 3 dona 50 ml li konussimon kolba; 10 % li NaOH eritmasi; 0,1000 n HCl ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) standart eritmasi; fenolftalein (1 % li spirtidagi) eritmasi.

100,00 ml li o'lchov kolbasiga ma'lum miqdorda  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasidan (o'qituvchi beradi) quyiladi.

Ishning bajarilish tartibi. Eritma kolbaning belgisigacha distillangan suv quyib suyultiriladi va yaxshilab ara-

lashtiriladi. Titrlash kolbasiga pipetkada 10,00 ml nazorat eritmasidan olinadi, ustiga 2–3 tomchi fenolftalein qo‘shiladi. Dastlab titri aniqlangan NaOH eritmasi bilan eritma och pushti rangga kirguncha titrlanadi. Tajriba uch marta takrorlanadi va jadval ko‘rinishida rasmiylashtiriladi.

№	$V_{k.e.}$ , ml	$V_{NaOH}$ , ml	Indikator
1.	10,0		
2.	10,0		
3.	10,0		

Analiz natijalari quyidagi formulalar bo‘yicha hisoblanadi:

$$Q_{H_2SO_4} = \frac{N_{NaOH} \cdot V_{o'r.NaOH} \cdot E_{H_2SO_4} \cdot V_k}{1000 \cdot V_p},$$

$$X_{H_2SO_4} = \frac{N_{NaOH} \cdot V_{o'r.NaOH} \cdot E_{H_2SO_4} \cdot V_k \cdot 100}{1000 \cdot V_p \cdot V_{k.e.}},$$

bu yerda:  $V_{k.e.}$  – o‘qituvchi tomonidan berilgan nazorat eritmasi hajmi, ml;  $V_k$  – suyultirib ishlatilgan nazorat eritmasi – kolba hajmi, ml;  $V_p$  –  $H_2SO_4$  nazorat eritmasining titrlash uchun olingan hajmi, ml (pipetka hajmida).

### Sut mahsulotlarining kislotaliligi

Sutning kislotaliligi deganda 100 ml sutdagi kislotani neytrallashtirish uchun sarflangan 0,1000 mol/l NaOH eritmasining millilitrlarda ifodalangan soni qabul qilingan (Terner, T° graduslarida ifodalanadi). Sutning kislotaliligi sut tarkibidagi kazein, fosfat, limon va karbonat kislotalarning nordon tuzlari miqdori bilan xarakterlanadi. Sut kislotasining bakteriyalari ta‘sirida sutdan sut kislotasi hosil bo‘ladi. Toza sutning kislotaliligi 16–18 T°. Agar sutning kislotaliligi 27–30 T° bo‘lsa, sut qaynatilganda buziladi. Ba‘zan sut va sut mahsulotlarining kislotaliligi sut kislotasining foizlarda (%) olingan miqdori bilan ifodalanadi

( $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$  – nisbiy molekular massasi 90). 1 ml 0,1000 mol/l NaOH ga ( $1\text{ T}^\circ$ ) 0,009 g sut kislotasi to‘g‘ri keladi. Masalan, 100 g (yoki 100 ml) sutning kislotaliligi  $20\text{ T}^\circ$  bo‘lsa, demak, unda  $20 \cdot 0,0090 = 0,18$  g yoki 0,18 % sut kislotasi bo‘ladi.

### 3- ish. Sutning kislotaliligini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 va 20,00 ml li pipetka; 0,1000 n (0,1000 mol/l) NaOH eritmasi; fenolftalein (1 % li spirtidagi) eritmasi; sut.

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash kolbasiga 10,00 ml sut olib, ustiga 20,00 ml suv, 2–3 tomchi fenolftalein qo‘shiladi va buretkadagi titri aniq bo‘lgan NaOH eritmasi bilan titrlanadi. Eritma och pushti rangga kirguncha titrlash davom ettiriladi. Tajriba uch marta takrorlanib, sutning kislotaliligi quyidagi formula asosida hisoblanadi ( $K, \text{T}^\circ$ ).

$$K = \frac{V_{\text{o‘r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 100}{10 \cdot 0,1} = V_{\text{o‘r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 100$$

bu yerda:  $K$  – sutning kislotaliligi,  $\text{T}^\circ$ ;  $V_{\text{o‘r.NaOH}}$  – 10,00 ml sutni titrlash uchun sarf bo‘lgan o‘rtacha hajm, ml;  $N_{\text{NaOH}}$  – NaOH eritmasining konsentratsiyasi, mol/l; 100 – titrlash uchun olingan sutning hajmi, ml; 0,1 – 0,1 mol/l NaOH eritmasining konsentratsiyasi.

### 4- ish. Qatiqning kislotaliligini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 ml va 20,00 ml li pipetka; 0,1000 n (0,1000 mol/l) NaOH eritmasi; fenolftalein (1% li spirtidagi) eritmasi; qatiq; 50 ml li silindr.

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash kolbasiga pipetka yordamida 10,00 ml qatiq quyiladi, pipetka 20,00 ml suv bilan

chayiladi. Chayindi ham kolbaga quyiladi va ustiga 2–3 tomchi fenolftalein tomizib, titri aniq bo‘lgan buretkadagi 0,1000 mol/l li NaOH eritmasi bilan eritma och pushti rangga kiringuncha titrlanadi. Titrlashni kamida uch marta takrorlab, yuqoridagi formula asosida qatiqning kislotaliligi hisoblanadi.

### **5- ish. Muzqaymoqning kislotaliligini aniqlash**

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 ml va 20,00 ml li pipetka; 0,1000 n (0,1000 mol/l) NaOH eritmasi; fenolftalein (1% li spirtidagi) eritmasi; analitik tarozi va uning toshlari; muzqaymoq.

Ishning bajarilish tartibi. Analitik tarozida 5 g muzqaymoqdan o‘lchab olib, ustiga 30 ml suv va 2–3 tomchi fenolftalein qo‘shiladi. Titri aniq bo‘lgan buretkadagi NaOH eritmasi bilan barqaror och pushti rang hosil bo‘lguncha titrlanadi.

Agar muzqaymoq o‘ziga xos rangga ega bo‘lsa, titrlashni eritmaning rangi nazorat eritmasiga nisbatan o‘zgarguncha davom ettiriladi. Titrlash kamida uch marta takrorlanadi. Muzqaymoqning kislotaliligi ( $K$ ,  $T^\circ$ ) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$K = \frac{V_{\text{o'r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 100}{m \cdot 0,1} = \frac{V_{\text{o'r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 100}{m},$$

bu yerda:  $m$  – muzqaymoqning massasi, g.

### **6- ish. Pivoning kislotaliligini aniqlash**

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 ml va 20,00 ml li pipetkalar; 0,1000 n (0,1000 mol/l) NaOH eritmasi; fenolftalein (1% li spirtidagi) eritmasi; isitgich; 100,0 ml li o‘lchov kolbasi; qaynoq suv; pivo.

Ishning bajarilish tartibi. Pivoning tarkibini  $\text{CO}_2$  dan tozalash uchun chayqatiladi, zarur bo‘lganda filtrlanadi. Pipetka yordamida 10,00 ml pivo 100,0 ml li o‘lchov kolbasiga oli-



nib, belgisigacha distillangan suv quyiladi; suv hammomida  $\text{CO}_2$  dan tozalash uchun bir minut davomida qaynatiladi. Keyin eritma darhol suv krani ostida sovitiladi va 5 tomchi fenolftalein qo‘shiladi. Eritma barqaror och pushti rangga kirguncha titri aniq bo‘lgan 0,1000 mol/l NaOH eritmasi bilan titrlanadi. Titrlash kamida uch marta takrorlanadi.

Pivoning kislotaliligi 100 ml pivoda bo‘lgan sut kislotasining miqdori bilan yoki 100,0 ml pivoni neytrallash uchun sarf bo‘lgan 0,1000 mol/l NaOH ning millilitrlar soni bilan ifodalanaadi. Pivo to‘q rangli bo‘lsa, potensiometriik usulda titrlanadi (216- betga q.).

### 7- ish. Sirkadagi sirka kislota miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 ml va 20,00 ml li pipetkalar; 0,1000 n (0,1 mol/l) NaOH eritmasi; fenolftalein (1 % li spirtidagi) eritmasi; 100,0 ml o‘lchov kolbasi; sirkaning spirtidagi 1% li eritmasi.

Ishning bajarilish tartibi. Hajmi 100 ml bo‘lgan o‘lchov kolbasiga pipetkada 10,00 ml sirkadan olib, belgisigacha distillangan suv qo‘shib suyultiriladi. Tayyorlangan eritmadan titrlash kolbasiga 10,00 ml olib, ustiga 1–2 tomchi fenolftalein qo‘shiladi va titri aniq bo‘lgan NaOH ning 0,1000 mol/l eritmasi bilan och pushti rang hosil bo‘lguncha titrlanadi. Titrlash kamida uch marta takrorlanadi.

1 ml 0,1000 mol NaOH eritmasiga 0,00600 g kislota ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) to‘g‘ri keladi. Sirka kislota miqdori ( $Q$  g/100 ml sirkada) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q = \frac{V_{\text{o'r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 0,06 \cdot 100 \cdot 100}{V_1 \cdot V_2} = \frac{V_{\text{o'r.NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 600}{V_1 \cdot V_2},$$

bu yerda:  $V_1$  – aniqlash uchun olingan sirkaning hajmi, ml;  
 $V_2$  – suyultirilgan sirkaning hajmi, ml.

Sirkada 6 % atrofida sirka kislota bo‘lishi mumkin.

### 8- ish. Nonning kislotaliligini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 25,00 ml li buretkali shtativ; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; 10,00 ml li va 20,00 ml li pipetkalar; 0,1000 n NaOH eritmasi; fenolftalein (1% li spirtidagi) eritmasi; analitik tarozi va toshlari; 500 ml konussimon kolba; qora non.

Xamir achishi natijasida nonda sirka va sut kislotasi hosil bo'lad. Nonning mazasi uning kislotaliligi bilan xarakterlanadi. Nonning kislotaliligi graduslarda ifodalanadi. Masalan: qora nonning kislotaliligi – 12°, bug'doy unidan tayyorlangan nonniki – 6° dan yuqori bo'lmashligi kerak. Kislotaliligi 1° bo'lgan 100 g non tarkibidagi kislotani neytrallash uchun 1,00 n NaOH eritmasidan 1 ml sarflanadi.

Ishning bajarilish tartibi. 500 ml li konussimon kolbaga analitik tarozida o'lchab olingan 50 g qora non maydalab solinadi, ustiga 200 ml issiq distillangan suv qo'shib aralash-tiriladi va yana 50 ml distillangan suv qo'shiladi. Tindirish uchun bir soat qo'yib quyiladi. Bir soatdan keyin tindirilgan eritmaning ustki tiniq qismidan pipetka yordamida 50 ml olib kolbachaga quyiladi, ustiga 2–3 tomchi fenolftalein tomizilib 0,1000 n NaOH eritmasi bilan och pushti rang hosil bo'lguncha titrlanadi.

Hisoblash. Qora nonning ivishidan hosil bo'lgan 50,00 ml suyuqlikni titrlash uchun NaOH ning 0,1000 n eritmasidan 7,2 ml sarf bo'ldi. 250,0 ml uchun qancha sarflanishini topish uchun proporsiya tuzamiz:

$$50,00 \text{ ml} \rightarrow 7,2 \text{ ml}$$

$$250,0 \text{ ml} \rightarrow x$$

$$x = \frac{250 \cdot 7,2}{50} = 36 \text{ ml} .$$

50,0 g qora non tarkibidagi kislotani neytrallash uchun 36 ml 0,1000 n NaOH eritmasi sarf bo'lsa, 100,0 g qora non-

dagi kislotani neytrallash uchun 2 marta ko'p 72,0 ml 0,1000 n NaOH, 1,00 n NaOH eritmasidan 10 marta kam 7,2 ml sarf bo'ladi.

Demak, tekshirilgan qora nonning kislotaliligi 7,2°. Davlat standarti bo'yicha qora nonning kislotaliligi 12° dan oshmasligi kerak.

Foizlarda hisoblaganda:

$$12^\circ \rightarrow 100\%$$

$$7,2^\circ \rightarrow x$$

$$x = \frac{7,2 \cdot 100}{12} = 60\% .$$

Agar nonning kislotaliligi 100 % bo'lsa, non yetilgan xamirdan tayyorlangan bo'ladi. Agar nonning kislotaliligi 100% dan yuqori bo'lsa, non achigan xamirdan tayyorlangan bo'ladi.

### **9- ish. Moy yoki yog' tarkibidagi yuqori molekular yog' kislotasi miqdorini aniqlash**

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: 5,00 ml li mikroburetka; 25 ml li titrlash kolbasi; shtativ; 2,00 ml li pipetka; fenolftalein (1% li spirdagi) eritmasi; 95 % li etil spirti; 0,01000 mol/l KON.

Spirt tarkibida bo'lgan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ni fenolftalein qo'shib, NaOH bilan och pushti rang hosil bo'lguncha neytrallanadi.

Aniqlash tartibi.

*1- usul.* Taxminan 1–3 g moy yoki yog' titrlash kolbasiga solinadi, ustiga ma'lum hajmda neytrallangan spirt quyiladi, 2–3 tomchi fenolftalein tomiziladi va mikroburetkadagi 0,01000 mol/l KON eritmasi bilan och pushti rang hosil bo'lguncha titrlanadi. Titrlashda loyqalanish bo'lsa, etil spirti qo'shiladi.

*2- usul.* Analiz uchun olingan moy yoki yog' namunasi titrlash kolbasiga quyiladi, ustiga 1 ml suv va 1–3 tomchi fenolftalein tomiziladi. Mikroburetkadagi 0,01000 mol/l KON eritmasi bilan suv qavati och pushti rangga kirguncha titrlanadi. Titrlash qizdirish bilan olib boriladi.

Har ikkala analiz usulining natijalari quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$K = \frac{V_{\text{KOH}} \cdot N_{\text{KOH}} \cdot 100}{m},$$

bu yerda:  $K$  – yog‘ yoki moyning kislotaliligi 100 g yog‘ yoki moy tarkibidagi yog‘ kislota miqdori bilan (mmol da) ifodalanadi;  $m$  – yog‘ yoki moyning massasi, g;  $V_{\text{KOH}}$  – titrlashga sarf bo‘lgan 0,01000 mol/l KON ning hajmi;  $N_{\text{KOH}}$  – KON ning mol/l konsentratsiyasi.

**Tayanch iboralar:** eritma konsentratsiyasi; foiz konsentratsiya; normal konsentratsiya; molyar konsentratsiya; molyal konsentratsiya; titr; titrimetrik analiz; ekvivalent nuqta; standart eritmalar; titrant; kislota-asosli indikatorlar.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Titrimetrik analizning mohiyati va turlari haqida nimalarni bilasiz?
2. Titrlashda qo‘llaniladigan reaksiyalar qanday talablarga javob berishi kerak?
3. Qanday moddalar boshlang‘ich moddalar deyiladi va ular qanday talablarga javob berishi kerak?
4. Quyidagi tushunchalarga ta‘rif bering: a) titrant; b) standart eritma; d) titrlashning oxirgi nuqtasi; e) ekvivalent nuqta.
5. Standart eritmalar qanday usullar bilan tayyorlanadi?
6. Neytrallash usulida qanday indikatorlar ishlatiladi va ular qanday talablarga javob berishi kerak?
7. Indikator nazariyasining mohiyati nimadan iborat?
8. 10 ml suyultirilgan sutni titrlash uchun 12,3 ml 0,1022 n NaOH eritmasi sarflandi? Sutning kislotaliligini  $T^\circ$  da hisoblang.
9. 10 ml sutning 10 marta suyultirilgandan keyingi kislotaliligi 19,5  $T^\circ$  ga teng bo‘lsa, shu sutni titrlash uchun 0,1058 n NaOH eritmasidan necha ml sarflangan?
10. 20 ml pivoni titrlash uchun 6,3 ml 0,1031 n NaOH eritmasi sarflandi. Pivoning kislotaliligini hisoblang.

11. 0,2000 g sut kislotasini neytrallash uchun qancha NaOH kerakligini hisoblab toping.
12. 2,50 g yog' etil spirtida eritilganda hosil bo'lgan eritmani titrlashda 1,30 ml 0,1055 n KOH eritmasi sarflansa, yog'ning kislotaliligini toping.
13. Analiz qilinayotgan yog' tarkibida 92 % palmitin kislotasining triglitseridi bor. Shu yog'ning 2 gramini sovunlash uchun necha gramm KOH kerakligini hisoblang.
14. 0,01 m li olein kislotasining triglitseridini sovunlash uchun qancha(ml) KOH zarurligini hisoblang.
15. 2 mol olein kislotasining triglitseridini sovunlash uchun qancha (mol) KOH kerakligini hisoblang.
16. 4,315 mg-ekv NaOH va 4,315 mg-ekv CaCO<sub>3</sub> bilan necha gramm HCl reaksiyaga kirishadi?
17. 20 sm<sup>3</sup> H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> eritmasi (fenolftalein ishtirokida) 0,1n NaOH ning 27,50 sm<sup>3</sup> eritmasi bilan titrlandi. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ning normalligi va titrini P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bo'yicha hisoblang.
18. 200 ml suvda 2,6113 g bura (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O) eritilgan. Eritmaning titrini ba normal konsentratsiyasini hisoblang.
19. 0,050 n 255,0 ml NaOH eritmasini tayyorlash uchun 5% li eritmasidan necha ml olish kerak?
20. Titri 0,003556 g/ml bo'lgan 2,0 litr eritma tayyorlash uchun zichligi 1,179 g/ml bo'lgan HCl eritmasidan qancha olish kerak?
21. Sulfat kislotaning 180 ml 2,5 M va 300 ml 4,0 M eritmalari aralashtirildi. Hosil bo'lgan eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.
22. 200 ml 0,20 n eritma tayyorlash uchun  $d = 1,307$  g/sm<sup>3</sup> bo'lgan 40 % li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasidan necha millilitr olish kerak?
23. KOH ning 0,2 n eritmasidan 500 ml tayyorlash uchun tarkibida 20 % suv bo'lgan KOH dan necha gramm kerak?
24. Zichligi 1,825 g/sm<sup>3</sup> ga teng bo'lgan 92 % li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasining normalligini, titrini va molyarligini hisoblang.
25. 250 ml suvda 3,1 g K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eritildi. Eritmaning normalligini, molyarligini va titrini hisoblang.
26. 4 litr 0,5 n KCl eritmasida 2,5 g KCl eritildi. Eritmaning hajmi 5 litrga yetkazildi. Hosil bo'lgan eritmaning normal konsentratsiyasini hisoblang.

27. 600 ml 0,1260 mol/l HCl eritmasiga 450 ml 0,0978 mol/l HCl eritmasi qo'shildi. Hosil bo'lgan eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.
28. 2,0180 g  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  namunasidan necha ml 0,050 M eritma tayyorlash mumkinligini hisoblang.
29. 100,0 ml eritmada 1,8838 g bura  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  bor. Eritmaning molyarligini, titrini hisoblang.
30. 0,5000 g soda 250,0 ml sig'imli o'lchov kolbasida eritildi. Eritmaning 50,00 ml ni metiloranj indikatorini ishtirokida titrlash uchun 24,00 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasi sarf bo'ldi. Bu eritmaning normalligi va titrini hisoblang.
31. 0,1040 n 25,00 ml NaOH ning eritmasini titrlash uchun, 1 litr eritmada 9,7780 g konsentrlangan  $\text{HNO}_3$  tutgan eritmada 25,45 ml sarf bo'ldi. Eritmadagi  $\text{HNO}_3$  ning % miqdorini hisoblang.
32. Texnik o'yuvchi kaliydan tayyorlangan eritmani titrlash uchun fenolftalein ishtirokida 0,09500 n HCl eritmasidan 22,40 ml sarf bo'lgan, metiloranj ishtirokida titrlanganda esa HCl ning xuddi shu eritmasidan 25,80 ml sarf bo'lgan. Texnik o'yuvchi kaliy tarkibida qancha KOH va  $\text{K}_2\text{CO}_3$  bor?
33.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  va  $\text{NaHCO}_3$  aralashmasi eritmasining 25,00 ml ni fenolftalein ishtirokida titrlash uchun  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ning 0,1200 n eritmasidan 9,46 ml, metiloranj ishtirokida titrlash uchun esa 24,86 ml sarf bo'lgan. Shu eritmaning 250 ml da necha gramm  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  va necha gramm  $\text{NaHCO}_3$  borligini aniqlang.
34. 100 ml «qattiq» suvni titrlash uchun HCl ning 0,0900 n eritmasidan 5,00 ml sarf bo'lgan bo'lsa, suvning karbonat qattiqligini hisoblang.
35. 100 ml suvga  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ning 0,1100 n eritmasidan 10,00 ml ta'sir ettirib bug'latilgandan so'ng ortib qolgan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ni teskari titrlash uchun HCl ning 0,1000 n eritmasidan 6,20 ml sarf bo'lgan bo'lsa, suvning qattiqligini hisoblang.

## 6- mavzu. TITRIMETRIK ANALIZNING OKSIDLANISH-QAYTARILISH USULI

Hajmiy analizning oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslanib, moddalar miqdorini aniqlash usuliga *oksidlanish-qaytarilish* (redoksidimetrik yoki oksidometrik) *usuli* deb aytiladi.

Hamma oksidlanish-qaytarilash usullari ishlatiladigan asosiy titrantning xossasiga ko'ra, bir necha turga bo'linadi. Masalan: permanganat ioni ( $\text{MnO}_4^-$ ) yordamida oksidlashga asoslangan usulga *permanganatometrik*, molekular yod yordamida oksidlanishga yoki yod ionlari  $\text{I}^-$  bilan qaytarishga asoslangan usulga *yodometrik*, xrom (VI) birikmalari ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ;  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) yordamida oksidlashga asoslangan usulga *xromatometrik*, askorbin kislotasi yordamida qaytarishga asoslangan usulga – *askorbinometrik*, titan (III) birikmalari yordamida qaytarishga asoslangan usulga *titanometrik* usul deyiladi va h.k.

Oksidlanish-qaytarilish usullari ham kislota-asosli titrlash usullari kabi ilmiy tekshirish va ishlab chiqarish laboratoriyalarida keng qo'llaniladi. Bu usullar turli xil anorganik va organik moddalar, metallorganik birikmalar, monomerlar, polimerlar, mineral o'g'itlar, dorivor moddalar, oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi u yoki bu modda miqdorini aniqlash imkonini beradi. Bu usullardan ba'zi birlari bilan quyida tanishib chiqamiz.

### 6.1. Oksidlovchi va qaytaruvchilarning molyar ekvivalent massasini hisoblash

Oksidlovchi va qaytaruvchilarning molyar ekvivalent massasi reaksiyada qabul qilgan yoki bergan elektronlar soniga bog'liq bo'lib, modda molekular massasining qabul qilgan yoki bergan elektronlar soniga nisbatiga teng:

$$M_{(g-ekv)} = \frac{M}{n},$$

bu yerda:  $M$  – oksidlovchi va qaytaruvchi moddaning molyar massasi;  $n$  – qabul qilgan yoki bergan elektronlari soni.

Qabul qilgan yoki bergan elektronlar sonini bilish uchun oksidlovchi va qaytaruvchining boshlang'ich va oxirgi oksidlanish darajalarini bilish shart.

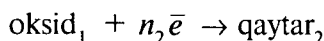
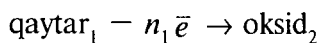
## 6.2. Titrlash egri chizig'i

Oksidimetrik titrlashda reaksiyaga kirishayotgan modda yoki ionlar konsentratsiyasi har doim o'zgarib turadi. Nernst tenglamasiga ko'ra:

$$E = E^0 + \frac{2,3 RT}{nF} \lg \frac{[\text{oksid}]}{[\text{qaytar}]}$$

Titrlashning turli nuqtalarida oksidlanish potentsiali ham o'zgaradi.

Titrlash yarimreaksiya ko'rinishida:



Titrlash jarayonida sistemaning potentsiali oshib boradi, ekvivalent nuqtadagi oksidlash potentsiali quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$E = \frac{n_1 E_1^0 + n_2 E_2^0}{n_1 + n_2},$$

bu yerda:  $n_1$  va  $n_2$  – yarimreaksiya tenglamasidagi bergan yoki qabul qilgan elektronlari soni;  $E_1^0$  va  $E_2^0$  – oksidlovchi-qaytaruvchi juftlarining normal potentsiali. Masalan: 100 ml 0,1 n  $\text{FeSO}_4$  eritmasini kislotali muhitda  $[\text{H}^+] = 0,1$  mol/l, 100 ml 0,1 n standart  $\text{KMnO}_4$  eritmasi bilan titrlash egri chizig'ini chizing.



Titrlash jarayonining ayrim nuqtalarida oksidlanish-qaytarilish potentsiali quyidagicha hisoblanadi.

1. Titrlangunga qadar potentsialni hisoblash:

$$E = 0,77 + \frac{0,058}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

$\text{Fe}^{2+}$  ioni eritmasida oz miqdorda  $\text{Fe}^{3+}$  ioni bo'ladi, uning konsentratsiyasini aniqlash qiyin, shuning uchun oksidimetrik titrlashda bu nuqtadagi potentsial hisobga olinmaydi.

2. Ekvivalent nuqttagacha bo'lgan potentsial quyidagicha hisoblanadi. Faraz qilaylik, 100 ml 0,1 n  $\text{FeSO}_4$  eritmasiga 50 ml 0,1 n  $\text{KMnO}_4$  qo'shildi. Unda eritmada uchta  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  va  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari bo'ladi.  $\text{MnO}_4^-$  ioni esa juda kam:

$$[\text{Mn}^{2+}] = \frac{50 \cdot 0,1}{150} - [\text{MnO}_4^-] = \frac{5}{150};$$

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{50 \cdot 0,1}{150} - [\text{MnO}_4^-] = \frac{5}{150};$$

unda

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{100 \cdot 0,1}{150} - \left\{ \frac{50 \cdot 0,1}{150} - [\text{MnO}_4^-] \right\} = \frac{5}{150}.$$

Muvozanatdagi  $[\text{Fe}^{2+}]$  va  $[\text{Fe}^{3+}]$  ionlari konsentratsiyasi qiymatini qo'yib quyidagi qiymat olinadi:

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{5}{150} \cdot \frac{150}{5} = 0,77 \text{ V}.$$

Demak, eritmaning 50 % i titrlanganda sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsiali aniqlanadigan oksidlovchi-qaytaruvchi juftining standart potentsialiga teng.

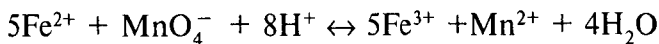
Agar 100 ml 0,1 n  $\text{FeSO}_4$  eritmasiga 99,9 ml 0,1 n  $\text{KMnO}_4$  qo'shilganda eritmada  $\text{Fe}^{2+}$  ionidan 0,1 ml qoladi:

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{99,9 \cdot 0,1}{199,9} - [\text{MnO}_4^-] = \frac{9,99}{199,9};$$

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{100 \cdot 0,1 - 99,9 \cdot 0,1}{199,9} - [\text{MnO}_4^-] = \frac{0,01}{199,9};$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{\frac{99,9}{199,9}}{\frac{0,01}{199,9}} = 0,95 \text{ V.}$$

3. Ekvivalent nuqtada muvozanat qaror topganda:



$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]};$$

$$E_{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}} = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-]}{[\text{Mn}^{2+}]} \cdot [\text{H}^+]^8.$$

Tenglamani hadma-had qo'shsak:

$$6E = 0,77 + 5 \cdot 1,51 + 0,059 \lg \frac{[\text{Mn}^{2+}][\text{MnO}_4^-]}{[\text{Fe}^{2+}][\text{Mn}^{2+}]} \cdot [\text{H}^+]^8.$$

Ekvivalent nuqtada har bir  $[\text{MnO}_4^-]$  ioniga 5  $[\text{Fe}^{3+}]$  ioni to'g'ri keladi:

$$5[\text{Fe}^{2+}] = [\text{MnO}_4^-]; \quad 5[\text{Fe}^{3+}] = [\text{Mn}^{2+}].$$

Ikkinchisini birinchisiga bo'lsak:

$$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{MnO}_4^-]} \quad \text{va} \quad \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{MnO}_4^-]}{[\text{Fe}^{2+}][\text{Mn}^{2+}]} = 1.$$

$\lg 1 = 0$ , u holda:

$$6E = 0,77 + 5 \cdot 1,51; \quad E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{6} = 1,39 \text{ V.}$$

4. Ekvivalent nuqtadan keyingi nuqtalarda potensialni hisoblash. 100 ml 0,1 n  $\text{FeSO}_4$  eritmasiga 100,1 ml  $\text{KMnO}_4$

qo'shilganda  $[\text{MnO}_4^-]$  ionlari ortiqcha bo'lib,  $[\text{Fe}^{2+}]$  ionlari juda kam bo'lganda:

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{100,1 \cdot 0,1}{200,1} - [\text{Fe}^{2+}] = \frac{10,01}{200,1};$$

$$[\text{Mn}^{2+}] = \frac{100 \cdot 0,1}{200,1} - [\text{Fe}^{2+}] = \frac{10,01}{200,1};$$

$$[\text{MnO}_4^-] = \frac{100,1 \cdot 0,1 - 100 \cdot 0,1}{200,1} + [\text{Fe}^{2+}] = \frac{0,01}{200,1}.$$

Bu nuqtadagi sistemaning potentsiali:

$$\begin{aligned} E_{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}} &= 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{\frac{0,01}{200,1}}{\frac{10,01}{200,1}} = \\ &= 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg 10^{-3} = 1,48 \text{ V}. \end{aligned}$$

Olingan natijalar 15- jadval ko'rinishida yozilib, titrlash egri chizig'i chiziladi (5- rasm).

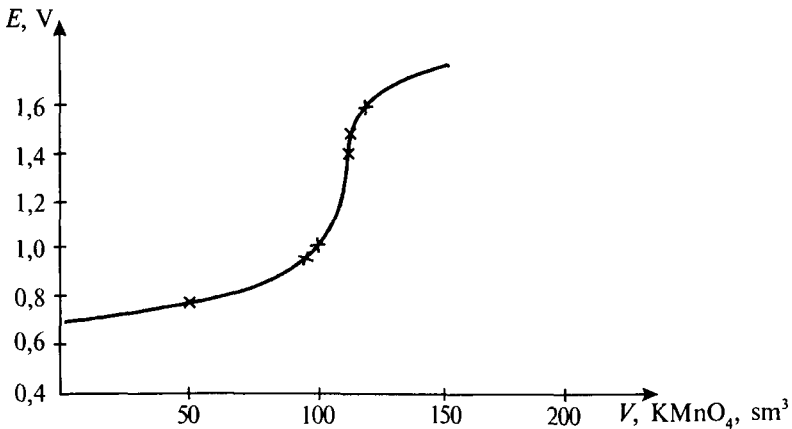
Potensial sakrama  $1,48 - 0,95 = 0,53 \text{ V}$  ga teng.

Chizmadan ko'rinib turibdiki, oksidimetrik titrlash egri chizig'i, shakl jihatidan neytrallash usulidagi titrlash egri chizig'iga o'xshaydi, ya'ni ekvivalent nuqta yaqinida potentsial keskin o'zgaradi. Lekin ekvivalent nuqtaga yaqin bo'lmagan nuqtalarda chiziq bir tekis o'zgarib boradi, ya'ni  $E$  ning qiymati titrlash vaqtida juda sekin o'zgaradi. Oksidimetrik titrlash egri chizig'ida keskin o'zgarish sohasi mavjudligidan foydalanib, ekvivalent nuqtani aniq belgilash uchun maxsus indikatorlardan foydalanish mumkin.

Oksidimetrik titrlash egri chiziqlari eritmaning suyultirilishiga bog'liq emas, chunki Nernst tenglamasiga eritma suyultirilgani bilan o'zgarmaydigan oksidlangan va qaytarilgan formalar konsentratsiyalarining nisbati kiritilgan. Oksidimetrik usulning ney-

100 ml 0,1000 FeSO<sub>4</sub> eritmasini 0,1000 n KMnO<sub>4</sub> eritmasi bilan [H<sup>+</sup>] = 0,1000 g-ion/l bo'lganda titrlashda oksidlanish-qaytarilish potentsiali qiymatining o'zgarishi

Titrlash bosqichi	Qo'shilgan KMnO <sub>4</sub> hajmi, ml	Ortiqcha miqdori, ml		$\frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$	$\frac{[\text{MnO}_4^-]}{[\text{Mn}^{2+}]}$	Hisoblashlar	E, V
		FeSO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>				
2	50	50	—	50/50=1	—	$E = 0,77$	0,77
	91	9	—	91/9=10	—	$E=0,77+0,059\lg 10$	0,829
	99	1	—	99/1=100	—	$E=0,77+0,059\lg 100$	0,889
	99,9	0,1	—	99,9/0,1=1000	—	$E=0,77+0,059\lg 1000$	0,9470
3	100	—	—	—	—	$E = \frac{0,77 + 5 \cdot 1,51}{5 + 1}$	1,387
	100,1	—	0,1	—	0,1/100=0,001	$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg 0,001$	1,475
	101,0	—	1,0	—	1/100=0,01	$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg 0,01$	1,486
	110	—	10	—	10/100=0,1	$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg 0,1$	1,498
	200	—	100	—	100/100=1	$E = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg 1$	1,510



5-rasm. pH = 1 bo'lganda FeSO ning KMnO<sub>4</sub> bilan titrlash egri chizig'i.

trallash usulidan afzalligi shundan iboratki, unda titrlash egri chizig'i eritma konsentratsiyasiga bog'liq emas.

Bu usulning ikkinchi afzalligi shundaki, reaksiya natijasida hosil bo'lgan ionlardan birini kompleksga bog'lash bilan titrlash egri chizig'idagi potensialning keskin o'zgarish sohasini bir oz kengaytirish mumkin. Bu esa analitik kimyo tajribasida katta ahamiyatga ega.

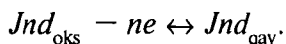
### 6.3. Ekvivalent nuqtani aniqlash

Oksidimetrik titrlashda ekvivalent nuqta ikki usul bilan aniqlanishi mumkin:

1. *Indikatorsiz usul.* Titrlashda ishlatiladigan eritmalaridan biri to'q rangli bo'lsa, undan ortiqcha bir tomchi qo'shish bilan eritma rangini o'zgartirish mumkin. Masalan, permanometrik titrlash.

2. *Indikatorli titrlash.* Ishlatilishiga ko'ra, oksidlanish-qaytarilish va o'ziga xos indikatorlarga bo'linadi:

a) *oksidlanish-qaytarilish indikatorlari* sifatida qayta oksidlanish yoki qaytarilish xususiyatiga ega bo'lgan organik birikmalar ishlatiladi. Ularning oksidlangan ( $Jnd_{oks}$ ) yoki qaytarilgan ( $Jnd_{qay}$ ) formalari har xil rangga ega:



Oksidlanish-qaytarilish sistemasi uchun Nernst tenglamasi quyidagicha yoziladi:

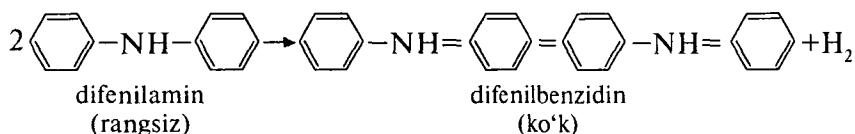
$$E = E^0 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{[Jnd_{oks}]}{[Jnd_{qay}]}$$

Oksidlanish-qaytarilish indikatorlari potensialning ma'lum qiymatida o'z rangini o'zgartirish xossasiga ega. Indikator rangining o'zgarishi  $[Jnd_{oks}]/[Jnd_{qay}]$  nisbatga bog'liq.  $n = 1$  nisbat 10:1 yoki 1:10 bo'lganda, indikatorning o'zgarish sohasi

$$E = E_{Jnd}^0 + 0,059$$

formula bilan hisoblanadi.

$E$  ning qiymati titrlanayotgan eritma potensialiga bog‘liq, chunki eritmada indikator juda kam bo‘ladi. Oksidometrik titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlash uchun rangining o‘zgarish sohasi potensial sakrash oralig‘ida, ya’ni ekvivalent nuqta yaqinida yotadigan indikatorlardan foydalaniladi. Bunday indikatorlar yordamida aniqlangan  $E^0 \geq +0,76$  V bo‘ladi. Masalan, difenilamin ( $E^0 = +0,76$  B) ana shunday indikatorlar turidandir.



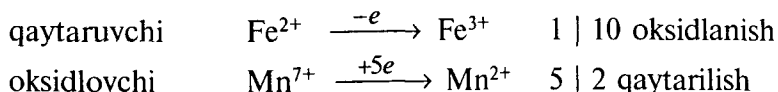
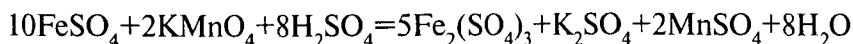
Difenilamin  $E = +0,73$  V qiymatda rangsiz,  $E = +0,79$  V da esa ko‘k rangli difenilbenzidina o‘tadi (xromatometrik titrlashga qarang).

Demak,  $+0,73$  V dan  $+0,79$  V oralig‘ida difenilamin o‘z rangini o‘zgartiradi;

b) *o‘ziga xos indikator*. O‘ziga xos dispers kolloid indikatorga kraxmal misol bo‘la oladi. Kraxmal yod bilan to‘q ko‘k rang adsorbsiyalangan kompleks birikma hosil qiladi ( $\text{pH} = 0$ ) (yodometrik titrlashga qarang).

#### 6.4. Permanganometrik usul

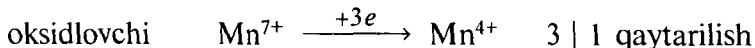
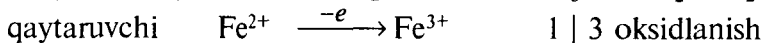
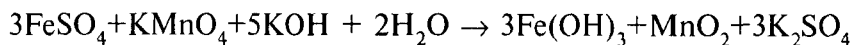
Bu usul moddalar miqdorini permanganat ioni  $\text{MnO}_4^-$  bilan oksidlash reaksiyasi yordamida aniqlashga asoslangan. Permanganat ioni kislotali, ishqoriy va neytral muhitda qaytaruvchilar bilan reaksiyaga kirishadi. Masalan, kaliy permanganatni kislotali muhitda qaytarilishi:



Bu reaksiyada  $\text{KMnO}_4$  ning molyar ekvivalent massasi

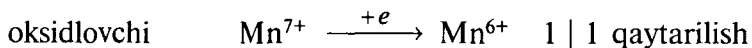
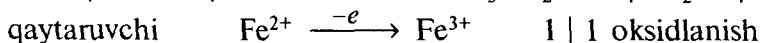
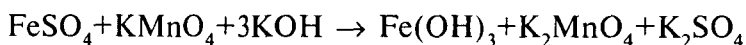
$$M_{(\text{KMnO}_4)} = \frac{M}{n^-} = M(\text{KMnO}_4) : 5 = 158,04 : 5 = 31,61 \text{ g/ekv ga teng.}$$

$\text{FeSO}_4$  ning molyar ekvivalent massasi  $M(\text{FeSO}_4) : 1 = 55,85 \text{ g/ekv ga teng}$ . Kaliy permanganatning neytral yoki kuchsiz ishqoriy muhitda qaytarilishi:



Bu reaksiyada  $\text{KMnO}_4$  ning molyar ekvivalent massasi  $M(\text{KMnO}_4) : 3 = 158,04 : 3 = 52,68 \text{ g-ekv}$ .  $\text{FeSO}_4$  ning molyar ekvivalent massasi  $M(\text{FeSO}_4) : 1 = 55,85 \text{ g-ekv}$ .

Kaliy permanganatning ishqoriy muhitda qaytarilishi:



Elektron tenglamaga ko'ra  $\text{FeSO}_4$  va  $\text{KMnO}_4$  molyar ekvivalent massasi molekular massalariga teng.  $M(\text{FeSO}_4) : 1 = 55,85$ ;  $M(\text{KMnO}_4) : 1 = 158,04$ .

Kaliy permanganatning kislotali muhitda oksidlovchilik xossasi neytral va ishqoriy muhitga qaraganda ancha kuchli.

Birinchi dan, oksidlanish-qaytarilish potentsiallari orasidagi farqning qiymati katta:

$$E_{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}} = +1,51 \text{ V}, \quad E_{\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} / \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-} = +0,59 \text{ V}.$$

Ikkinchi dan,  $\text{MnO}_4^-$  ionlari kislotali muhitda rangsiz  $\text{Mn}^{2+}$  ionlarigacha qaytariladi, ortiqcha  $\text{MnO}_4^-$  ioni esa eritmani och pushti rangga bo'yaydi. Ekvivalent nuqtani aniqlash juda oson bo'lgani uchun permanganatomertik usul bilan bog'liq bo'lgan barcha aniqlashlar kislotali muhitda olib boriladi.

$\text{KMnO}_4$  eritmasining titrini aniqlash uchun turli xil aniqlovchi moddalardan foydalanish mumkin. Bulardan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , temir kukuni va hokazolar. Ko'pchilik hollarda  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  yoki  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kabi qaytaruvchilarning standart eritmasidan foydalaniladi.

**Permanganometrik titrlash usulini qo'llash.** Permanganometrik titrlash usuli zavodlarning analitik kimyo laboratoriyalarida, ilmiy tekshirish va o'quv laboratoriyalarida keng qo'llaniladigan oksidlanish-qaytarilish usullaridan biridir. Permanganometrik usul bilan turli xil organik va anorganik moddalarni aniqlash mumkin.

Masalan, **qaytaruvchilar:** Fe, Bi, Ag, Cd, Zn, Sb, As, P,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ti}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SeO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , aldegid, mochevina, askorbin kislotasi, polifenollar, shakar va hokazo;

**oksidlovchilar:**  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{+4}$ ,  $\text{V}^{+5}$ ,  $\text{Mo}^{+6}$ ,  $\text{W}^{+6}$ ,  $\text{Cr}^{+6}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{JO}_3^-$  va hokazolar.

Permanganometrik titrlash usulining afzalliklari quyidagilardan iborat:

1) ekvivalent nuqtani ortiqcha 1 tomchi  $\text{KMnO}_4$  tomizib, eritmaning pushti rangga kirishiga qarab bilish mumkin (to'g'ri titrlashda);

2) titrlashni kislotali yoki ishqoriy muhitda olib borish mumkin;

3)  $\text{KMnO}_4$  oksidlanish-qaytarilish potentsiali yuqori ( $E_{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}} = +1,51 \text{ V}$ ) bo'lganligi sababli kuchsiz oksidlovchilar yordamida aniqlab bo'lmaydigan moddalarni ham bu usul yordamida aniqlash mumkin;

4)  $\text{KMnO}_4$  arzon va qulay reaktiv;

5) oksidlanish-qaytarilish xossasiga ega bo'lmagan moddalarni ham aniqlash mumkin.

**Kamchiliklari:**

1) boshlang'ich  $\text{KMnO}_4$  eritmasini olish qiyin;

2)  $\text{KMnO}_4$  vaqt o'tishi bilan o'zi titrini o'zgartiradi. Shuning uchun ishlatishdan oldin  $\text{KMnO}_4$  ning titrini aniqlab olish kerak;

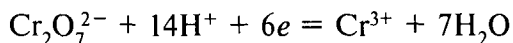


3) permanganatometrik usul  $\text{Cl}^-$  ionlari bilan birga olib borilmaydi, chunki  $2\text{Cl}^- \xrightarrow{-2e} \text{Cl}_2^0$  oksidlanadi;

4) permanganatometrik titrlash xona haroratida olib borilganda reaksiya sekin boradi, shuning uchun eritmani qizdirish talab qilinadi.

## 6.5. Xromatometrik usul

Xromatometrik usul bixrom  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ionini ta'sirida boradigan oksidlanish reaksiyasiga asoslangan. Bixromat ionining oksidlovchilik xossalari tarkibida olti valentli xrom bo'lgan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  anionining  $\text{Cr}^{3+}$  ioniga o'tish reaksiyasi bilan tushuntiriladi.



Bu reaksiyadan ko'rinib turibdiki, agar oksidlanish uchun  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ishlatilsa, uning molyar ekvivalent massa  $294,2 : 6 = 49,03$  g ga teng bo'ladi.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ionini  $\text{Cr}^{3+}$  ioniga qaytarilganda  $\text{H}^+$  ionlari ishtirok etadi. Shuning uchun xromatometrik titrlashlar kislotali muhitda olib boriladi. Standart oksidlanish-qaytarilish potensialining qiymati  $[\text{H}^+]=1$  mol/l bo'lganda  $E^0_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ / \text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}} = 1,33$  ga teng.

Ekvivalent nuqtani aniqlashda ortiqcha bir tomchi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  eritmasi bilan ko'k rangga kiradigan oksidlanish-qaytarilish (red-oks) indikatorini – difenilamin ishlatiladi ( $E = + 0,76$  V).

Xromatometrik titrlash usulining afzalliklari quyidagilar:

1)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ni toza holda olish oson. Uning standart eritmasi aniq o'lchab olingan namunadan tayyorlanadi;

2)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  eritmasi juda barqaror, vaqt o'tishi bilan titri o'zgarmaydi;

3) distillangan suvga tushib qolgan organik moddalar ta'sirda  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  qiyin qaytariladi;

4)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  bilan titrlashni past haroratda ham olib borish mumkin;

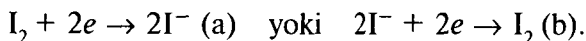
5) qaytaruvchilardan tashqari oksidlovchilarni ham ( $Mn^{+7}$ ,  $Mo^{+6}$ ,  $Cu^{+2}$ ) miqdorini aniqlash mumkin.  $Fe^{+2}$  ionlari ta'sirida oksidlovchilar biror tuzi ko'rinishida qaytarilib, ortiqcha  $Fe^{+2}$  ioni  $K_2Cr_2O_7$  bilan titrlanadi.

Kamchiliklari:

- 1)  $K_2Cr_2O_7$   $KMnO_4$  ga nisbatan kuchsiz oksidlovchi;
- 2) oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi  $K_2Cr_2O_7$  ta'sirida nisbatan sekin boradi;
- 3) indikatorsiz eritma rangining o'zgarishiga qarab ekvivalent nuqtani aniqlash qiyin.

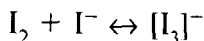
## 6.6. Yodometrik usul

Titrimetrik analizning yod ( $I_2$ ) ning oksidlovchilik (yoki yod ionlari  $I^-$  ning qaytaruvchilik) xossalriga asoslangan usuli *yodometrik usul* deyiladi. Yodometrik usulning asosida quyidagi reaksiyalar yotadi:



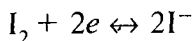
Bu usul bilan reaksiya (a) yordamida qaytaruvchilarni ( $H_2SO_3$ ,  $H_3AsO_3$ ,  $HSbO_3$  ning tuzlari, erkin  $H_2S$ ,  $SnCl_2$  va boshqalar) va reaksiya (b) yordamida oksidlovchilarni ( $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $KClO_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  va boshqalar) aniqlash mumkin.

Qattiq holdagi (kristall) yod suvda kam eriydi. Shuning uchun standart eritma sifatida yodning KI dagi eritmasi ishlatiladi. Yod kaliy yodid eritmasida eriganda  $[I_3^-]$  kompleks ionlarini hosil qiladi.



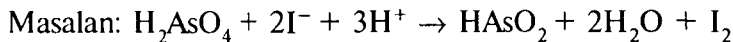
Triyodad – yodid oksidlanish-qaytarilish juftining normal oksidlanish-qaytarilish potentsiali  $E_{[I_3]^-/3I^-} = +0,5355$  V ga,  $E_{I_2/2I^-} = +0,5345$  V ga teng bo'lgani uchun  $I_2/2I^-$  va  $[I_3^-]/3I^-$  oksidlanish-qaytarilish juftlarining oksidlanish potentsiallarini teng deb olishimiz mumkin.

Yodometrik aniqlashda boradigan reaksiyaning asosiy tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:



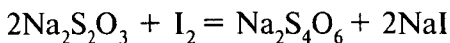
Bu reaksiyada sistemaning oksidlanish potentsiali vodorod ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq emas.

Ammo tarkibida kislorod tutgan moddalar  $I_2$  yoki  $[2I^-]$  bilan vodorod ionlari ishtirokida reaksiyaga kirishib neytral suv molekulasi hosil bo'ladi.

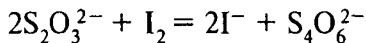


Bunday hollarda esa sistemaning oksidlanish-qaytarilish potentsiali eritmadagi  $[H^+]$  ionlariga bog'liq bo'ladi.

**Qaytaruvchilarni aniqlash.** Agar natriy tiosulfat ( $Na_2S_2O_3$ ) eritmasiga erkin yod ta'sir ettirilsa, quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:



Reaksiya natijasida natriy tetratonat deb ataladigan  $Na_2S_4O_6$  birikma hosil bo'ladi. Bu reaksiya yodometrik usulning muhim reaksiyasi bo'lib, ionli shaklda quyidagicha yoziladi:



Natriy tiosulfatning molyar-ekvivalenti  $248,2 \cdot 2 : 2 = 248,2$  g ga teng ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  formulaga muvofiq). Yodning molyar-ekvivalenti uning molyar-massasiga teng. Titrlash uchun olingan  $Na_2S_2O_3$  ning hamma eritmasi titrlanib bo'lganda, titrlanayotgan suyuqlik bir tomchi yod eritmasi qo'shilishi bilan och sariq tusga kiradi. Demak, bunda ham xuddi xromatometrik va perman-ganometrik usullardagi kabi indikator ishlatmay turib titrlash mumkin. Lekin yodning titrlash oxirida namayon bo'ladigan rangi bilinar-bilinmas bo'lishi sababli ekvivalent nuqtaning aniqlanishini qiyinlashtiradi. Shuning uchun indikator sifatida yod uchun nihoyatda sezgir reaktiv-kraxmal eritmasi ishlatiladi. Ma'lumki, kraxmal yod bilan birikib, ko'k tusli adsorbsion birikma hosil qiladi, kraxmal eritmasidan foydalanilganda, titr-

lash oxirida suyuqlikka yod eritmasidan ortiqcha bir tomchi qo'shish bilan u ko'k tusga kiradi, natijada titrlashning oxirgi nuqtasi aniqlanadi.

Yodometrik titrlash usulining afzalliklari:

1. Yodometrik usul bilan ko'pgina  $I_2$  va  $I^-$  bilan reaksiyaga kirishmaydigan moddalarni aniqlash mumkin. Masalan,  $H_2O$  ni Fisher usuli bilan;

2) boshqa oksidlanish-qaytarilish usullariga nisbatan aniqligi yuqori;

3)  $I_2$  o'ziga xos rangga ega bo'lganligi sababli ekvivalent nuqtani indikatorsiz ham aniqlash mumkin;

4)  $I_2$  suvli eritmadan tashqari organik erituvchilarda yaxshi eriydi, shu sababli titrlashni suvsiz eritmalarda ham olib borish mumkin.

Kamchiliklari:

1)  $I_2$  uchuvchan;

2)  $I^-$  havo  $O_2$  ta'sirida oksidlanadi:  $4I^- + O_2 + 4H^+ \leftrightarrow 2I_2 + 2H_2O$ ;

3) yodometrik titrlash usuli ishqoriy muhitda olib borilmaydi, chunki disproporsiyalanish reaksiyasi boradi;

4) oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi sekin boradi;

5) reaksiya natijasida hosil bo'lgan cho'kma yoki boshqa aktiv moddalarda  $I_2$  adsorbsiyalanadi;

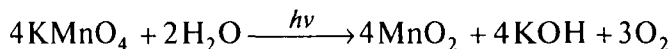
6)  $I_2$  va  $Na_2S_2O_3$  eritmaları vaqt o'tishi bilan titrini o'zgartiradi.

## 6.7. Tajriba mashg'ulotlari

### **1- ish. $KMnO_4$ ning ishchi eritmasini tayyorlash va titrini aniqlash**

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25,00 ml li buretka; 10 va 20 ml li silindr; 100,0 ml li o'lchov kolbasi; 5,00 ml li pipetka; 0,1000 n  $H_2C_2O_4$  ning standart eritmasi; 5% li  $KMnO_4$  eritmasi.

$\text{KMnO}_4$  ning ishchi eritmasini tayyorlash. Quruq  $\text{KMnO}_4$  tuzi toza bo'lmaydi, uning tarkibida qaytarilgan  $\text{MnO}_2$  bo'ladi. Ba'zan tayyorlangan eritmasi ham chang bilan birga suvga tushgan qaytaruvchilar ( $\text{NH}_3$  organik moddalar) ta'siridan oson buziladi. Natijada, tayyorlangan  $\text{KMnO}_4$  eritmasining konsentratsiyasi biroz o'zgaradi. Demak,  $\text{KMnO}_4$  ning standart eritmasini quruq tuzdan aniq miqdorda tortib olish bilan tayyorlab bo'lmaydi. Shuning uchun laboratoriyada oldindan (8–10 kun oldin) tayyorlab qo'yiladi (5% li). Eritma  $\text{MnO}_2$  cho'kmasidan ajratib tashlanadi, aks holda u katalizator sifatida  $\text{KMnO}_4$  ning parchalanishini tezlashtiradi. Tayyorlangan eritma qorong'i joyda yoki qora shisha idishlarda saqlanishi kerak.  $\text{KMnO}_4$  ning parchalanish reaksiyasi yorug'lik ta'sirida tezlashadi:



$\text{KMnO}_4$  ning ishchi eritmasini laboratoriyada bor 5% li eritmadan 0,1 n 100,0 ml eritma tayyorlang:

$$m = \frac{E \cdot N \cdot V}{1000}.$$

$\text{KMnO}_4$  ning kislotali muhitda molyar ekvivalent massasi 31,61 g ga tengligini bilgan holda:

$$m = \frac{31,61 \cdot 0,1 \cdot 100}{1000} = 0,316 \text{ g}.$$

$$100 \text{ g eritmada} \rightarrow 5 \text{ g KMnO}_4$$

$$x \rightarrow 0,3161 \text{ g KMnO}_4$$

$$x = \frac{10 \cdot 0,316}{5} = 6,32 \text{ g}.$$

Eritmaning zichligi  $1\text{g}/\text{sm}^3$  ga juda yaqin bo'lgani uchun bu eritmaning 6,32 grammi 6,32 ml ga teng.

Ishning bajarilish tartibi: Demak, silindr yordamida 5% li  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan 6,3 ml olib 100,0 ml o'lchov

kolbasiga quyiladi, kolbaning belgisigacha distillangan suv quyib suyultiriladi, 0,1 n  $\text{KMnO}_4$  eritmasi tayyorlab buretkaga quyiladi.  $\text{KMnO}_4$  ning titri fiksandalan yoki tortma usuli bilan aniqlanadi.  $\text{KMnO}_4$  ning titri fiksandalan yoki tortma usuli bilan aniqlanadi. Titrash kolbasiga 5,000 ml pipetka yordamida 0,1000 n  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  eritmasi bilan aniqlanadi. Titrash kolbasiga 5,000 ml pipetka yordamida 0,1000 n  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  eritmasidan, ustiga 5 ml 10 % li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasidan silindr yordamida olib quyiladi. Aralashma 70–80° C gacha qizdiriladi va buretkadagi  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan tomchilatib uzluksiz aralashtirib turiladi. Keyingi tomchi eritma rangsizlangandan so'ng qo'shiladi. Bu avtokatalitik reaksiya bo'lib, reaksiya uchun katalizator bo'lgan  $\text{Mn}^{2+}$  ionlarining hosil bo'lishi bilan eritma tez rangsizlanadi. Bir tomchi  $\text{KMnO}_4$  ta'sirida 1–2 minut davomida yo'qolmaydigan och pushti rang hosil bo'lguncha titrlash davom ettiriladi. Tajriba 3 marta takrorlanadi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

T/r	$V(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , ml	$V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ , ml	$V(\text{KMnO}_4)$ , ml	Indikator
1	10,00	8,00		
2	10,00	8,00		
3	10,00	8,00		

Quyidagi formulalar yordamida  $\text{KMnO}_4$  ning titri hisoblanadi:

$$N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{o'r.KMnO}_4} = N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}; \quad (1)$$

$$N_{\text{KMnO}_4} = \frac{N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{o'r.KMnO}_4}};$$

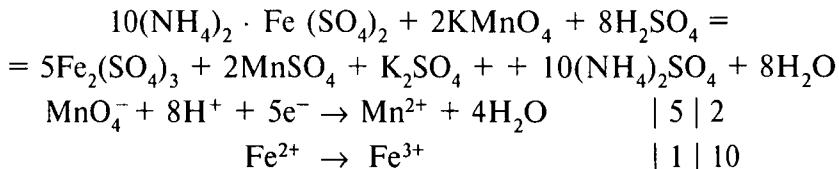
$$T_{\text{KMnO}_4} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot E_{\text{KMnO}_4}}{1000}; \quad (2)$$

$$T_{\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot E_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{1000}. \quad (3)$$

## 2- ish. Mor tuzi tarkibidagi Fe (II) ionlari miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25 ml li buretka; 20 ml li silindr;  $\text{KMnO}_4$  ning ishchi eritmasi; Mor tuzi eritmasi; 10 % li  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash quyidagi reaksiyaga asoslangan:



Mor tuzi tarkibidagi temirning molyar ekvivalent massasi atom massasi (A: 55,85 g) ga teng. O'qituvchi tomonidan berilgan nazorat eritmasiga 10–12 ml 10 % li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qo'shiladi va yuqoridagi ishda titri aniqlangan  $\text{KMnO}_4$  eritmasi bilan pushti rang hosil bo'lguncha titrlanadi. Olingan natijalar asosida eritmadagi temir (III) miqdori quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$g_{\text{Fe}} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} \cdot E_{\text{Fe}}}{1000};$$

$$g_{\text{Fe}} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} \cdot E_{\text{Fe}} \cdot V_{\text{o.k.}}}{1000 \cdot V_{\text{pipetka}}};$$

bu yerda:  $V_{\text{o.k.}}$  – o'lchov kolbasining hajmi (o'qituvchi tomonidan berilgan nazorat eritmasi);  $V_{\text{pipetka}}$  – titrlash uchun olingan eritma hajmi.

## 3- ish. Yodometrik titrlashda standart va ishchi eritmalarni tayyorlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: texnokimyoviy tarozi va toshlari; analitik tarozi va toshlari; 5,00 yoki 10,00 ml li pipetka; kraxmal;  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; shtativ; 25,00 ml li buretka; silindr (25 ml li); 250 ml li o'lchov kolbasi; 20 % KI eritmasi;  $\text{I}_2$  kristali; qayta kristallangan  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$ .

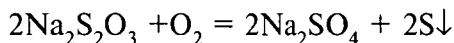
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning ishchi eritmasini tayyorlash.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning titrlangan eritmasini ayrim sabablarga ko'ra tortim usuli bilan tayyorlab bo'lmaydi. Chunki:

1. Tiosulfat dastlabki moddalarga qo'yilgan talablarga javob bermaydi. Aksariyat hollarda suvda erigan karbonat kislotasi bilan quyidagi tenglamaga muvofiq reaksiyaga kirishadi:



Natijada uning konsentratsiyasi o'zgaradi. Shuning uchun  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasining titri 8–10 kundan keyin aniqlanadi.

2.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  havodagi kislorod bilan oksidlanadi.



3. Xuddi shunday  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasining konsentratsiyasi mikroorganizmlar ta'sirida ham o'zgaradi.

Demak,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning titri vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Shuning uchun uning titrini ishlatishdan oldin tekshirib turish kerak.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning molyar-ekvivalent massasi 248,2 g ekanligini bilib, 0,050 n 250,0 ml eritmasidan tayyorlash uchun:

$$m = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 248,2 \cdot 250}{1000} = 3,1020 \text{ g.}$$

3,5 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  texnokimyoviy tarozida tortib, 250 ml li o'lchov kolbasiga solinib, belgisigacha distillangan suv quyib eritma tayyorlanadi.

#### **Yod eritmasini tayyorlash.**

Yodning molyar-ekvivalent massasi, gramm-atomiga, ya'ni 126,9  $\approx$  127 g teng. 0,050 n 250,0 ml yodning eritmasini tayyorlash uchun

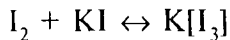
$$m = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 127 \cdot 250}{1000} = 1,587 \text{ g}$$

$\text{I}_2$  kerak bo'ladi.

Yodning suvda yomon erishini bilgan holda, yodni KI ning to'yingan eritmasida (2–3 g KI ozgina suvda) eritiladi, bunda



quyidagi tenglamaga muvofiq qizil-qo'ng'ir tusli va suvda eruvchan kompleks birikma  $K[I_3]$  hosil bo'ladi:



### **Kraxmal eritmasini tayyorlash.**

~ 0,5 g kraxmal 50 ml suvda eritilib 100 ml qaynoq suvga aralastiriladi va shaffof eritma hosil bo'lguncha qaynatiladi. Eritma sovitilib indikator sifatida ishlatiladi.

### **$K_2Cr_2O_7$ ning standart eritmasini tayyorlash.**

$K_2Cr_2O_7$  barqaror, boshlang'ich moddalarga qo'yiladigan talblarga javob berganligi sababli molyar ekvivalent massasi  $294,18 : 6 = 49,03$  g bo'lgan 0,05000 n 250,0 ml  $K_2Cr_2O_7$  eritmasini tayyorlash uchun qayta kristallangan  $K_2Cr_2O_7$  dan analitik tarozida

$$m = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 49,06 \cdot 250}{1000} = 0,6128 \text{ g}$$

tortib olinadi va 250,0 ml li o'lchov kolbasida distillangan suv qo'shib eritiladi.

### **$Na_2S_2O_3$ ning titrini aniqlash.**

Yuqorida tayyorlangan  $Na_2S_2O_3$  ning 0,050 n eritmasi buretkaga quyiladi. Konussimon katta kolbaga yodning KI dagi eritmasidan silindrda 5–7 ml o'lchab olinadi. Ustiga  $H_2SO_4$  ning 2 n eritmasidan 10–15 ml olinadi. Aralashmaga tayyorlangan 0,05000 n  $K_2Cr_2O_7$  ning standart eritmasidan 25 ml olib quyiladi va yod uchib ketishining oldini olish uchun kolbaning og'zini soat oynasi bilan bekitilib, aralashma reaksiya tugaguncha, ya'ni 5 minut qorong'i joyga qo'yiladi.

Keyin soat oynasi distillangan suv bilan aralashma ustida chayiladi. Kolbaga yana 200 ml suv quyiladi, undagi eritma tiosulfat bilan titrlanadi. Eritma to'q qo'ng'ir tusdan och sariq tusga kirgandan keyin unga kraxmal eritmasidan 5 ml ga yaqin solinadi va  $Na_2S_2O_3$  eritmasining eng keyin qo'shiladigan bir tomchisi ta'siridan eritmaning ko'k tusi och yashil tusga aylan-

guncha titrlash davom ettiriladi. Tajriba 3 marta takrorlanadi. Olingan natijalar asosida  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning titri hisoblanadi:

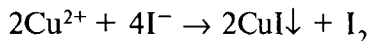
$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{N_{\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7}}{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}};$$

$$T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7} \cdot E_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{1000}.$$

#### 4- ish. Mis kuporosi tarkibidagi misni aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25,00 ml li buretka; 150 ml li hajmli konussimon titrlash kolbasi; 10,00 ml li pipetka; 100,0 ml o'lchov kolbasi; 20 % KI eritmasi; 0,1 n  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi.

Misni yodometrik aniqlash asosida quyidagi reaksiya yotadi.



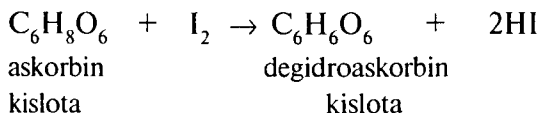
Nazorat eritmasi sifatida  $\text{CuSO}_4$  ning eritmasi o'qituvchi tomonidan beriladi.

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash kolbasiga 20% li KI eritmasidan 15 ml nazorat eritmasidan ( $\text{CuSO}_4$ ) pipetkada 25,00 ml olib quyiladi. Kolbaning og'zini soat oynasi bilan yopib, qorong'i joyga 5 minutga qo'yiladi. Keyin buretkadagi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi bilan titrlanadi. Yuqorida qayd qilinganidek, titrlash oxirida eritma va unga aralashgan cho'kma sariq rangga o'tganidan keyin 5 ml kraxmal eritmasi qo'shiladi. Eritmaning to'q rangi oxirgi tomchi  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi ta'siridan yo'qolib, novvot rangga ( $\text{CuI}$  cho'kmasi aralashgan) kiringuncha titrlash davom ettiriladi. Tajribani 3 marta takrorlab, eritmadagi misning miqdorini quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q_{\text{Cu}(\text{gr})} = \frac{E_{\text{Cu}} \cdot N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{1000}.$$

### 5- ish. Meva sharbati tarkibidagi askorbin kislotasi miqdorini aniqlash

Meva sharbati tarkibidagi askorbin kislotasi miqdorini yodometrik aniqlashda teskari titrlash usulidan foydalaniladi. Bunda yod oksidlovchi bo'lib ortiqcha miqdorda qo'shiladi:



Reaksiyaga kirishmay qolgan yod kraxmal indikatorini ishtirokida  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi bilan titrlanadi.

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25,00 ml li buretka; 20,00 ml li Mor pipetkasi; 2,00 ml li pipetka (darajalangan); 2 dona 50 ml li titrlash kolbasini; 6 mol/l  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasi; 0,005000 mol/l yod eritmasi; 0,02000 mol/l  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi; 1% li kraxmal eritmasi.

Ishning bajarilish tartibi. Ikkita titrlash kolbasini olib biriga 20 ml distillangan suv, ikkinchisiga 20,00 ml meva sharbati quyiladi. Kislotali muhitga keltirish uchun har ikkalasiga 4 ml dan 6 mol/l  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasidan qo'shiladi. Ustiga pipetka yordamida 2,00 ml dan yod eritmasidan qo'shiladi. 3–5 minutdan keyin har ikkalasi 0,02000 mol/l  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  standart eritmasi bilan titrlanadi. Titrlash oxirida eritma och sariq rangga kirgandan keyin kraxmal eritmasidan 1 ml qo'shiladi, titrlash ko'k rang yo'qolguncha davom ettiriladi. Ko'rsatilgan sharoitda boshqa qaytaruvchilar (glukoza) yod bilan ta'sirlashmaydi.

Aniqlanayotgan meva sharbati tarkibidagi askorbin kislotasining miqdori (molekular massasi 176,1 g) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m = (V_1 - V_2) N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot 2 \cdot 0,1761$$

bu yerda:  $V_1$  va  $V_2$  – nazorat namunasini va meva sharbatini titrlash uchun sarflangan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning hajmi, ml.

**Tayanch iboralar:** oksidlanish-qaytarilish, oksidimetriya; oksidlanish-qaytarilish indikatorlari; permanganometriya; avtokatalitik (Shilov reaksiyasi) reaksiya; xromatometriya; yodometriya.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Hajmiy analizning oksidlanish-qaytarilish usullari va ularning mohiyati to'g'risida qisqacha ma'lumot bering.
2. Nernst tenglamasini yozib, undagi barcha qiymatlarga izoh bering.
3. Oksidlanish-qaytarilish potentsiali nima? Unga ta'sir etuvchi omillarni ko'rsating.
4. Oksidlanish-qaytarilish usullarida ekvivalent nuqta qanday aniqlanadi? Misollar keltiring.
5. Oksidimetrik titrlashda avtokatalitik reaksiyaning ahamiyati nimada? Misollar keltiring.
6. Oksidlanish-qaytarilish indikatorlari qanday indikator? Bu indikator rangi qanday kimyoviy jarayonlar natijasida o'zgaradi?
7. Oksidimetrik titrlash usuli yordamida qanday moddalar miqdori aniqlanadi? Misollar keltiring.
8. Permanganatometrik usulning mohiyati nimada? Nima uchun  $\text{KMnO}_4$  ning standart eritmasini bevosita uning tuzidan tayyorlab bo'lmaydi?
9. Yodometrik usulning mohiyati nimada? Ishchi eritmalari qanday tayyorlanadi?
10. Yodometrik analiz usuli bilan qanday moddalar miqdori aniqlanadi? Bu usulda to'g'ri, teskari va o'rinbosarni titrlashga misollar keltiring.
11. Titrimetrik analizda qo'llaniladigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari qanday talablarga javob berishi kerak?
12. Permanganatometrik, yodometrik va xromatometrik analiz usullari qanday afzallik va kamchiliklarga ega?
13. 500 ml hajmli kolbada 1,8750 g  $\text{KMnO}_4$  eritildi. Eritmaning kislotali va ishqoriy muhit uchun normalligi va titrini hisoblang.
14. 0,02050 n  $\text{KMnO}_4$  eritmasining a)  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ; b) Fe bo'yicha titrini hisoblang.

15. Kaliy permanganatning normalligi 0,01200 n ga teng. Uning  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  va  $\text{KNO}_2$  bo'yicha titrini hisoblang.
16. 15 ml  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ni titrlash uchun 0,01830 n eritmasidan 8,30 ml  $\text{KMnO}_4$  sarflandi. Oksalat kislotasining normal konsentratsiyasini va  $\text{KMnO}_4$  bo'yicha titrini hisoblang.
17.  $T_{\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 0,00325$  g/ml bo'lgan  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan 1,5 litr tayyorlash uchun necha gramm  $\text{KMnO}_4$  kerakligini hisoblang. 50,20 ml  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ni titrlash uchun (kislotali muhitda)  $T_{\text{KMnO}_4} = 0,005751$  g/ml  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan 21,40 ml sarf bo'ldi.  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ning shu eritmasidan 500,0 ml tayyorlash uchun necha gramm  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  kerakligini hisoblang.
18. Tarkibida aralashmalari bo'lgan  $\text{KNO}_2$  tuzining 0,9457 grammi 300 ml suvda eritildi. Bu eritmaning 20,00 ml ni titrlash uchun 16,85 ml ( $T_{\text{KMnO}_4/\text{FeO}} = 0,007984$  g/ml) kislotali muhitda  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan sarf bo'ldi. Namuna tarkibidagi  $\text{KNO}_2$  ning foiz miqdorini hisoblang.
19. 0,07000 g temir simni havo kiritmasdan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  da eritilgandan hosil bo'lgan  $\text{FeSO}_4$  eritmasini titrlash uchun (kislotali muhitda)  $\text{KMnO}_4$  ning 0,05000 n eritmasidan 14,42 ml sarf bo'ldi. Temir sim tarkibidagi temirning miqdorini grammlarda va foizlarda hisoblang.
20. Tarkibida  $\text{MnO}_2$  bo'lgan 0,2000 g ruda (kislotali muhitda) 25,00 ml  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bilan ishlendi. Reaksiyaga kirishmay qolgan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ni titrlash uchun (kislotali muhitda)  $\text{KMnO}_4$  ning 0,2000 n eritmasi bilan teskari titrlanganda 20,00 ml sarf bo'ldi. Agar 25,00 ml  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  eritmasini titrlash uchun 45,00 ml  $\text{KMnO}_4$  eritmasi sarf bo'lishi ma'lum bo'lsa, rudadagi marganesning foiz miqdorini hisoblang.
21. Agar 25,00 ml  $\text{CaCl}_2$  eritmasiga  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,1000 n eritmasidan 40,00 ml qo'shib, hosil bo'lgan  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  cho'kmani ajratib olgandan so'ng reaksiyaga kirishmay qolgan ortiqcha  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  ni titrlash uchun  $\text{KMnO}_4$  ning 0,0200 n eritmasidan 15,00 ml sarf bo'lsa, 250,0 ml  $\text{CaCl}_2$  eritmasida necha gramm kalsiy bo'ladi?

22. 0,1812 g kaliy xlorat tutgan eritmaga 100,00 ml 0,08520 n  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  eritmasi qo'shilgan. Ortib qolgan natriy oksalatni titrlash uchun 48,69 ml 0,05 n  $\text{KMnO}_4$  eritmasi sarf bo'lgan. Namuna tarkibidagi  $\text{KClO}_3$  ning foiz miqdorini hisoblang.
23. 0,7327 g marmar toshning kislotada erishidan hosil bo'lgan eritmaga 1,4960 g  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  tutgan eritmadan qo'shib eritmaning umumiy hajmi 200,00 ml ga yetkazilgan. Hosil bo'lgan cho'kma filtrlangan. Filtratning 25,00 ml ni titrlash uchun 0,05000 n 19,90 ml  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan sarf bo'lgan. Namuna tarkibidagi  $\text{CaO}$  ning foiz miqdorini hisoblang.
24. 2,6770 g texnik  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  dan 200,00 ml eritma tayyorlangan. Hosil bo'lgan eritmaning 20,00 ml ini titrlash uchun (kislotali muhitda) 19,20 ml  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan ( $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0,005585 \text{ g/ml}$ ) sarf bo'lgan. Namuna tarkibidagi  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ning foiz miqdorini hisoblang.
25. Analiz qilinayotgan namuna tarkibida 6,00 mg glukoza bor. Shu namunani titrlash uchun 0,0212 M  $\text{KMnO}_4$  eritmasidan necha ml sarflanishini hisoblang.
26. 250,00 ml sig'imli o'lchov kolbasida 1,1250 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  eritildi. Tayyorlangan eritmaning 25,00 ml ni titrlash uchun 24,22 ml natriy tiosulfat sarf bo'ldi.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasining normal konsentratsiyasini va titrini hisoblang.
27. 0,05000 n 25,00 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasini titrlash uchun qancha  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  kerak?
28. 0,1150 g kimyoviy toza  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  saqlagan eritmaga kislotali sharoitda  $\text{KI}$  qo'shilgan. Ajralib chiqqan yodni titrlash uchun 24,80 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sarf bo'lgan.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ning titrini hisoblang.
29. 0,8432 g  $\text{Na}_2\text{S}$  saqlagan 200,00 ml eritmaning 20,00 ml ni titrlashda 14,42 ml 0,1000 n yod eritmasidan sarflanadi.  $\text{Na}_2\text{S}$  ning foiz miqdorini hisoblang.
30. 3,7900 g  $\text{FeCl}_3$  saqlagan 250,00 ml eritmaning, 25,00 ml ga kislotali muhitda  $\text{KI}$  qo'shildi. Ajralib chiqqan yod 32,10 ml 0,1 n  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  eritmasi bilan titrlandi.  $\text{FeCl}_3$  ning foiz miqdorini hisoblang.
31. 500,00 ml 0,02000 m eritmada necha gramm  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  borligini va eritmaning yod bo'yicha titrini hisoblang.
32. 10,00 ml yod eritmasini titrlash uchun 13,00 ml 0,2660 n  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sarflandi. Yod eritmasining normalligini va eritmaning  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  bo'yicha titrini hisoblang.

## 7- mavzu. CHO'KTIRISH VA KOMPLEKS HOSIL QILISH USULLARI

### 7.1. Cho'ktirish usulining mohiyati

Cho'ktirish usuli, titrlashda biror qiyin eriydigan birikmalar hosil bo'ladigan reaksiyalarni qo'llashga asoslangan.

Cho'ktirish usuli cho'ktiruvchi titrantning xossasiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi:

- argentometrik titrant  $\text{AgNO}_3$ ;
- merkurimetrik titrant  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ;
- merkurometrik titrant  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ .

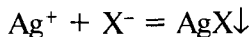
Cho'ktirish usulida bir qator shartlarga rioya qilish kerak:

- cho'kma amalda erimaydigan bo'lishi;
- cho'kma yetarli darajada tez tushishi (ya'ni o'ta to'yingan eritmalarning hosil bo'lishi yuz bermasligi);
- adsorbsiya (birga cho'kish) hodisalari ta'sirida titrlash natijalari noto'g'ri bo'lmasligi;
- titrlashda ekvivalent nuqtani belgilab olish uchun imkoniyat bo'lishi kerak.

Bu talablar hajmiy analizda qo'llanilishi mumkin bo'lgan reaksiyalar sonini juda kamaytirib yuboradi.

### 7.2. Argentometrik (Mor) usul

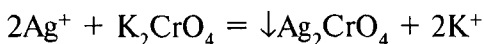
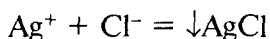
Cho'ktirish usullaridan ahamiyatlisi argentometrik (Mor) usul hisoblanadi. Mor usuli kumush ionlarining galogen ionlari bilan ta'sirlashib cho'kma hosil bo'lishiga asoslangan:



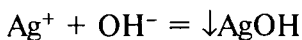
bu yerda:  $\text{X}^-$  –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$  va boshqa anionlar.

$\text{AgNO}_3$  va  $\text{NaCl}$  ishchi eritma,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  eritmasi esa indikator sifatida ishlatiladi. Ayniqsa, Mor usuli bilan xlorid va bro-

midlar miqdorini aniqlash qulay. Xlorid (yoki bromid) eritmasiga 1–2 tomchi  $K_2CrO_4$  eritmasi qo‘shib,  $AgNO_3$  ning standart eritmasi bilan titrlaganda, ekvivalent nuqta yaqinida eritmadagi  $Cl^-$  (yoki  $Br^-$ ) ionlarining deyarli hammasi  $AgCl$  (yoki  $AgBr$ ) holdida cho‘kkanidan keyin eritmadagi ortiqcha tomizilgan  $AgNO_3$  bilan  $K_2CrO_4$  qizil rangli  $Ag_2CrO_4$  cho‘kmasini hosil qiladi. Reaksiya tenglamasi:



Mor usuli bilan titrlash faqat neytral muhitda olib boriladi. Kislotali muhitda  $Ag_2CrO_4$  erib ekvivalent nuqtani aniqlash qiyin bo‘ladi. Ishqoriy muhitda esa  $Ag^+$  ioni  $OH^-$  ioni bilan ta’sirlashib  $AgOH$  ni hosil qiladi va  $Ag_2O$  ga parchalanadi:



Bu usul yodid, rodanid ionlarini titrlashda qo‘llanilmaydi, chunki kumush yodid va rodanid  $K_2CrO_4$  ni kuchli adsorbtsiyalaydi, natijada ekvivalent nuqtani aniqlab bo‘lmaydi.

### 7.3. Kompleks hosil qilish usuli

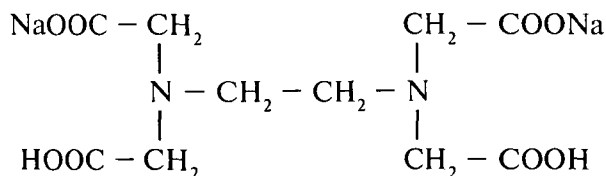
Kompleks hosil qilish usullari kompleks hosil qilish reaksiyalarining qo‘llanilishiga asoslangan.

Masalan, kompleks hosil qilish usulini qo‘llab, kompleks hosil qilishga moyil bo‘lgan kationlar ( $Ag^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ) va anionlar ( $CN^-$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$  va hokazo) miqdorini aniqlash mumkin.

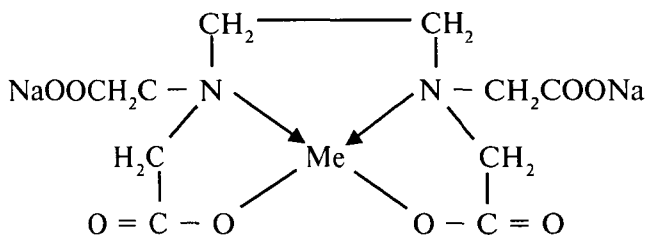
Keyingi yillarda ko‘pchilik kationlar bilan kompleks hosil qiladigan organik moddalar keng tarqaldi. Bu moddalar *kompleksonlar* deyiladi. Ulardan eng muhimi ko‘p sonli kationlarni aniqlash uchun ishlatiladigan Trilon-B (etilendiamintetrasirka kislotaning ikki natriyli tuzi)dir. Trilon-B ning ishchi eritmasi yordamida



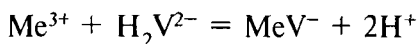
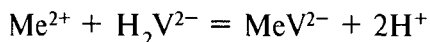
suvning umumiy qattiqligini aniqlash mumkin. Kompleksonlar ba'zi aminopolikarbon kislotalar yoki ularning tuzlaridir. Etilendiamintetrasirka kislota (EDTA) va uning tuzi — etilendiamintetrasirka kislotaning ikki natriyli tuzi (Trilon-B) turli kationlarni aniqlashda ishlatiladigan kompleksondir (komplekson-III). Uning formulasi:



Trilon-B boshqa kompleksonlar kabi turli metallar bilan suvda eriydigan ancha barqaror ichki kompleks birikmalar hosil qiladi. Bunda metall ionlari karboksil guruh ( $-\text{COOH}$ ) dagi vodород atomlari o'rnini egallaydi va shu bilan bir qatorda azot atomlari bilan koordinatsion bog' orqali birikadi:



Umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:



Reaksiya tenglamasidan ko'rinadiki, reaksiya natijasida eritmada  $\text{H}^+$  ionlari to'planadi. Kompleks birikma muhit  $\text{pH}=8-10$  bo'lganda barqaror bo'ladi. Shuning uchun metall tuzlarini Trilon-B bilan titrlash ammiakli bufer eritma ishtirokida olib boriladi.

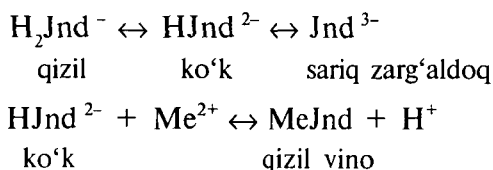
Trilon-B hosil qilgan ichki kompleks birikmalarning beqarorlik konstantalari juda kichik ( $10^{-9}$  dan  $10^{-18}$  gacha) bo'lib, bu birikmalarning ancha barqaror ekanligini ko'rsatadi. Masalan, Trilon-B ning  $K_{\text{beqar, Ca}^{2+}} = 2,6 \cdot 10^{-11}$ ,  $K_{\text{beqar, Mg}^{2+}} = 2 \cdot 10^{-9}$  ga teng.

Ichki kompleks birikmalarning barqarorligiga harorat va organik erituvchilar, ayniqsa, eritma muhiti (pH) juda katta ta'sir qiladi.

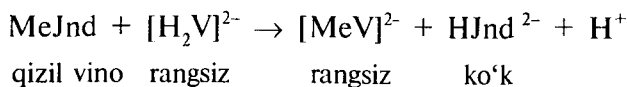
**Ekivalent nuqtani aniqlash.** Kompleksonometrik titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlash uchun organik bo'yoqlar: to'q-ko'k kislotali xrom, erioxrom qora T, xromogen ET-100, mureksid va boshqalar ishlatiladi. Bu indikatorlar metall ionlari bilan titrant-kompleksonlar hosil qiladigan kompleks birikmalarga nisbatan beqarorroq (juda kam barqaror) rangli kompleks birikmalar hosil qiladi.

Shuning uchun ham bu indikatorlar metall-xrom indikatorlar deyiladi.

Erioxrom qora  $T = 3$  asosli kislota bo'lib, dissotsilanganda quyidagi ionlarni hosil qiladi:



Trilon-B bilan titrlanganda MeJnd kompleks birikma buziladi. Metall ionlari Trilon-B bilan bog'lanib, ancha barqaror kompleks birikmani hosil qiladi. Indikator anioni qayta eritmaga o'tib, uni ko'k rangga kiritadi:



pH=8-9 bo'lganda eritmaning rangi keskin o'zgaradi. Reaksiya natijasida hosil bo'lgan  $\text{H}^+$  ionini bog'lab olish uchun titrlash ammiakli bufer eritma ishtirokida olib boriladi.

## 7.4. Tajriba mashg'ulotlari

### *1- ish.* Trilon-B eritmasining titrini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: 1,0 litrli o'lchov kolbasi; 5,00 yoki 10,00 ml li pipetka; shtativ; 25,00 ml li buretka; 3 dona 50 ml li titrlash kolbasi; yuvgich; Trilon-B; qora erioxrom-T\*; ammiakli bufer eritma\*\*.

Trilon-B – oq, suvda yaxshi eriydigan kukunsimon modda ( $\text{Na}_2\text{H}_{14}\text{C}_{10}\text{O}_8 \text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Molekular massasi 372,25 g/mol, molyar ekvivalent massasi  $M/2 = 186,12$  g/mol. Agar Trilon-B 120–140° C gacha qizdirilsa, uning tarkibidagi suv uchib ketib  $\text{Na}_2\text{H}_{12}\text{C}_{10}\text{N}_2$  formulaga mos keluvchi suvsiz tuz qoladi. Har ikkala tuz ham Trilon-B ning eritmasini tayyorlash uchun dastlabki modda sifatida ishlatiladi. 0,1000 n Trilon-B eritmasidan 1,0 litr tayyorlash uchun namunaning massasi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$m = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000} .$$

Trilon-B eritmasining titri 0,05000 n li  $\text{MgSO}_4$  eritmasi (fiksanaldan tayyorlangan) yordamida aniqlanadi.

Ishning bajarilish tartibi. ~0,1 n Trilon-B eritmasi buretkaga quyiladi. Titrlash kolbasiga pipetka yordamida 20,00 ml 0,05000 n  $\text{MgSO}_4$  eritmasidan olib ustiga 5 ml ammiakli bufer va 20–30 mg quruq indikator – Qora erioxrom-T qo'shiladi. Aralashmaning rangi qizildan ko'k rangga o'tguncha buretkadagi Trilon-B eritmasi bilan titrlanadi. Tajriba uch marta takrorlanadi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida yoziladi.

---

\* Qora erioxrom-T ni quruq KCl yoki NaCl bilan 1 : 100 nisbatda aralashiring.

\*\* Ammiakli bufer aralashma tayyorlash uchun 20% li 100 ml  $\text{NH}_4\text{Cl}$  eritmasi bilan 20 % li 100 ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasini aralashirib, hajmi 1 litrga yetguncha suv bilan suyultiring.

T/Γ	$V_{MgSO_4}$ , ml	$V_{T.B.}$ , ml	Indikator
1	20,00		Qora erioxrom-T
2	20,00		
3	20,00		

Trilon-B ning titri quyidagi formulalar asosida hisoblanadi:

$$1. N_1 V_1 = N_2 V_2 \text{ yoki } N_{T.B.} = \frac{N_{MgSO_4} \cdot V_{MgSO_4}}{V_{o'r.T.B.}}$$

$$2. T_{T.B.} = \frac{E_{T.B.} \cdot N_{T.B.}}{1000}$$

$$3. T_{T.B./Mg^{2+}} = \frac{E_{Mg^{2+}} \cdot N_{T.B.}}{1000}$$

## 2- ish. Suvning qattiqligini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25,00 ml li buretka; 0,1000 n Trilon-B eritmasi; 3 dona 100 ml li titrlash kolbasi; qora erioxrom-T; ammiakli bufer eritma.

Suvning qattiqligi 1,0 litr suvda bo'lgan kalsiy va magniy ionlarining milligramm - ekvivalent miqdori bilan ifodalanadi. Suv tarkibidagi  $Ca^{2+}$  va  $Mg^{2+}$  ionlari kompleksonlar bilan barqaror kompleks birikmalar hosil qiladi. Shuning uchun suvning qattiqligini kompleksometrik usul bilan aniqlash juda qulay.

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash kolbasiga 50,00 ml analiz qilinadigan suv, 5 ml ammiakli bufer aralashma qo'shiladi. Unga 20–30 mg atrofida quruq Qora erioxrom-T (NaCl yoki KCl bilan aralashmasi) solinadi va titri aniqlangan buretkadagi Trilon-B eritmasi bilan eritma to'q (vino) qizil rangi ko'k rangga o'tguncha titrlanadi. Titrlash 3–4 marta takrorlanadi, olingan analiz natijalari jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

T/r	$V_{H_2O}$ , ml	$V_{T.B.}$ , ml	Indikator
1	20,00		Qora erioxrom-T
2	20,00		
3	20,00		

Aniqlash natijalarini quyidagi formula asosida hisoblang:

$$K = \frac{N_{T.B.} \cdot V_{o'r.T.B.} \cdot 1000}{V_{H_2O}}$$

bu yerda:  $K$  – suvning qattiqligi, mg-ekv/l.

### 3- ish. Sut tarkibidagi kalsiy va magniy tuzlarining miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: shtativ; 25,00 ml li buretka; 100 ml li silindr; 250–300 ml li kimyoviy stakan; shisha tayoqcha; 0,05000 mol/l li Trilon-B; mureksid (0,25 g mureksid 1,25 g NaCl bilan chinni havonchada aralashtiriladi); Qora erioxrom-T; 0,05000 mol/l  $CaCl_2$ ; 0,05000 mol/l  $MgCl_2$ ; 5,00 ml li pipetka; ammiakli bufer eritma; 2 mol/l NaOH.

Ishning bajarilish tartibi.

a) *Kalsiy tuzlari miqdorini aniqlash.*

Kimyoviy stakanga 5,00 ml sut olib, ustiga 90–95 ml distillangan suv va 5 ml 2 mol/l NaOH eritmasidan quyiladi. Aralashma ustiga buretkadan 3,50 ml Trilon-B qo‘shib, shisha tayoqcha bilan aralashtiriladi. 2 minutdan keyin 40 mg mureksid aralashmasidan qo‘shganda, eritma och binafsha rangga bo‘yaladi.

Stakandagi eritma 0,05000 mol/l  $CaCl_2$  eritmasi bilan barqaror pushti rang hosil bo‘lguncha titrlanadi. Shu eritmani och binafsharangga kirguncha buretkadagi Trilon-B eritmasi bilan titrlanadi. Kalsiy tuzlarining miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q(\%) = \frac{V_1 \cdot 0,002 \cdot 0,97 \cdot 100}{V},$$

bu yerda:  $V_1$  – kalsiy ionlarini titrlash uchun sarf bo‘lgan 0,05000 mol/l Trilon-B ning hajmi; 0,002 – 1 ml 0,05000 mol/l Trilon-B eritmasiga to‘g‘ri keladigan  $\text{Ca}^{2+}$  ionining miqdori;  $V$  – aniqlash uchun olingan sutning hajmi; 0,97 – sut hajmini sut massasiga hisoblangandagi koeffitsiyent.

b) *Magniy tuzlari miqdorini aniqlash.*

Kimyoviy stakanga 5,00 ml sut olib 90–95 ml distillangan suv, 5 ml bufer eritma, 0,04 g qora erioxrom-T indikatorni qo‘shib, buretkadan 5,00 ml Trilon-B eritmasidan qo‘shiladi. 2 minutdan keyin eritma rangi o‘zgarguncha  $\text{MgCl}_2$  eritmasi bilan titrlanadi, so‘ngra Trilon-B eritmasi bilan ko‘k-yashil rang hosil bo‘lguncha titrlanadi. Magniy tuzlari miqdori (%) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q(\%) = \frac{(V_2 - V_1) \cdot 0,97 \cdot 100 \cdot 0,0012}{V},$$

bu yerda:  $V_1$  –  $\text{Ca}^{2+}$  ionlarini mureksid bilan titrlashga sarf bo‘lgan 0,05000 mol/l Trilon-B eritmasi hajmi, ml;  $V_2$  –  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{Mg}^{2+}$  ionlarini Qora erioxrom-T bilan titrlashga sarf bo‘lgan 0,05000 mol/l Trilon-B eritmasi hajmi, ml; 0,0012 – 1 ml 0,05000 mol/l Trilon-B eritmasiga to‘g‘ri keladigan  $\text{Mg}^{2+}$  ionning miqdori;  $V$  – aniqlash uchun olingan sut hajmi.

**Tayanch iboralar:** cho‘ktirish; Mor usuli; indikator; kompleksonometik titrlash; kompleksonlar; metall-xrom indikator; suvning qattiqligi.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Cho‘ktirish usulining mohiyati nimada?
2. Cho‘ktirish usulida ekvivalent nuqta qanday aniqlanadi?
3. Kompleksonlar haqida tushuncha bering.

4. Metalloxrom indikatorlari qanday indikatorlar?
5. 25,00 ml 0,05 n  $\text{AgNO}_3$  eritmasi bilan necha gramm NaOH reaksiyaga kirishadi.
6. 46,16  $\text{AgNO}_3$  eritmasini titrlash uchun, titri 0,005000 g/ml teng bo'lgan 25,00 li NaCl sarflandi.  $\text{AgNO}_3$  titri va normalligini hisoblang.
7. 0,7315 g NaCl eritib 250,0 ml standart eritma tayyorlandi. Tayyorlangan standart eritmaning 25,00 ml ni titrlash uchun 27,85 ml  $\text{AgNO}_3$  sarflandi.  $\text{AgNO}_3$  ning normalligini va titrini hisoblang.
8. 25,00 ml KI ni titrlash uchun 0,1050 n 34,00 ml  $\text{AgNO}_3$  eritmasi sarflandi. 250,0 ml KJ eritmasida necha gramm KI borligini hisoblang.
9. Tarkibida 6,50 g/l KCl saqlagan 12,00 ml eritmani titrlash uchun 0,1000 n  $\text{AgNO}_3$  eritmasidan necha ml kerak?
10. Tarkibida 28,0 % xlor bo'lgan 0,2734 g namunani titrlash uchun 0,05000 n  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  eritmasidan qancha hajm kerak?
11. 0,1 n  $\text{AgNO}_3$  eritmasidan 4 litr 0,0500 n eritma tayyorlash uchun qancha suv olish kerakligini va eritmaning titrini hisoblang.
12. 0,025 n 250,0 ml kumush nitrat eritmasini tayyorlash uchun tarkibida 3,98 % kumush saqlagan aralashmasidan necha gramm olinadi?
13. 0,1052 g kimyoviy toza NaCl saqlagan 20,00 ml eritmani titrlash uchun 0,05000 n li  $\text{AgNO}_3$  eritmasidan necha ml sarf bo'ladi?
14. a) 15,00 ml 0,08888 n NaCl; b) 51,00 ml 0,1111 n KBr eritmalarini titrlash uchun 0,1000 n  $\text{AgNO}_3$  eritmasidan necha ml sarflanishini hisoblang.
15. 1,5 litr 0,02000 n eritma tayyorlash uchun Trilon-B dan necha gramm olish kerak?
16. 20,00 ml Trilon B eritmasini titrlash uchun 0,1120 n  $\text{ZnSO}_4$  эритмасидан 19,50 ml sarflandi. Trilon-B eritmasining normaligi va titrini hisoblang.
17. 1,3250 g quritilgan  $\text{CaCO}_3$  250,0 ml li o'lchov kolbasida eritildi. Tayyorlangan eritmaning 25,00 ml ni titrlash uchun 26,47 ml Trilon-B eritmasi sarflandi. Trilon-B eritmasini kalsiy bo'yicha titrini va normal konsentratsiyasini hisoblang.

18. 100,00 ml suv Qora xromogen-T indikatorini ko'k rangga kirguncha 0,1012 n 19,20 ml Trilon-B eritmasi bilan titrlandi. Magniyning suvdagi konsentratsiyasini mg ekv/l da hisoblang.
  19. Tarkibida Mg bo'lgan aluminiy qotishmasidan 0,5 g olib eritildi. Eritmadagi xalaqit beradigan ionlar yo'qotilib, eritmaning 20,00 ml ni titrlash uchun 12,06 ml 0,01 n Trilon-B eritmasidan sarflandi. Aluminiy qotishmasi tarkibidagi Mg ning foiz miqdorini aniqlang.
  20. Tarkibida Mn bo'lgan mis qotishmasidan 0,2062 g namuna olib eritildi. Eritma tarkibidagi halaqit beradigan ionlar yo'qotildi. Eritmadagi Mn ionini titrlash uchun 15,42 ml 0,05000 n Trilon-B eritmasi sarf bo'ldi. Qotishma tarkibidagi Mn ning foiz miqdorini aniqlang.
  21. Tarkibida 20 %  $Al_2O_3$  bo'lgan silikat qayta ishlanib, 10,0 ml 0,1 n Trilon-B bilan titrlandi. Analiz qilish uchun qancha miqdorda silikat olinganligini hisoblang.
  22. 55,0 ml suvni titrlash uchun 0,555 n Trilon-B eritmasidan 4,0 ml sarflandi. Suvning qattiqligini hisoblang.
  23. Suvning qattiqligi 9,0 mg-ekv/l ga teng. Shu suvning 88,0 ml ni titrlash uchun 0,0555 n Trilon-B eritmasidan necha ml sarflandi?
  24. 5,0 ml sut tarkibidagi kalsiy tuzlari miqdorini aniqlash uchun 0,0555 n Trilon-B eritmasidan 0,65 ml sarflandi. Sut tarkibidagi kalsiy tuzlarining foiz miqdorini hisoblang.
-



---

---

## II QISM

### 8- mavzu. FIZIK-KIMYOVIY ANALIZ

#### 8.1. Fizik-kimyoviy analiz usullari

Analizning fizik-kimyoviy usullari moddaning kimyoviy reaksiyalari jarayonida fizik xossalarning o'zgarishini aniqlashga asoslangan.

Fizik-kimyoviy analiz usullarining turlari juda ko'p. Ulardan hozirgi vaqtda sanoat korxonalarida mahsulotlarning xossalarni o'rganishda, ilmiy-tekshirish laboratoriyalarida keng foydalaniladiganlari quyidagilar:

1. Elektrokimyoviy analiz usullari — elektrokimyoviy hodisalar vaqtida analiz qilinadigan eritmada o'zgaradigan elektrokimyoviy ko'rsatkichlarni o'lchashga asoslangan (potensiometr, konduktometrik, amperometrik va boshqalar).

2. Spektral va boshqa optik analiz usullari — modda bilan elektromagnit nurlarning ta'siri natijasida turli o'zgarishlarni o'lchashga asoslangan (emission spektral analiz, atom-yutilish spektroskopiyasi, infraqizil nurlar spektroskopiyasi, spektrofotometrik analiz va boshqalar).

3. Ajratish va konsentrlash usuli — moddalarning ikki faza orasida taqsimlanishiga asoslangan (ekstraksiya, xromatografiya va hokazo).

#### 8.2. Analiz usullarining tavsifi

Har qanday analiz usuli, sezgirligi, ochilish oralig'i, natijalarning qayta takrorlanishi (воспроизводимость) va aniqligi bilan xarakterlanadi.

1. *Analiz usullarining sezgirligi* konsentratsiya o'zgarishi bilan o'lchanadigan ko'rsatkichning o'zgarishi demakdir. Sezgirlik miqdoriy jihatdan sezgirlik koeffitsiyenti bilan baholanadi:

$$S = \frac{dy}{dc} \quad \text{yoki} \quad S = \frac{\delta y}{\delta c}.$$

$$S - y = f(c).$$

Bu funksiya bo'lib, tajribada ( $y$ ) ning ( $c$ ) ga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$y = ac + b,$$

bunda:  $a$  – sezgirlik koeffitsiyenti;  $b$  – analiz qilinadigan komponent bo'lmaganda ( $c=0$ )  $y$  va  $b$  ning qiymatlari grafikdan topiladi (6- rasm).

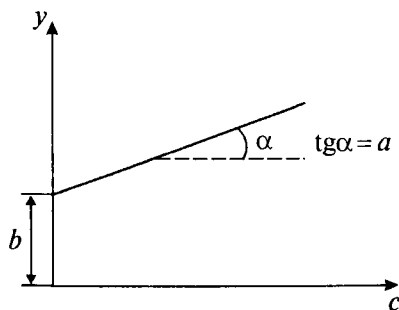
Bu to'g'ri chiziq darajalash grafigi deyiladi.

2. *Analiz natijalarining qayta takrorlanuvchanligi* (воспроизводимость) – tasodifiy xatolarni ifodalaydigan va takroriy parallel o'lchashlardagi chetlanishlar darajasini ko'rsatadigan kattalik. Har bir aniqlash natijasi bilan o'rtacha arifmetik natija o'rtasidagi farq analiz natijalarining qayta takrorlanish mezoni hisoblanadi:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n},$$

$$y_n = (y_n - \bar{y}),$$

bu yerda:  $n$  – o'lchashlar soni.



6- rasm. Darajalash grafigi.

$y_n$  ning qiymati qancha kichik bo'lsa, aniqlash shunchalik aniq bajarilgan bo'ladi va tajribada shuncha kam tasodifiy xatolarga yo'l qo'yilgan bo'ladi. Standart chetlanish, dispersiya, variatsiya koeffitsiyentlari ham tasodifiy xatolarni xarakterlaydi.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{n-1} (y_1 - \bar{y})^2}{n-1}} \quad \text{— standart chetlanish;}$$

$$V = S^2 \quad \text{— dispersiya;}$$

$$S_y = \frac{S}{\bar{y}} \quad \text{— nisbiy standart chetlanish.}$$

Hozirgi kunda analiz natijalarining qayta takrorlanishini hisoblash uchun, maxsus dasturlar asosida EHM lardan foydalaniladi.

3. *Analizning quyi chegarasi*  $C_{\min}$  — ma'lum sharoitda topilishi mumkin bo'lgan moddaning eng kam miqdori:

$$C_{\min} = \frac{y_{\min} - \bar{y}_{\text{sinov}}}{S},$$

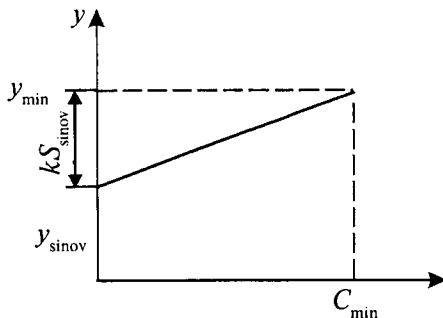
bu yerda:  $y$  — berilgan namunada o'lchanishi mumkin bo'lgan kattalikning eng kichik qiymati;  $\bar{y}_{\text{sinov}}$  — kattalikning xolis tajribadagi o'rtacha qiymati;  $S$  — sezgirlik koeffitsiyenti;  $y_{\min}$  — baholash uchun statistik mezon  $k$  (ishonchlilik ehtimolligini ifodalaydigan koeffitsiyent) va xolis tajribadagi standart chetlanish  $S$  dan foydalaniladi:

$$y_{\min} = \bar{y}_{\text{sinov}} + kS.$$

$k=2,3 \dots$  (ko'pincha 3).  $k$  ning qiymati qancha katta bo'lsa, ochilish chegarasi (analitik signal) ham shuncha katta bo'ladi.

Analizning quyi chegarasini baholash uchun sinov tajribalaridagi (tajribani kamida 12 marta takrorlash kerak) standart chetlanishni va sezgirlik koeffitsiyentini hisoblash kerak:

$$C_{\min} = \frac{kS_{\text{sinov}}}{S}.$$



7- *rasm.* Ochilish chegarasi ( $C_{\min}$ ) va eng kichik analitik signal orasidagi bog‘liqlik.

$n > 20$  o‘lchashlarda  $S \rightarrow \sigma$ , shuning uchun ochilish chegarasini baholash uchun 2,3 yoki 6 li mezon qabul qilingan.

4. *Aniqlilik* – olingan natijalarning haqiqiy qiymatga yaqinligini xarakterlaydigan kattalik. Aniqlilik sistematik, individual (shaxsning xatosi) va uslubiy xatolarni xarakterlaydi.

Sistematik xatolarni kamaytirish uchun quyidagilardan foydalanish mumkin: 1) standart namunalar; 2) tortim massasini tanlash (варипрование); 3) qo‘shish usuli; 4) analiz natijalarini bog‘liq usul natijalari bilan taqqoslash. Analizning aniqliligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\varepsilon_x = t_{\alpha, f} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}},$$

bu yerda:  $\alpha$  – ishonchlilik (0,95; 0,98; 0,99);  $f$  – erkinlik darajasi;  $n$  – o‘lchashlar soni;  $t_{\alpha, f}$  – Styudent koeffitsiyenti (ilovadagi 5-jadvalga q.)

$\bar{y} \pm \varepsilon$  ishonchlilik chegarasi topiladi.

### 8.3. Analizning potensiomertik usuli

Bu analiz elektrokimyoviy analiz usullarining asosiylaridan biri hisoblanadi. Bu usul eritmaga tushirilgan elektrodlar (galvanik elementlar)da yuzaga keladigan potensiallar farqi – elektr

yurituvchi kuchni o'lchash bilan eritmada erigan modda miqdorini (konsentratsiyasini) aniqlashga asoslangan.

Ma'lumki, ko'pchilik texnologik jarayonlarda foydalaniladigan yoki hosil bo'ladigan eritmalaridagi biror modda miqdorini aniqlash uchun shu modda tarkibidagi biror ion miqdori aniqlanadi. Aksariyat hollarda eritmada vodород ionini —  $H^+$  miqdori, ba'zi hollarda  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $NH_4^+$  va h.k. ionlarning miqdori aniqlanadi. Olingan natijalarga asoslanib ishlab chiqarish jarayonlari nazorat qilinadi yoki boshqariladi.

#### 8.4. Potensiometrik usulning qisqacha nazariy asoslari

Eritmada erigan modda (ion, ionning aktivligi) miqdori ( $C_{ion}$ ) bilan elektrodalarda yuzaga keladigan potensial o'rtasida o'zaro to'g'ri bog'lanish mavjud bo'lib, u Nernst formulasi orqali ifodalanadi:

$$E = E^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg C_{ion},$$

bu yerda:  $E$  — elektrodda yuzaga keladigan potensial, V yoki mV;  $R$  — universal gaz doimiysi, 8,314 kJ mol/grad;  $T$  — absolut harorat, °K;  $F$  — Faradey soni, 96500 Kl;  $n$  — ionning zaryadi yoki berilgan (qabul qilingan) elektronlar soni;  $E^0$  — miqdori aniqlanayotgan ionning standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali bo'lib, eritmada  $C = 1 \text{ mol/l}$  bo'lganda elektrodda yuzaga keladigan potensial qiymati, uning qiymati ma'lumotnomalardan olinadi.

$$\frac{2,3RT}{nF} = Q \text{ (ilovadagi 6- jadvalga q.), uning qiymati:}$$

$$n = 1, t = 25^\circ \text{ C bo'lganda } 0,059 \text{ V.}$$

$$n = 2, t = 25^\circ \text{ C bo'lganda } 0,029 \text{ V.}$$

Ushbu formuladan ko'rinib turibdiki, bo'g'lanish elektrodalarda yuzaga keladigan potensial eritma bilan elektrodning sirt

chegasidagi elektron almashinuvigagina emas, balki eritmadagi potensial aniqlovchi ion konsentratsiyasining o'zgarishiga ham bog'liq ekan. Shu sababli potensiometrlik usulda neytrallash, oksidlanish-qaytarilish, cho'kma hosil bo'lish va kompleks hosil bo'lish reaksiyalaridan foydalaniladi.

Nernst formulasiga ko'ra elektrodalarda yuzaga keladigan potensialning qiymati, potensial hosil qiluvchi ionning tabiatiga, haroratga, normal oksidlanish-qaytarilish potentsiali  $E_{\text{oks/qayt}}^0$  hamda ionning konsentratsiyasi  $C_{\text{ion}}$  ga bog'liq.

### 8.5. Potensiometrlik usulga oid asosiy tushunchalar

**Elektrod** – eritma bilan o'zining sirti chegarasida elektronlar yoki ionlar almashinuvi natijasida potentsiallar farqi yuzaga keladigan eritma va unga tushirilgan metall plastinkadan iborat elektrokimyoviy sistema.

Eng oddiy elektrod rux sulfat tuzi eritmasiga tushirilgan ruh plastinkasidir. Bunda eritmaga tushirilgan ruh plastinka «aktiv metall» bo'lgani uchun eriy boshlaydi, ya'ni oksidlanadi.

Plastinka sirtida elektronlar qoladi, eritmaga esa ruh ionlari  $Zn^{2+}$  o'tadi. Plastinka sirti manfiy zaryadlanadi, plastinkaning sirtiga tegib turgan eritma musbat zaryadlanadi, ya'ni eritma bilan plastinka sirt chegarasida (o'rtasida) qo'sh elektr qavat hosil bo'ladi. Qo'sh elektr qavatda potentsiallar farqi yuzaga keladi va bu *elektrod potentsiali* deb aytiladi.

Elektrodda yuzaga keladigan potensial Nernst tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$E = E_{Zn/Zn}^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg C_{Zn^{2+}} .$$

Har bir elektrod uchun yuqoridagi singari elektrod potentsialini hisoblash formulalari mavjud.

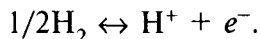
Elektrodlar ularda boradigan elektrokimyoviy reaksiyaning mexanizmi va ishlatish maqsadiga ko'ra, bir necha turga bo'linadi.

Birinchi tur elektrodlar – elektrod potentsiali eritmadagi potensial hosil qiluvchi ionning konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lgan elektrodlar. Bu elektrodlar eritmada o‘z ionlariga nisbatan qaytar ishlaydigan eritmaga tushirilgan metall plastinkalardir. Birinchi tur elektrodarga quyidagilar misol bo‘ladi: kumush elektrodi  $\text{AgNO}_3$  eritmasiga tushirilgan Ag plastinkasi ( $\text{Ag}/\text{AgNO}_3$ ); mis elektrodi  $\text{CuSO}_4$  eritmasiga tushirilgan Cu plastinkasi ( $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$ ); vodorod elektrodi, xingidron elektrodi, shisha elektrodi va hokazolar. Bu elektrodlar nima maqsadda ishlatilishiga ko‘ra, *indikator elektrodlar* deyiladi.

Shu elektrodlardan ayrimlari bilan yaqindan tanishib chiqaylik.

**Normal vodorod elektrodi.** Normal vodorod elektrod (NVE) – tarkibida vodorod ionlari bo‘lgan eritma ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ga tushirilgan sirtiga vodorod gazi singdirilgan platina (Pt) plastinkasidan iborat sistema.

Bu elektrod sirtida quyidagi oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi boradi:



Elektroda yuzaga keladigan potensial quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$E = E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} + \frac{2,3RT}{F} \lg \frac{a_{\text{H}}}{p_{1/2\text{H}_2}} = E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} + \frac{0,059}{1} \lg a_{\text{H}^+} - \frac{0,059}{2} \lg p_{\text{H}_2},$$

bu yerda:  $p_{\text{H}_2}$  – vodorod gazining bosimi.

Vodorod elektrodning potentsiali shartli ravishda istalgan haroratda nolga teng deb olingan. Elektrod  $p_{\text{H}_2} = 1$  atm vodorod bilan to‘ldirilib,  $a_{\text{H}^+} = 1$  bo‘lgan kislotaga tushirilganda elektrodning potentsiali:

$$E_{\text{NVE}} = -0,059\text{pH}$$

bo‘ladi.

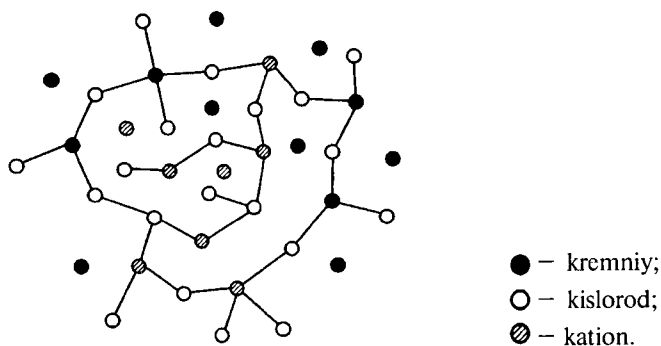
Demak, normal vodorod elektrodning potentsiali eritmaning pH iga, ya'ni eritmaning kislotaliligiga to'g'ri proporsionaldir. Normal vodorod elektrod, asosan, metallarning standart oksidlanish-qaytarilish potentsialini o'lchashda foydalaniladi.

Vodorod elektrodning potentsiali quyidagi shartlarga rioya qilinganda doimiy bo'ladi:

- 1) juda toza vodorod va elektrolit qo'llanilganda;
- 2) elektrodni eritmaga muayyan chuqurlikkacha botirilganda;
- 3) elektrodga juda oz miqdorda tok berilganda.

Vodorod elektrodni nitrat, xlorat, permanganat, manganat, temir (III) singari oksidlovchilar va qaytaruvchilar bo'lgan, shuningdek to'yinmagan organik birikmalar, aminlar, nitrofenollar, alkaloidlar ishtirok etganda ishlatib bo'lmaydi.

**Shisha (ionoselektiv membranali) elektrod.** Shisha elektrod nazariyasini akademik B.P.Nikolskiy tomonidan ishlab chiqilgan. Shisha elektrodidagi shisha membrana vodorod ionining konsentratsiyasi har xil bo'lgan ikki eritmani bir-biridan ajratib turadi. Bu vaqtda elektrod sirtida potentsial yuzaga keladi. Tekshirishlarning ko'rsatishiga ko'ra, shisha to'rsimon kremniy-kislorod zanjirlaridan iborat bo'lib, oradagi bo'sh joylar ishqoriy metallarning kationlari bilan band (8- rasm).



8- rasm. Shishaning tuzilishi.



Bo'sh joylardagi kationlar to'ring tuzilishini buzmasdan qaytar ravishda almashinish reaksiyasiga kirisha oladi. Vodorod-selektiv shisha elektrodning sharsimon qismiga kumush xloridli elektrod joylashtiriladi va u 0,1 m HCl (yoki boshqa elektrolit) bilan to'ldiriladi. Bu tekshiriladigan eritmaga tushiriladigan yarim elementni tashkil etadi. Shisha elektrod potentsiali shisha membrananing har ikkala tomonidagi eritmalar potentsiallarining ayirmasiga teng.

Odatda, ichki eritmaning potentsiali doimiy bo'lganligi uchun bu ayirma elektrod tushirilgan eritmaning potentsialiga teng bo'ladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$E_{\text{sh.e}} = \text{const} + 0,059 \lg a_{\text{H}^+},$$

$$E_{\text{sh.e}} = \text{const} - 0,059 \text{pH}.$$

Ushbu formulalardan ko'rinib turibdiki, shisha elektrod  $\text{H}^+$  ionlariga nisbatan qayta ishlaydigan elektrod bo'lib, undan asosan eritmalarining pH ini o'lchashda, vodorod ionlarining miqdori –  $\text{H}^+$  ni va shu kattaliklarga mos keladigan eritma potentsialini o'lchashda foydalaniladi.

**Ikkinchi tur elektrodlar** – elektrod potentsiali elektrodni hosil qiluvchi metall bilan kam eriydigan birikma hosil qiluvchi anionga nisbatan qaytar bo'lgan va potentsiali tashqi eritmadagi boshqa ionlar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan elektrodlardir.

Bu tur elektrodlar amaliyotda asosan solishtiruvchi elektrodlar sifatida ishlatiladi. Solishtiruvchi (taqqoslash) elektrodlanga: kalomel elektrod – KE, kumush xloridli elektrod – KXE misol bo'la oladi (ilovaga q., 7- jadval).

**Kumush xloridli elektrod.** Kumush xloridli elektrod KCl ning to'yingan eritmasiga tushirilgan va sirti kam eriydigan AgCl moddasi bilan qoplangan kumush simdir. Uning formulasi: Ag/AgCl,  $\text{Cl}^-$ .

KXE ning potentsiali  $a \text{Ag}^+$  ga bog'liq bo'lib, elektrod ichki eritmasidagi  $\text{Cl}^-$  ionlariga nisbatan qaytar elektroddir. Buning sababini KXE potentsiali  $E_{\text{KXE}}$  ni hisoblash formulasini keltirib chiqarish bilan tushuntirish mumkin.

Umuman, KXE uchun:  $E_{KXE} = E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,059 \lg a_{Ag^+}$ .

Lekin ichki eritmada  $Ag^+$  ionlari yo'q. Bu ion elektrod sirtidagi  $AgCl$  ning dissotsialanishi tufayli hosil bo'ladi.

Shunga asosan:  $E_{K_{AgCl}} = a_{Ag^+} \cdot a_{Cl^-}$ .

Bu ifodadan elektrokimyoviy jarayonda qatnashadigan kumush ionning aktiv konsentratsiyasi:

$$a_{Ag^+} = \frac{EK_{AgCl}}{a_{Cl^-}}$$

ekanligini e'tiborga olsak,  $E_{KXE}$  quyidagi ifodaga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} E_{KXE} &= E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,059 \lg \frac{EK_{AgCl}}{a_{Cl^-}} = \\ &= E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,059 \lg EK_{AgCl} - 0,059 \lg a_{Cl^-}. \end{aligned}$$

Formuladagi  $E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,059 \lg EK_{AgCl} = E_{Ag/AgCl}^0$  ga teng bo'lib,  $20^\circ C$  da uning qiymati  $+0,2220 V$  ga teng. Bu qiymat yuqoridagi formulaga qo'yilsa,

$$E = 0,2220 - 0,059 \lg a_{Cl}$$

bo'ladi. Bu formula KXE ning potensialini hisoblash formulasi deyiladi.

Yuqorida aytilganidek, bu elektrodning potentsiali  $a_{Cl}$  ga bog'liq. Agar ichki eritma sifatida  $0,1 n KCl (HCl)$  eritmasidan foydalanilsa  $E_{KXE} = +0,2900 V$ ; agar  $1 n KCl (HCl)$  eritmasi bo'lsa,  $E_{KXE} = +0,2370 V$  bo'ladi.

**Uchinchi tur elektrodlar.** Bir xil anionga ega bo'lgan ikki kationdan biriga nisbatan qaytar elektrodlardir. Bunga misol qilib simobning simob va kalsiy oksalatidagi elektrodini keltirish mumkin. Uning potentsiali ikkinchi metall ionining aktivligi bilan belgilanadi:

$$E = E^0 + \frac{2,3 RT}{nF} \lg a_{Ca^{2+}} .$$

Uchinchi tur elektrodning qaytarlik darajasi yuqori. Ular elektrod metaliga nisbatan begona boʻlgan kationlarni aniqlash uchun indikator elektrod sifatida ishlatiladi.

Ishlatilishiga koʻra ikki xil elektrod farqlanadi:

*Indikator-elektrodlar* — tekshiriladigan eritmadagi ionning elektrod aktivligiga qarab potensialini oʻzgartiradigan elektrodlardir. Indikator-elektrodlar elektrod-eritma sirti chegarasida boradigan elektrokimyoviy jarayonning mexanizmiga koʻra quyidagilarga boʻlinadi:

– oksidlanish-qaytarilish (red-oks) elektrodleri, bunday elektrodlarda elektronlar almashinishi kuzatiladi;

– birinchi, ikkinchi tur metall va metallmas elektrodlar, bunday elektrodlarda elektron-ion almashinishi kuzatiladi;

– ionosektiv membranali elektrodlar, bunday elektrodlarda ion almashinishi sodir boʻladi.

Elektrodlar agregat holatlariga koʻra qattiq (platina, kumush, grafit va boshqalar), suyuq (simob) va gaz (vodorod, xlor) elektrodlanga boʻlinadi. Bundan tashqari, elektrodlar aktiv (kumush, mis va boshqalar) va befarq (platina, oltin, grafit va boshqalar) elektrodlanga boʻlinadi.

*Solishtirma elektrodlar* sifatida elektrod potensialini oʻlchash uchun moʻljallangan qaytar (normal, vodorod toʻyingan kalomel, kumush xloridli, talliy xloridli va boshq.) elektrodlar (etalon sifatida) ishlatiladi.

Solishtirma elektrodlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- potensial belgilovchi elektrodning ichki reaksiyasi termodinamik qaytar boʻlishi;
- elektrod kam qutblanuvchan boʻlishi, yaʼni undan tok oʻtganda oʻz potensialini nihoyatda kam oʻzgartirishi;
- elektrod uzoq vaqt saqlanganda va turli xil sharoitlarda ham oʻz potensialini oʻzgartirmasligi lozim.

Potensiometrik analiz usuli to'g'ri potensiometriya va potensiometrik titrlashga bo'linadi.

**To'g'ri potensiometrik usul** yordamida ionlarning aktivligi (pH, pNO<sub>3</sub> va pK), dissotsiatsiya konstantasi, muvozanat konstantasi, kompleks birikmalarning barqarorlik konstantasi, yomon eriydigan moddalarning eruvchanlik ko'paytmasi kabi fizik-kimyoviy kattaliklar o'lchanadi.

Bu usul ionlarning aktivligini to'g'ridan to'g'ri aniqlashga imkon beradigan yagona usul hisoblanib, uning quyidagi turlari farqlanadi:

**pH-metrik** – eritmalarning pH i, kislota va asoslarning (protolitlarning) kislota-asosli konstantalari, protolitik xususiyatga ega bo'lgan kompleks birikmalarning barqarorlik konstantalari va shu kabilarni aniqlashga imkon beradi.

**Ionometrik** – pH-metriyaning rivojlanishi natijasida mustaqil usul sifatida ajralgan zamonaviy usullardan biri. Bu usulda indikator elektrodi sifatida turli xil ionoselektiv elektrodlar qo'llaniladi.

**Redoksmetrik** – oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari va redoks juftliklarning potentsiallarini o'lchashga asoslangan usul bo'lib, uning yordamida redoks juftliklarning standart va real potentsiallari, ular asosida esa turli xil konstantalar hamda kinetik kattaliklar aniqlanadi.

**Potensiometrik titrlash** – aniqlanayotgan modda miqdoriga ekvivalent miqdorda aniqlovchi modda (standart) eritmasidan qo'shilganda elektrodlar sistemasida yuzaga keladigan, potentsiallar ayirmasinnig keskin o'zgarishiga asoslangan miqdoriy analiz usulidir. Ekvivalent nuqta yaqinida elektrokimyoviy reaksiyalarning biri ikkinchisi bilan almashinadi.

Potensialning keskin o'zgarishiga *potensial sakrash* yoki *titrlashning oxirgi nuqtasi* (TON) deyiladi. Potensial sakrashga quyidagi omillar ta'sir qiladi:

- erituvchi va elektrolit fonining tabiati ( $\alpha$ ,  $K_{\text{diss}}$ );
- elektrolitning konsentratsiyasi;

- elektrod materiali va sirt yuzasi;
- harorat.

Potensiometriyada titrlashning oxirgi nuqtasini topish uchun hisoblash va chizma usullaridan foydalaniladi.

1. *Hisoblash usullarida* titrlanadigan modda eritmasiga titrantning eritmasidan teng (1ml dan) miqdorda qo‘shib, har bir qo‘shilgan hajm, unga to‘g‘ri keladigan potensialning qiymati va bir-biriga yaqin har ikkala nuqta orasidagi potentsiallar farqi ham qayd qilinadi.

$\Delta E$  eng katta soha ekvivalentlik nuqta joylashgan soha hisoblanadi.

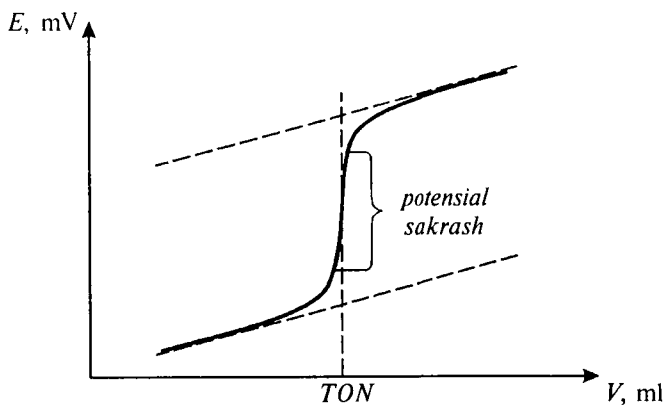
2. *Chizma usullari*. Titrlashning oxirgi nuqtasini aniqlashning chizma usullari integral (to‘liq), differensial (farqli), ikkinchi tartibli hosila va boshqa usullarga bo‘linadi.

a) *Integral usulida* EYK ning titrant hajmi (V) ga bog‘liqlik chizmasi chiziladi.

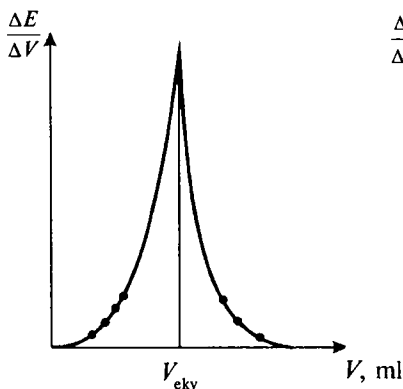
Bu chizma asosida ekvivalent nuqta va titrlashning oxirgi nuqtasini topish uchun urinmalar o‘tkaziladi. O‘tkazilgan urinmalar kesish nuqtalarining absissalar o‘qiga perpendikular bo‘lgan balandligi topiladi. Bu balandlik teng ikki qismga bo‘linadi va kesishgan nuqtadan titrlash egri chizig‘i bilan kesishguncha ordinatlar o‘qiga parallel o‘tkaziladi. Shu parallelning titrlash egri chizig‘i bilan kesishish nuqtasidan esa absissalar o‘qiga perpendikular tushiriladi. Ushbu perpendikularning absissalar o‘qi bilan kesishish nuqtasi TON iga to‘g‘ri keladi (9-rasm).

b) *Differensial usul* TON ini topishning ancha oson va aniq usulidir, bunda  $\Delta E/\Delta V$  nisbatning qo‘shilgan titrant hajmiga bog‘liqligi chizmasi chiziladi. Cho‘qqisimon egri chiziq cho‘qqisidan absissalar o‘qiga tushirilgan perpendikular titrlashning ekvivalent nuqtasi (TON)ga to‘g‘ri kelgan hajmini ko‘rsatadi (10-rasm.)

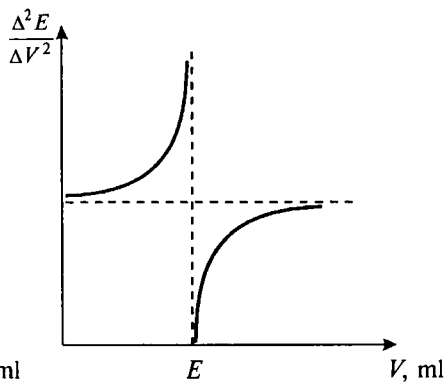
Differensial usulda TON ini topishning aniqligini oshirish uchun ikkinchi tartibli hosila olish usulidan foydalaniladi.



9- rasm. Potensiometrik titrlashning integral egri chizig'i.



10- rasm. Potensiometrik titrlashning differensial egri chizig'i.



11- rasm. Potensiometrik titrlash ikkinchi darajasining titrlash egri chizig'i.

d) Ikkinchi tartibli hosila olish usulida  $\Delta^2 E / \Delta V^2$  ning qo'shilgan titrant hajmiga bog'liqlik chizmasi chiziladi.

Chizmadan ko'rinib turibdiki, egri chiziqlar absissa o'qining har ikkala tomonida joylashgan (11- rasm). Egri chiziqlarning uchlarini tutashtirganda absissa o'qi bilan chiziqning kesishish nuqtasi TON iga to'g'ri keladi.

Potensiometrik titrlash kislota-asosli (neytrallash), oksidlanish-qaytarilish, cho'ktirish va kompleks hosil bo'lish reaksiyalari asosida, shunday xossalarga ega bo'lgan moddalarni aniqlash va tekshirishda uchun keng qo'llaniladi. Natijada, moddalarning konsentratsiyasiningina emas, balki ularning turli xil konstantalarini ham aniqlash mumkin.

Potensiometrik titrlashda boradigan reaksiyalar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- reaksiya tegishli yo'nalishda stexiometrik nisbatda oxirigacha borishi;
- kimyoviy reaksiyaning tezligi yetarli darajada katta bo'lishi;
- kimyoviy reaksiya muvozanati tez qaror topishi;
- qo'shimcha reaksiyalar bo'lmasligi lozim.

Potensiometrik va boshqa asboblarda yordamida titrlash usullari tashqaridan ko'z bilan kuzatish usullariga nisbatan quyidagi qator afzalliklarga ega:

- titrlashda subyektiv xatolarga yo'l qo'yilmaydi;
- aniqlashning sezuvchanligi ancha yuqori bo'ladi;
- loyqa va rangli eritmalarini titrlash mumkin;
- bir vaqtning o'zida aralashmadagi bir necha komponentni tabaqalab (ketma-ket) titrlash mumkin;
- titrlash jarayonini osongina avtomatlashtirish mumkin.

## 8.6. Tajriba mashg'ulotlari

### ***1- ish. Eritmadagi vodorod ioni miqdori [H<sup>+</sup>] ni aniqlash (pH-metriya)***

Tajriba ishi eritmadagi vodorod ionlariga nisbatan qaytar ishlaydigan shisha elektrod va kumush-xloridli elektrodlardan tuzilgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini o'lchashga asoslangan. Buning uchun quyidagi tizimda galvanik element tuziladi:

Shisha elektrod	Tekshirilayotgan eritma	Kumush-xlorli elektrod
Indikator elektrod		Solishtirma elektrod

Ushbu galvanik elementda yuzaga keladigan potentsiallar farqi  $\Delta E$  (EYK) va pH o'rtasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$EYK = \Delta E = E_{\text{solish.el-d}} - E_{\text{shisha el-d}} = -0,059 \lg[H^+] = 0,059 \text{pH} \quad (1)$$

### Shisha elektrodni darajalash.

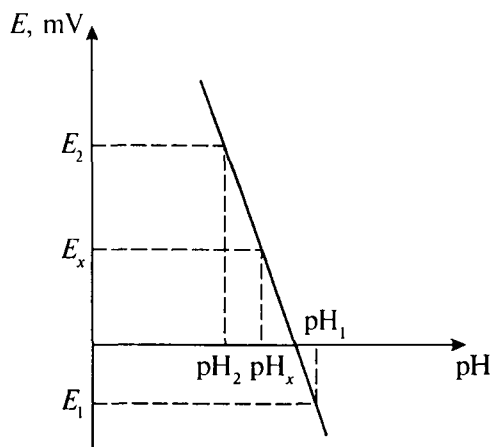
Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: pH-metr; indikator elektrod (shisha elektrod); solishtirma elektrod (kumush xloridli elektrod); 6 dona 50 ml li stakancha; filtr qog'oz; yuvgich; 1 dona 500 ml li stakan; standart bufer eritmalar (pH = 1,68; 3,56; 4,01; 6,86; 9,18; 12,34).

Ishning bajarilish tartibi. Shisha elektrodni darajalash nima degani? Ma'lumki, elektrodalarda yuzaga keladigan potentsiallar farqi — EYK ning qiymati bilan eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasi o'rtasida (1) formulaga muvofiq o'zaro bog'liqlik bor. Shu bog'liqlik ( $E - \text{pH}$ ) amalda saqlanib qolishini tekshirish *elektrod (shisha)ni darajalash* deyiladi. Shisha elektrodni darajalash uchun pH qiymati doimiy va juda aniq bo'lgan bufer eritmalarda elektrodning potensial qiymati o'lchanadi. Bunda pH qiymati eng kichik bo'lgan eritmadan boshlab, avval eritmaning pH i, keyin esa shu pH ga to'g'ri kelgan potensial  $E$  ning qiymati o'lchanadi (qolgan eritmalarda ham xuddi shunday), olingan natijalar quyidagi jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

pH — bufer eritma (naz.)	1,68	3,56	4,01	6,86	9,18	12,34
pH — bufer eritma (olchan.)						
$E_x$ — bufer eritma potentsiali (mV)						

Jadvaldagi qiymatlardan foydalanib, darajalash grafigi chiziladi. Buning uchun koordinatalar sistemasining ordinata o'qi y ga





12- rasm. Darajalash grafigi.

potensial ( $\pm E$ ) qiymatlari, absissa o'qi  $x$  ning nol nuqtasidan boshlab pH qiymatlari qo'yiladi va grafik chiziladi (12-rasm).

Grafikdan foydalanib, shisha elektrodning funksiyasi hisoblanadi. Eritmaning pH i bir birlikka o'zgarganda elektrodning potentsiali necha mV (yoki V) ga o'zgarishi *elektrodning funksiyasi* deyiladi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta E}{\Delta pH} = \frac{E_2 - E_1}{pH_2 - pH_1} = 59 \pm 1 \text{ mV}.$$

Agar elektrodning funksiyasi  $59 \pm 1$  mV qiymatga teng bo'lsa, bu elektrod to'g'ri ishlaydi deb hisoblanadi.

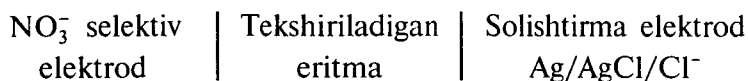
## 2- ish. Noma'lum eritmadagi $[H^+]$ ni aniqlash

O'qituvchi tomonidan berilgan noma'lum eritma tegishli hajmgacha suyultiriladi, yaxshilab aralashtiriladi, toza stakanga 25–30 ml olinib, uning potentsiali  $E_x$  o'lchanadi.  $E_x$  qiymati darajalash grafigidan topilib, grafik bilan kesishgan nuqtasidan pH qiymatlari qo'yilgan absissa o'qiga perpendikular tushiriladi. Absissa o'qi bilan perpendikular kesishgan nuqta  $pH_x$  noma'-

lum eritmaning pH i bo'ladi. pH ni bilgan holda  $[H^+] = 10^{-pH}$  formulaga ko'ra vodorod ioni konsentratsiyasi hisoblanadi (mol/l yoki g-ion/l).

### 3- ish. Eritmadagi $NO_3^-$ ionlari miqdorini aniqlash

Tajribani bajarish indikator elektrod  $NO_3^-$  selektiv elektrod – solishtirma elektrod – kumush xlorid elektrodi asosida tuzilgan galvanik element EYK ni eritmadagi  $NO_3^-$  ionlari miqdoriga bog'liqligiga asoslangan:



#### $NO_3^-$ selektiv elektrodni darajalash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: ionomer; indikator elektrod –  $NO_3^-$  selektiv elektrod; solishtirma elektrod – kumush-xloridli elektrod; 5 dona 50,00 ml li o'lchov kolbasi; 5 dona 50 ml li stakan; 1 dona 1 litr (1000 ml li) o'lchov kolbasi; filtr qog'oz; yuvgich; 1 dona 500 ml li stakan; 1 m  $K_2SO_4$  eritmasi;  $KNO_3$  tuzi; 1 dona 5 ml li pipetka.

Ishning bajarilish tartibi. Tortim usuli bilan  $KNO_3$  ning 5 ta standart konsentratsiyasi  $1 \cdot 10^{-5}$  dan  $1 \cdot 10^{-1}$  mol/l gacha bo'lgan eritmaları tayyorlanadi. Eritmaning ion kuchini doimiy saqlab turish uchun  $K_2SO_4$  ning 1 m eritmasidan foydalaniladi.

Eritma tayyorlash tartibi: 10,1000 g  $KNO_3$  tuzi 1 litr  $K_2SO_4$  ning 1 molyarli eritmasida eritiladi va bunda  $C_{NO_3^-} = 1 \cdot 10^{-1}$  mol/l bo'lgan eritma hosil bo'ladi. Keyin bu eritmadan pipetkada 5 ml olib 50 ml li o'lchov kolbasiga quyiladi. Eritmani kolbaning belgisigacha  $K_2SO_4$  ning 1 m li eritmasi bilan suyultiriladi.  $C_{NO_3^-} = 1 \cdot 10^{-2}$  mol/l eritma hosil bo'ladi. Suyultirish usuli bilan hamma eritma tayyorlanadi. Oxirgi eritmadan boshlab  $pNO_3$  ( $pNO_3 = \lg C_{NO_3^-}$ ) va  $E_x$  aniqlanadi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida yoziladi.

$C_{\text{NO}_3^-}$ , mol/l	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$
pNO <sub>3</sub>					
$E_x$ , mV					

Jadvaldagi natijalar asosida darajalash grafigi chizib, grafik yordamida  $\Delta\varphi_{\text{NO}_3^-}$  aniqlanadi (1- ishga q.),  $\Delta\varphi_{\text{NO}_3^-} = 59 \pm 1$  mV bo'lishi kerak.

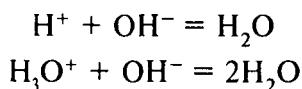
### Noma'lum eritmadagi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ni aniqlash.

Noma'lum eritma sifatida tarkibida NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionlari bo'lgan tuzlar, tarvuz, qovun, mevalarning sharbatlaridan foydalaniladi. Buning uchun aniq miqdorda shu namunalardan (o'qituvchi tomonidan beriladi) olinadi va 1m li K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasida eritiladi. Eritmadan 20–30 ml olib, uning  $E_x$  qiymati o'lchanadi va grafikdan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ning miqdori topiladi.

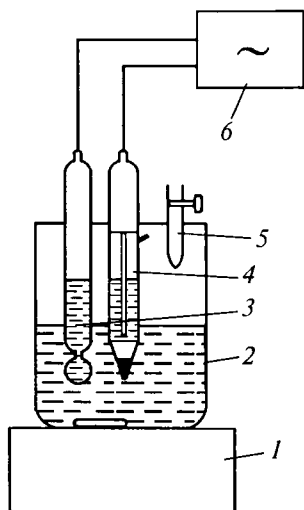
### 4- ish. Potensiometrik (kislota-asosli) titrlash

Potensiometrik titrlash usuli bilan eritmadagi oksidlovchi, qaytaruvchi, asos va kislotalarning miqdori aniqlanadi. Ayniqsa, oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda foydalaniladigan ko'pchilik eritmalar kislota va asos (ishqor)larining miqdorini aniqlashga to'g'ri keladi. Shu sababli dastlab eritmalaridagi kislota yoki asos miqdorini aniqlash usuli bilan tanishib chiqamiz (13- rasm).

Eritmadagi kuchsiz kislota va kuchsiz asos miqdorini potensiometrik titrlash usuli bilan aniqlash ham eritmadagi H<sup>+</sup> va OH<sup>-</sup> ionlari o'rtasida boradigan neytrallanish reaksiyasiga asoslangan:



Reaksiya natijasida eritmadagi H<sup>+</sup>, (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) ionlari miqdori o'zgaradi. H<sup>+</sup> ioni qiymatining o'zgarishi esa  $E = 0,059\lg[\text{H}^+]$



**13-rasm.** Potensiometrik titrlash qurilmasi:

- 1 – magnitli aralashtirgich;
- 2 – yacheyka; 3 – indikator elektrod;
- 4 – buretka; 5 – kumush-xloridli elektrod; 6 – pH-metr.

formulaga muvofiq eritmaga tushirilgan shisha elektrod potensialining o'zgarishiga olib keladi. Eritmada  $[H^+] = [OH^-]$  bo'lganda elektrodlar sistemasida yuzaga keladigan potensiallar ayirmasi keskin o'zgaradi, ya'ni potensial sakrash ro'y beradi. Shu holat titrlashning ekvivalent nuqtasi hisoblanadi.

### **NaOH ning titrini aniqlash.**

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: ionomer; shisha elektrod; kumush xloridli elektrod; magnitli aralashtirgich va uning o'zagi; shtativga o'rnatilgan 25,00 ml li buretka; 10,00 ml li pipetka; yuvgich; 10% li NaOH eritmasi; 0,1000 n HCl eritmasi; 10 ml li o'lchov silindri; 3 dona 50 ml li stakan.

Ishning bajarilish tartibi. Dastlab 100 ml  $\approx 0,1$  n NaOH ning ishchi eritmasi tayyorlab olinadi. Buning uchun (analizning kimyoviy neytrallanish usulidagi singari) NaOH ning 10% li eritmasidan (hisoblashlar natijasida) 4 ml o'lchov silindrida olib, 100,0 ml o'lchov kolbasiga quyiladi. Silindr 3 marta distillangan suv bilan chayilib, chayindi ham shu kolbaga quyiladi.

Keyin kolbaning belgisigacha distillangan suv quyib suyultirib, taxminan 0,1 n 100 ml NaOH ning ishchi eritmasi tayyorlanadi.

### **Ishchi eritmaning titrini aniqlash.**

Toza stakanchaga 0,1000 n HCl ning standart eritmasidan aniq hajmda (pipetka bilan) 10,00 ml quyib olinadi. Shu stakanchaga aralashtirgich o'zagi tushirilib, magnitli aralashtirgich ustiga elektrodlar eritmaga tushib turadigan qilib o'rnatiladi. Bunda aralashtirgich bemaol aylanishi lozim. Aralashtirish tezligi eritma stakandan sakrab chiqmaydigan va elektrod atrofida voronka hosil bo'lmaydigan qilib o'rnatiladi. Sig'imi 25,00 ml bo'lgan buretka tayyorlangan 0,1 n NaOH ning ishchi eritmasi bilan to'ldiriladi va buretkani titrlashga tayyorlab, uning pipetka qismidan eritma tomchisi titrlash stakanchasiga tushadigan holatda shtativga o'rnatiladi. Magnitli aralashtirgichni elektr tarmog'iga ulab eritma doimo aralashtirilib turiladi. Titrlashni boshlamasdan avval stakandagi HCl eritmasining potentsiali aniqlanib natijani jadvalning «E» ustunga yozib qo'yiladi. «V» ustunga nol raqamini yozib, keyin titrlash boshlanadi.

Buretkadan 1 ml (10 chiziqcha) NaOH eritmasidan stakanchaga tomizilib, 30–60 s dan keyin eritma potentsiali o'lchanadi va qiymat jadvalning «E» ustuniga, «V» ustunga esa 1 qiymat yoziladi. Shu tartibda titrlash davom ettiriladi. Eritma potentsiali katta qiymatga o'zgara boshlasa, buretkadan eritma 0,2 ml (2 chiziqcha)dan qo'yiladi. Potensial yana keskin o'zgara boshlasa, qo'shiladigan ishqor eritmasining hajmi kamaytirilib, 0,1 ml dan quyiladi. Titrlashning shu bosqichida juda diqqat qilinadi, chunki ekvivalent nuqta atrofida potentsial sakrama yuz beradi. Har bir titrlash natijasida olingan qiymatlar jadvaldagi «E» va «V» ustunlarga yozib boriladi. Eritma potentsiali juda kam (5–10 mVga) o'zgara boshlaganda titrlash tugatiladi.

Titrantning hajmi $V_{\text{NaOH}}$ , ml	Eritma potentsiali $E$ , mV	Potensial o'zgarishi $\Delta E$	Hajm o'zgarishi $\Delta V$ , $\mu\text{V}$	$\Delta E/\Delta V$	$\Delta^2 E/\Delta V^2$
0	296	—	—	—	
1	280	16	1	16	
...	...	...	...	...	...

Tajriba natijalariga asoslanib titrlash egri chiziqlari chiziladi, ya'ni:

- titrlashning integral  $E-V_{\text{NaOH}}$  bog'lanish egri chizig'i;
- titrlashning differensial  $\Delta E/\Delta V - V_{\text{NaOH}}$  bog'lanish egri chizig'i;
- titrlashning (potensial bo'yicha differensial)  $\Delta^2 E/\Delta V^2 - V_{\text{NaOH}}$  bog'lanish egri chizig'i chiziladi.

Titrlash egri chiziqlaridan foydalanib ekvivalent nuqta topilgandan so'ng avvaldan ma'lum bo'lgan formulalar asosida tayyorlangan ishchi NaOH eritmasining titri hisoblanadi:

$$N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \text{ dan}$$

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}}, T_{\text{NaOH}} = \frac{E_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}{1000}.$$

Titri aniq bo'lgan NaOH eritmasidan foydalanib, noma'lum eritma tarkibidagi kislota miqdori aniqlanadi.

### 5- ish. Eritma tarkibidagi kislota miqdorini aniqlash

Noma'lum eritmadagi kislota miqdorini aniqlash uchun yuqoridagi singari tajriba bajariladi. Faqat bunda titrlash stakanchasiga HCl eritmasi o'rniga o'qituvchi (yoki laborant) tomonidan berilgan nazorat eritmasidan quyib olinadi va titrlash yuqoridagi qoidalar asosida amalga oshiriladi. Olingan natijalar asosida ekvivalent nuqta aniqlanadi va quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$g_A = \frac{N_{\text{titrant}} \cdot V_{\text{titrant}} \cdot E_A}{1000},$$

$$Q_{(\%)A} = \frac{E_A \cdot N_{\text{titrant}} \cdot V_{\text{titrant}} \cdot V_{\text{kolba}} \cdot 100}{1000 \cdot V_{\text{nazor.eritma}} \cdot V_{\text{pip}}}.$$

### 6- ish. Pivoning kislotaliligini aniqlash

Kimyoviy (neytrallash) usul bilan aniqlab bo'lmaydigan to'q rangli pivoning kislotaliligi potensiometrlik titrlash usuli bilan aniqlanadi.

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: ionomer; shisha elektrod – indikator elektrodu; kumush xloridli elektrodu – solishtirma elektrod; magnit o'zak; magnitli aralashtirgich; shtativga o'rnatilgan 25,00 ml li buretka; 10,00 ml li pipetka; 0,1000 n NaOH eritmasi; pivo; suv hammomi; 200 ml li stakan.

Ishning bajarilish tartibi. 136- betdagi 6-tajriba ishiga qarab, titrlash uchun namuna tayyorlanadi va 200 ml stakanga quyib ichiga magnit o'zagi tushiriladi. Stakanni magnitli aralashtirgich ustiga qo'yib, elektrodlar tushirib titrlash boshlanadi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

$V_{\text{NaOH}}, \text{ ml}$	$E, \text{ mV}$	$\Delta V, \text{ ml}$	$\Delta E, \text{ mV}$	$\Delta E/\Delta V$

Jadval natijalari asosida titrlash egri chiziqlari chizilib, ekvivalent nuqtadagi titrantning hajmi aniqlanadi.

Pivoning kislotaliligi 100 ml pivoda bo'lgan sut kislotasining grammlardagi miqdori bilan yoki 100 ml pivoni titrlash uchun sarf bo'lgan 0,1000 n NaOH ning hajmi bilan ifodalanadi.

### 7- ish. Xamirturushning kislotaliligini aniqlash

Kerakli asbob-uskuna va reaktivlar: ionomer; shisha elektrod – indikator elektrod; kumush xloridli elektrod – solishtirma elektrod; magnit o‘zagi; magnitli aralashtirgich; 0,1000 n NaOH eritmasi; shtativga o‘rnatilgan 25,00 ml li buretka; 25,00 ml li pipetka; 5 g xamirturush.

Ishning bajarilish tartibi. 5 gramm xamirturush texnik tarozida tortib olinadi va 50 ml li o‘lchov kolbasida distillangan suvda eritiladi. Eritmaning 25,00 ml li pipetkaga olib titrlash stakanchasiga quyiladi. Stakanchaga aralashtirgich o‘zagi tushirilib, magnitli aralashtirgich ustiga qo‘yiladi, eritmaga elektrodlar tushirilib titrlash boshlanadi. Olingan natijalar jadval ko‘rinishida yozib boriladi.

$V_{\text{NaOH}}$ , ml	$E$ , mV	$\Delta V$ , ml	$\Delta E$ , mV	$\Delta E/\Delta V$

Jadval natijalari asosida titrlash egri chiziqlari (4-ishga q.) chizilib, ekvivalent nuqtadagi titrantning hajmi aniqlanadi.

Xamirturushning kislotaliligi Neyman gradusda ifodalanadi. 5 g qandolatchilik mahsulotini titrlash uchun sarflangan 0,1000 n NaOH miqdori bir Neyman gradus deb qabul qilingan:

$$H^{\circ} = 4 \cdot K \cdot V,$$

bu yerda:  $K$  – tuzatish koeffitsiyenti bo‘lib,  $K = \frac{N_{\text{NaOH(naz.)}}}{N_{\text{NaOH(taj.)}}}$ ;  $N_{\text{NaOH}}$  – NaOH ning 0,1000 n eritmasi;  $V$  – titrlashga sarflangan 0,1000 n NaOH ning hajmi.

|| **Tayanch iboralar:** fizik-kimyoviy analiz; sezgirlik; aniqlilik; potensimetriya; elektrod; EYuK; potensial sakrash.





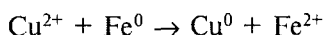
## Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Potensiometrik analiz usuli nimaga asoslangan?
2. Elektrod nima va uning turlariga umumiy xarakteristika bering.
3. Nima sababdan metall-eritma sirtida potensial hosil bo'ladi?
4. Elektrodning potensial qiymatiga qanday omillar ta'sir qiladi?
5. Potensiometrik titrlashning mohiyati nimada? Ekvivalent nuqta va potensial sakrama tushunchalarini izohlab bering.
6. Potensiometrik titrlashda ekvivalent nuqtani aniqlashning qanday usullari mavjud?
7. Potensial sakrama va unga ta'sir qiluvchi omillar haqida nimalarni bilasiz?
8. Potensiometrik titrlashda boradigan reaksiyalarga qanday talablar qo'yilgan?
9. Nima uchun potensiometrik usul asosida galvanik element yotishining sababi nimada?
10. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi uchun Nernst tenglamasi qanday? Uni izohlab bering.
11. Normal, real va muvozanat potensial nima?
12. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
13. Potensiometrik titrlashning afzalliklari va kamchiliklari haqida bayon eting.
14. Standart elektrod potentsiali nima? Misollar bilan tushuntiring.
15. Galvanik element va uning EYK nima? Nima uchun potensiometrik usulda galvanik element bo'lishi shart?
16. EYK ni o'lchash nimaga asoslangan?
17. Indikator elektrod deb qanday elektrodga aytiladi? Misollar keltiring.
18. Vodorod ko'rsatkich nima va uning qiymatini o'lchashda qanday elektrodlar ishlatiladi?
19. Indikator – vodorod elektrodga nisbatan shisha elektrod qanday afzalliklarga ega?
20. Birinchi tur elektrodlar uchun Nernst tenglamasini yozing. Bunday elektrodning qiymati va ishorasi nimalarga bog'liq?

21. Suvli eritmada boradigan oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi uchun Nernst tenglamasini yozing.



22. Suvli eritmalarining pH ini o'lashda indikator elektrod sifatida qanday elektrodlar ishlatiladi?
23. Quyidagi reaksiya  $2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} = \text{Ag}_2\text{CrO}_4$  boradigan galvanik elementning sxemasini yozing.
24. Quyidagi reaksiya  $\text{Co} + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  boradigan galvanik elementning sxemasini tuzing.
25. Vodorod elektrodning standart potentsiali deb nimaga aytiladi? Izoh bering.
26. Quyidagi kimyoviy reaksiya boradigan galvanik elementning shartli sxemasini keltiring.

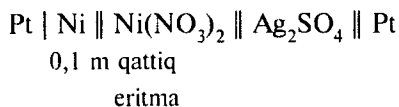


27. Shartli elektrod potentsiali yoki vodorod shkalasiga nisbatan olingan elektrod potentsiali deb nimaga aytiladi?
28. Quyidagi galvanik elementlarda boradigan elektrokimyoviy reaksiyalarning tenglamalarini yozing.



29. Quyidagi reaksiya  $\text{Zn} + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Fe}^{2+}$  boradigan galvanik elementning sxemasini yozing.
30. Quyidagi reaksiya  $\text{Cd} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{CdSO}_4 + \text{Cu}$  boradigan galvanik elementning sxemasini yozing.
31. Gaz xlorli elektrodda  $\text{Cl}^-/\text{Cl}_2$ , Pt boradigan kimyoviy reaksiyani va uning elektrod potentsialini hisoblash formulasini yozing.
32. Kalomel elektrodda  $\text{KCl}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}$  boradigan kimyoviy reaksiya tenglamasini va uning elektrod potentsialini hisoblash formulasini yozing.
33.  $\text{Fe}_2^+, \text{Fe}_3^+/\text{Pt}$  elektrodda boradigan kimyoviy reaksiya tenglamasini va uning elektrod potentsialini hisoblash formulasini yozing.
34. Pt,  $\text{H}_2/\text{HCl}$ ,  $\text{AgCl}/\text{Ag}$  galvanik elementda boradigan kimyoviy reaksiya va uning EYK ni hisoblash formulasini yozing. Vodorodning bosimini birga teng deb oling.

35. Standart elektrod potensialning qiymati qanday omillarga bog'liq.
36. Ekvivalent nuqta yaqinida indikator elektrodning potensialini keskin o'zgarishiga sabab nima?
37. Potensial sakrashga nima sabab bo'ladi? Qanday omillar ta'sir qilishini ko'rsating va tushuntiring.
38. Eritmada  $\text{pH} = 6$  bo'lganda,  $[\text{H}^+]$  ni potensiometrlik o'lchaganda shisha va kumush xlorid elektrodalarda boradigan reaksiya tenglamasini yozing.
39. Bufer eritmalar yordamida shisha elektrodni darajalashni tushuntiring.
40. Berilgan galvanik elementning EYK i  $t = 25^\circ \text{C}$  da  $0,250 \text{ V}$  ga teng.



Berilgan eritmadagi ionlarning aktivlik koeffitsiyentini toping.

41.  $20,00 \text{ ml}$  suvda  $28,00 \text{ g}$   $\text{ZnSO}_4$  eritilgan, eritmaga tushirilgan rux elektrodning ( $t=25^\circ \text{C}$ ) vodorod elektrodga nisbatan potensialini hisoblang.
42. Elementning  $\text{Pt}(\text{H}_2)$  (eritma) In kalomel elektrod EYK va  $t = 30^\circ \text{C}$  da  $0,600 \text{ V}$  ga teng bo'lsa, eritmadagi  $[\text{H}^+]$  konsentratsiyasini va  $\text{pH}$  ini hisoblang ( $E_{\text{NKE}} = 0,2816 \text{ V}$ ).
43.  $20,00 \text{ ml}$   $\text{HCl}$  eritmasiga  $3 \text{ ml}$   $0,02 \text{ n}$   $\text{HCl}$  eritmasi qo'shildi. Indikator-xingidron elektrodning potentsiali  $220 \text{ mV}$  dan  $260 \text{ mV}$  gacha o'zgaradi.  $25^\circ \text{C}$  da  $\text{HCl}$  ning eritmadagi konsentratsiyasini (g-ekv/l) hisoblang.
44. Elementning  $\text{Cu}|\text{CuSO}_4|$   $0,1 \text{ n}$  kalomel elektrod  $t = 20^\circ \text{C}$  da EYK =  $0,250 \text{ V}$  ga teng bo'lsa, eritmadagi  $[\text{Cu}_2^+]$  iononi hisoblang ( $E_{\text{NKE}} = 0,3368 \text{ V}$ ).
45.  $50,00 \text{ ml}$   $0,1000 \text{ n}$   $\text{HCl}$  eritmasiga  $20,00 \text{ ml}$   $0,2000 \text{ n}$  ammiak eritmasi qo'shildi. Vodorod elektrodning ( $t = 20^\circ \text{C}$ )  $0,1 \text{ n}$  kalomel elektrodga nisbatan potentsiali qanchaga o'zgaradi ( $E_{\text{H.K.E}} = 0,3368 \text{ V}$ )?
46.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasiga tushirilgan vodorod va to'yingan kalomel elektrodan iborat galvanik elementning EYK i  $t = 25^\circ \text{C}$  da  $0,435 \text{ V}$  ga teng eritmaning  $\text{pH}$  ini aniqlang.

47. 10,0 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  20,00 ml suvda eritildi. Tayyorlangan eritmaga tushirilgan aluminiy elektrodning ( $t = 25^\circ \text{C}$ ) 0,1 n kalomel elektrodga nisbatan potensialini hisoblang ( $E_{\text{NKE}} = 0,3365 \text{ V}$ ).
48.  $25^\circ \text{C}$  da xingidron va kumush xlor elektrodlaridan iborat galvanik elementning EYK i 254 mV ga teng bo'lsa, nitrat kislota eritmasidagi  $[\text{H}^+]$  ni hisoblang.
49. 0,05 n  $\text{ZnCl}_2$  eritmasidagi rux elektrodning ( $t = 25^\circ \text{C}$ ) vodorod elektrodga nisbatan potensialini hisoblang.
50. 25 g  $\text{CuSO}_4$  150 ml suvda eritildi. Tayyorlangan eritmaga tushirilgan mis elektrodning ( $t = 30^\circ \text{C}$ ) vodorod elektrodga nisbatan potensialini hisoblang.
51. 10,0 ml HCl eritmasiga,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  saqlagan 1,500 ml 0,010 n HCl eritmasi qo'shildi. Indikator xingidron elektrodning potentsiali 190 mV dan 210 mV ga o'zgardi.  $25^\circ \text{C}$  da HCl ning eritmadagi konsentratsiyasini (g-ekv/l) hisoblang.
52. Eritmadagi NaOH ning miqdorini potensiometrlik usulda aniqlash uchun 20,00 ml eritmasidan olib, 0,02 n HCl eritmasi bilan titrlaganda quyidagi natijalar olindi:

$V_{\text{HCl}}$ , ml	10,00	15,00	17,00	17,50	17,90	18,00	18,10	18,50	19,00
$E$ , mV	382	411	442	457	498	613	679	700	709

Eritmadagi NaOH ning konsentratsiyasini g/l da hisoblang.

53. 20,00 ml KCl eritmasi 0,2000 n  $\text{AgNO}_3$  eritmasi bilan potensiometrlik titrlaganda quyidagi natijalar olindi:

$V_{\text{AgNO}_3}$ , ml	15,00	20,00	22,00	24,00	24,5	24,9	25,0	25,1	25.5
$E$ , mV	307	328	342	370	388	428	517	606	646

KCl ning eritmadagi miqdorini g/l da hisoblang.

54. Tarkibida kumush bo'lgan 1,8574 g qotishma, 100,0 ml sig'imli o'lchov kolbasida eritildi. Tayyorlangan 25 ml eritma va 0,09250 n NaCl eritmasi bilan potensiometrlik titrlaganda quyidagi natijalar olindi:

$V_{\text{NaCl}}$ , ml	16,00	18,00	19,0	19,5	19,9	20,0	20,1	20,5	21,0
$E$ , mV	689	670	652	634	594	518	441	401	383

Qotishma tarkibidagi kumushning foiz miqdorini hisoblang.

55. 20,00 ml  $\text{CaCl}_2$  eritmasi 0,05000 n  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  eritmasi bilan potensiomertik titrlanganda quyidagi natijalar olindi:

$V_{\text{Hg}(\text{NO}_3)_2}$ , ml	10,0	15,0	17,0	17,5	17,9	18,0	18,1	18,5	19,0
$E$ , mV	382	411	442	457	498	613	679	700	709

Eritmadagi  $\text{CaCl}_2$  ning konsentratsiyasini g/l da hisoblang.

---

## 9- mavzu. ANALIZNING KONDUKTOMETRIK USULI

### 9.1. Elektr o'tkazuvchanlik

Konduktometrik analiz usullari elektrolitlar (kislota, asos, tuz) eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini o'lchash bilan eritmada erigan modda miqdorini aniqlashga asoslangan bo'lib, tokning chastotasiga ko'ra, past chastotali ( $10^3$  Hz) – konduktometriya va yuqori chastotali ( $10^6$  Hz) titrlashga bo'linadi.

**Elektr o'tkazuvchanlik.** Qarshilikka teskari kattalik *elektr o'tkazuvchanlik* deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$W = \frac{1}{R}, \text{ Om,}$$

bu yerda:  $R$  – eritmaning qarshiligi, Om;  $W$  – eritmaning elektr o'tkazuvchanligi, Om.

**Eritmaning qarshiligi** ( $R$ , Om) eritmaga tushirilgan elektrodlar orasidagi masofaga ( $l$ , sm) to'g'ri proporsional va elektrod-larning sirt yuzasiga ( $S$ ,  $\text{sm}^2$ ) teskari proporsional bog'langan:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

bu yerda:  $\rho$  (Om-sm) – proporsionallik koeffitsiyenti yoki aniqrug'i o'tkazgichning solishtirma qarshiligi deyiladi.

Agar o'tkazgichning uzunligi  $l = 1$  sm va ko'ndalang kesim yuzasi  $S = 1 \text{ sm}^2$  bo'lsa,  $\rho = R$  bo'ladi. Demak, solishtirma qarshilik 1 sm uzunlikdagi, kesim yuzi 1  $\text{sm}^2$  ga teng bo'lgan o'tkazgichning qarshiligidir.

**Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik.** Solishtirma qarshilikka teskari qiymat solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ( $\chi$ ) deyiladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\chi = \frac{1}{\rho} \quad (\text{Om-sm}^{-1}).$$

Shunday qilib, yuzalari  $1 \text{ sm}^2$  bo'lgan o'zaro  $1 \text{ sm}$  masofada joylashgan elektrodlar orasidagi eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga *solishtirma elektr o'tkazuvchanlik* deb aytiladi.

**Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik.** Qalinligi  $1 \text{ sm}$  va unga tushirilgan elektrodning sirt yuzasi  $1 \text{ sm}^2$  teng bo'lgan  $1 \text{ g-ekv}$  elektrolit saqlagan eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga *ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik* deyiladi ( $\lambda$ ,  $\text{Om-sm}^2/\text{g-ekv}$ ) va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\lambda = H \frac{1000}{C}; \quad \lambda = H \cdot V,$$

bu yerda:  $C$  – elektrolitning konsentratsiyasi,  $\text{g-ekv}$ ;  $V$  –  $1 \text{ g-ekv}$  erigan modda saqlagan eritmaning  $1 \text{ sm}^3$  dagi hajmi.

Ion (kation, anion) larning  $1 \text{ s}$  da tashigan tok miqdori (kulongda) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$J = \frac{\alpha \cdot C \cdot E}{1000 \cdot l} SF (v_+ + v_-),$$

bu yerda:  $\alpha$  – elektrolitning dissotsiasiyalanish darajasi;  $E$  – elektrodlar orasidagi potentsiallar farqi,  $\text{V}$ ;  $v_+ + v_-$  – potensial  $1 \text{ V}$  bo'lganda kation va anionlarning  $1 \text{ sm}$  masofani o'tishdagi absolut harakat tezligi;  $F$  – Faradey soni,  $96500$  kulon.

Om qonuniga muvofiq  $W = J/E$ , bunda elektr o'tkazuvchanlik:

$$W = \frac{\alpha \cdot C \cdot S}{1000 \cdot l} F (v_+ + v_-).$$

Umuman,  $S = 1 \text{ sm}^2$ ,  $l = 1 \text{ sm}$  bo'lganda aniqlangan elektr o'tkazuvchanlik  $W$  solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni  $H$  ifodalaydi:

$$H = \frac{\alpha \cdot C}{1000} F (v_+ + v_-).$$

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik  $\lambda = H \cdot V$ ,  $V = 1000/C$  ekanligini bilgan holda:

$$\lambda = \alpha F (v_+ + v_-)$$

kelib chiqadi.

Ionlarning absolut tezligi juda kichik bo'lganligi sababli,  $F$  marta katta bo'lgan qiymat — ionlarning harakatchanligidan ( $\lambda_+ + \lambda_-$ ) (ilovaga q., 8- jadval) foydalanamiz:

$$H = \frac{\alpha \cdot C}{1000} (\lambda_+ + \lambda_-),$$

$$\lambda = \alpha(\lambda_+ + \lambda_-) \quad \text{yoki} \quad \lambda = \alpha \cdot \lambda^0.$$

$$\alpha = 1 \text{ bo'lganda, } \lambda^0 = \lambda_+^0 + \lambda_-^0.$$

Shunday qilib, (chegara) cheksiz suyultirilgan eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi suyultirilgan eritma (chegara) ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklarining yig'indisiga yoki cheksiz suyultirilgan eritmadagi kation va anionlar harakatchanliklarining (ilovadagi 8-jadvalga q.) yig'indisiga teng. Bu Kolraush tomonidan ta'riflangan additivlik (ionlar harakatining mustaqillik) qonuni deyiladi. Elektr o'tkazuvchanlikning qiymati eritma konsentratsiyasi, harorat, erigan modda va erituvchi tabiatiga bog'liq.

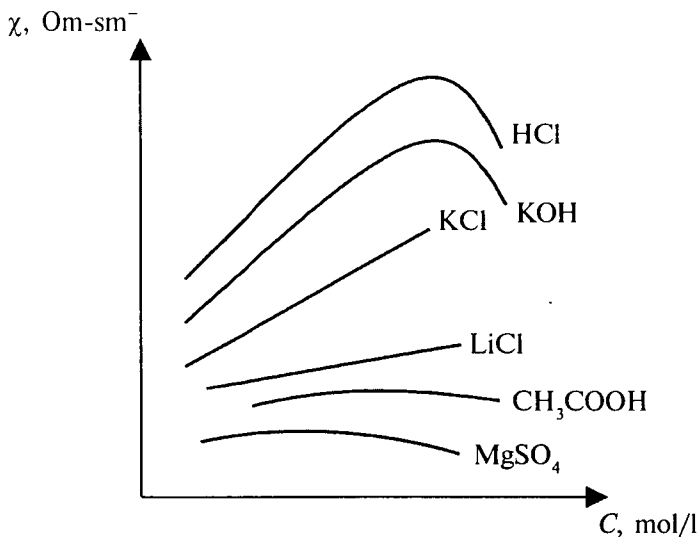
## 9.2. Elektr o'tkazuvchanlikka ta'sir qiluvchi omillar

### Eritma konsentratsiyasining ta'siri.

Elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi elektrolitning tabiatiga bog'liq bo'lib, konsentratsiyaning oshishi solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning ortishiga va ma'lum qiymatdan keyin kamayishiga olib keladi (14- rasm).

Eritma konsentratsiyasi oshishi bilan eritmada zaryadli zarrachalar soni ortadi, natijada elektr o'tkazuvchanlik ma'lum qiymatgacha ortadi, keyin esa kamayadi, chunki eritma konsentratsiyasi oshishi bilan eritmaning ion kuchi oshadi, natijada ionlar orasidagi masofa kichrayib, ion juftlari hosil bo'lib, ionlarning





14- rasm. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi.

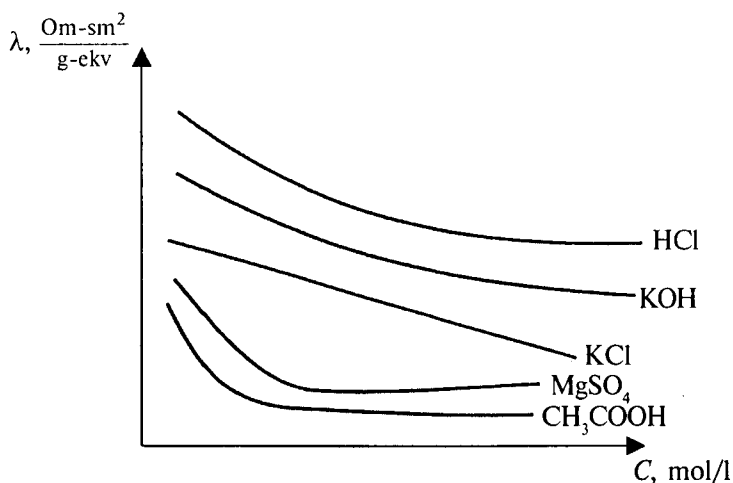
harakatchanligi kamayadi. Demak, konsentratsiya va ionlarning zaryadi qancha katta bo'lsa, eritmaning ion kuchi shuncha katta bo'ladi. Bu bog'lanish Onzager tenglamasi bilan ifodalandi:

$$\lambda = \lambda^0 - \beta\sqrt{\mu^0},$$

bu yerda:  $\lambda$  — berilgan konsentratsiyadagi eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi;  $\lambda^0$  — cheksiz suyultirilgan eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi;  $\mu^0$  — eritmaning ion kuchi;  $\beta$  — erituvchining kimyoviy tabiatiga bog'liq bo'lgan kattalik.

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik eritmaning suyultirilishi bilan o'zgarib, eritma cheksiz suyultirilganida o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Chunki eritma suyultirilishi bilan ionlar orasidagi o'zaro ta'sir susayib, ionlarning harakat tezligi ortadi (15- rasm).

Kuchsiz elektrolit eritmalarda konsentratsiyaning kamayishi bilan dissotsilanish darajasi ortadi; cheksiz suyultirilganda elektrolit amalda to'liq dissotsilangan deb hisoblanadi. Bunday hol-



15- rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi.

da ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi Kolraush tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - A\sqrt{C},$$

bu yerda:  $\lambda$  – berilgan konsentratsiyadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik;  $\lambda_{\infty}$  – cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik;  $A$  – doimiy qiymat.

**Haroratning ta'siri.** Harorat oshishi bilan eritmaning qovushqoqligi kamayib, ionlarning harakatchanligi oshadi. Harorat  $1^{\circ}\text{C}$  ga oshganda eritmaning elektr o'tkazuvchanligi 2–2,5 % ga oshadi. Bu bog'liqlik quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$H_t = (1 + \alpha t + \beta t^2),$$

bu yerda:  $H_t$  –  $0^{\circ}\text{C}$  haroratdagi eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi;  $\alpha$ ,  $\beta$  – elektrolitning kimyoviy tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan kattaliklar;  $t^0$  – harorat.

Haroratning juda ham oshib ketishi ionlar harakatini oshiradi. Natijada ionlarning to'qnashishlar soni ko'payib qarshilik ortadi, elektr o'tkazuvchanlik esa kamayadi.

**Erituvchi kimyoviy tabiatining ta'siri.** Eritmaning dissotsilanish darajasi, ya'ni eritmadagi ionlar miqdori ( $\pm$ ) erituvchining diyelektrik singdiruvchanligiga bog'liq. Bu kattalik qancha kichik bo'lsa, dissotsilanish, eritmaning elektr o'tkazuvchanligi ham shuncha kam bo'ladi.

Masalan, suvning dielektrik singdiruvchanligi 78,3, benzolniki esa 2,3. Demak, suv yaxshi erituvchi hisoblanadi. Bu bog'liqlikni quyidagi tenglamadan ham bilish mumkin:

$$F = \frac{g_1 \cdot g_2}{r^2 \epsilon}.$$

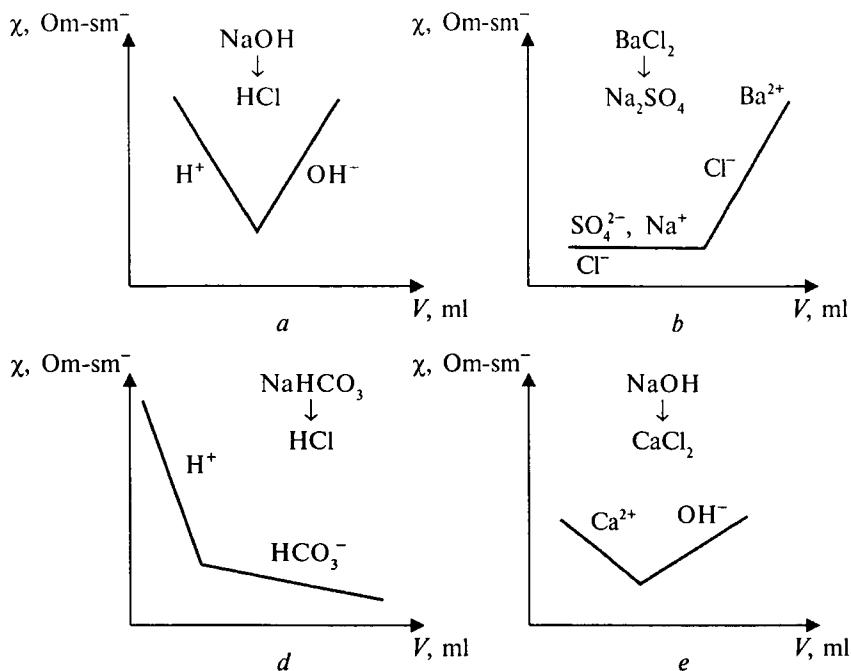
Ionlar orasidagi ta'sir kuchi, shu ionlar miqdori ( $g$ )ga to'g'ri proporsional, ular orasidagi masofa  $a(r)$ ning kvadratiga va erituvchining dielektrik singdiruvchanligi  $\pm i(\epsilon)$ ga teskari proporsionaldir. Xuddi shunday eritmaning elektr o'tkazuvchanligi erituvchining qovushqoqligiga ham bog'liq. Agar erituvchining qovushqoqligi qancha kichik bo'lsa, ionlar harakati shuncha tez va elektr o'tkazuvchanlik shuncha katta bo'ladi.

Konduktometrik analiz usuli to'g'ri (bevosita) konduktometriya va konduktometrik titrlashga bo'linadi.

To'g'ri konduktometriya asosida eritma konsentratsiyasi bilan elektr o'tkazuvchanligi orasidagi bog'lanish yotadi. Bu usul bilan eritmada bo'lgan alohida elektrolitlar miqdorini aniqlash, ayniqsa, oziq-ovqat mahsulotlari sifatini nazorat qilish mumkin.

Masalan, suvning tozaligini, sut, vino, shifobaxsh ichimliklar va boshqalar tarkibiy qismini aniqlash mumkin.

Konduktometrik titrlashda titrlash jarayonida eritmaning elektr o'tkazuvchanligi o'lchab boriladi. Olingan natijalar asosida (elektr o'tkazuvchanlikni titrant hajmiga bog'liqligi) titrlash egri chiziqlari chiziladi. Aniqlanadigan moddada ionlar harakatchanligining turlicha bo'lishiga qarab, titrlash egri chiziqlarining ko'rinishi ham har xil bo'ladi (16- rasm).



**16- rasm.** Titrlash egri chiziqlari:

*a* – kuchli kislotani kuchli asos bilan titrlash; *b* – cho‘kma hosil qilish reaksiyasiga asoslangan titrlash; *d* – kuchli kislotani kuchli asos va kuchsiz kislotadan hosil bo‘lgan tuz bilan titrlash; *e* – kuchsiz asos va kuchli kislotadan hosil bo‘lgan tuzni kuchli asos bilan titrlash.

Ekvivalent nuqta titrlash egri chiziqlaridan topiladi va hisoblashlar olib boriladi. Konduktometrik titrlashda neytrallanish, oksidlanish-qaytarilish, cho‘ktirish, kompleks hosil qilish, qaytar va qaytmas reaksiyalardan foydalanish mumkin.

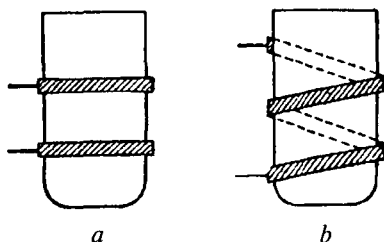
### 9.3. Yuqori chastotali titrlash

Yuqori chastotali titrlash usuli ham eritmaning elektr o‘tkazuvchanligini o‘lchashga asoslangan bo‘lib, analiz qilinadigan eritma yuqori chastotali tebranish konturiga (elektr maydoniga) qo‘yiladi. Bunda tokning chastotasi megogers va bir necha 212

ligogersga teng bo'лади. Elektr maydoniga joylashtirilgan eritmadagi ionlar kichik chastotada tebranadi. Chastota amplitudasi oshirilganda ionlarning tebranishi kamayadi, oxirida ionlar harakat qilmay qo'yadi. Ayni vaqtda yuqori chastota molekullarni deformatsiyalab, deformatsion qutblanish hosil qiladi. Qutblangan molekular yuqori chastotali o'zgaruvchan tok maydonida harakat qila boshlaydi, natijada oriyentatsion qutblanishni hosil qiladi. Qutblanishning har ikkalasi eritmadagi ionlarning siljishiga sabab bo'лади. Natijada eritmada qisqa muddatli tok paydo bo'лади. Molekulaning qutblanishi eritmaning elektr o'tkazuvchanligini, dielektrik va magnit kirituvchanlik xususiyatini o'zgartiradi.

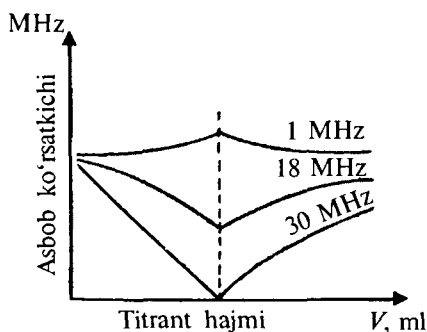
Yuqori chastotali titrlash asboblarning sxemasi konduktometrik (quyi chastotali) titrlash asboblari sxemasidan farq qilib, analiz qilinadigan eritma yacheykasi kondensator plastinkalari orasida yoki induktiv g'altak ichida joylashtiriladi (17- rasm).

Yuqori chastotali titrlashda elektrodlar eritmaga tushirilmaydi. Yuqori chastotali titrlashda asbobning asosiy qismi yuqori chastotali tebranish generatori hisoblanadi. Generatorning tebranish chastotasi titrlash egri chizig'iga kuchli ta'sir qiladi (18- rasm).



17- rasm. Yacheykalar:

*a* – kondensatorli yoki *C* sig'imli *C* yacheyka; *b* – induktiv yoki *L* yacheyka.



18- rasm. Asbob

ko'rsatkichining titrant hajmiga bog'liqlik grafigi.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, ekvivalent nuqta chastota 25–30 MHz dan katta bo‘lganda aniq topiladi. Yuqori chastotali titrlash usulining quyi chastotali (konduktometrik) va potensiometrik titrlashga nisbatan sezgirligi katta. Bundan tashqari, yuqori chastotali titrlash bir necha afzalliklarga ega, ya’ni elektrodlar eritmaga tushirilmaydi; analizni rangli, quyuq smola, emulsiya, zaharli suv, organik erituvchilar muhitida ham olib borish mumkin.

Yuqori chastotali titrlash usulidan neytrallanish, cho‘ktirish, kompleks hosil qilish va oksidlanish-qaytarilish reaksiyalaridan foydalanish mumkin.

Yuqori chastotali titrlash usulining kamchiligi: titrlash asboblari murakkab tuzilgan; yacheyka doimiyligini saqlab turish ancha qiyin.

#### **9.4. Tajriba mashg‘ulotlari**

##### ***1- ish. Aralashmadagi kislota, asos va tuz eritmalarining miqdorini aniqlash***

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: konduktometr, yacheykasi bilan; 10 dona 50,00 ml li o‘lchov kolbasi; 5,00 ml li pipetka; maxsus shpris; 200 ml li stakan; yuvgich.

Asbobning ishga tayyorligini tekshirish (o‘qituvchi tekshiradi). Konduktometr 15 min oldin tok manbayiga ulanib, qizdiriladi. Darajalash (kalibrlash) tugmasi va oraliq ishlash sohasi tugmalaridan birini bosib, darajalash buragichi yordamida ko‘rsatkich 80 sM/m qiymatga qo‘yiladi. Xuddi shunday darajalashni ishlash sohasi tugmachalarining har biri uchun tekshirib ko‘riladi.

Asbobning ko‘rsatkichi 80 sM/m ga qo‘yiladi.

Darajalash egri chizig‘ini chizish uchun bir necha standart eritma suyultirish usulida tayyorlanadi.

O‘lchash. Elektr o‘tkazuvchanlik yacheykasi ikki marta distillangan suv bilan, keyin aniqlanadigan elektrolit eritmasi bi-

lan yuviladi. Yacheykaga maxsus shpris bilan elektrolit eritmasi quyiladi va asbobga ulanadi (o'lchash doimo eng kichik konsentratsiyali eritmadan boshlanadi). O'lchanadigan ishlash sohasi tugmachalarning tegishlisini bosib asbobning ko'rsatkichi  $W$  yozib olinadi. Xuddi shunday tarzda hamma eritmada o'lchanib, natijalari quyidagi jadval ko'rinishida yozib boriladi.

Kolba raqami	$C_n$	$-\lg C$	$W$	$H = W - 0,909$	$\lambda = \frac{H - 1000}{C}$	$\sqrt{C}$
10	0,00195					
9	0,0039					
8	0,0078					
7	0,0156					
6	0,0312					
5	0,0625					
4	0,125					
3	0,25					
2	0,5					
1	1					

Jadval natijalari asosida ( $W - \lg C$ ), ( $H - \lg C$ ), ( $\lambda - \lg C$ ), ( $\lambda - \sqrt{C}$ ) bog'liqlik grafiklari chiziladi.

## 2- ish. Kuchli kislota (asos) ni kuchli asos (kislota) bilan titrlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: yuqori chastotali TB-6JI titratori; mikroburetka; 10,00 ml li pipetka; 50,00 ml li o'lchov kolbasi; aralashtirgich o'zagi; 0,0100 n NaOH yoki KON; ~0,1 n  $H_2SO_4$  yoki HCl.

Aniqlanadigan modda eritmasining konsentratsiyasi titrantning konsentratsiyasiga nisbatan 10 marta kichik bo'lishi kerak.

Ishning bajarilish tartibi. Titrlash stakaniga pipetka bilan 5 ml 0,1 n  $H_2SO_4$  ning eritmasidan quyiladi. Stakanni yacheykaga joylashtirib, eritmani hajmi yuqorigi halqadan 3–5 ml ko‘tarilguncha distillangan suv quyib suyultiriladi. Idishga aralashtirgich o‘zagi tushirilib, magnitli aralashtirgich ulanadi va uning tezligi tanlanadi (voronka hosil bo‘lishi oldi olinadi). O‘lchov asbobining strelkasi shkalaning chap tomonidagi 5–10 qiymatlariga keltiriladi («грубо», «точно» buragichlari yordamida). Eritma mikroburet kadagi 0,0100 n ishqor eritmasi bilan titrlanadi. Dastlab titrantni 1 ml dan qo‘shib 30–40 sekund davomida asbobning ko‘rsatkichi yozib boriladi. Keyin 0,5 (0,2) ml dan titrant qo‘shiladi. Mikroampermetrning ko‘rsatkichi qo‘yilgan qiymatdan eng katta chetga chiqish va qaytib o‘z holiga kelguncha titrlash davom ettiriladi. Olingan natijalar jadval ko‘rinishida rasmiylashtirilib, mikroampermetr ko‘rsatkichini ( $I$ , mA) titrant hajmiga ( $V$ , ml) bog‘liqlik titrlash egri chizig‘i chiziladi, ekvivalent nuqtadagi titrantni hajmi aniqlanadi.

Eritmadagi kislota miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$g = \frac{E_{k-ta} \cdot V_{ish} \cdot N_{ish} \cdot V_k}{V_p}$$

**Tayanch iboralar:** elektr o‘tkazuvchanlik; solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik; ekvivalent elektr o‘tkazuvchanlik; to‘g‘ri konduktometriya; konduktometrik titrlash; yuqori chastotali titrlash.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Nima sababdan eritmada elektrolitlar ionlarga dissotsilanadi?
2. Konduktometrik analiz usulining mohiyati nimadan iborat?
3. Solishtirma, molyar va ekvivalent elektr o‘tkazuvchanliklar orasida qanday bog‘lanishlar bor?
4. Elektrolit eritmalarining ekvivalent elektr o‘tkazuvchanligi qanday fizik ma‘noga ega?



5. Nima uchun elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini o'lchash uchun doimiy tok emas, balki o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?
6. Eritmaning elektr o'tkazuvchanligini o'lchashda yacheyka doimiyligiga qanday omillar ta'sir qiladi?
7. Erituvchi sifatida suv o'rniga aseton ishlatilsa, kuchsiz elektrolitning dissotsilanish konstantasining qiymati o'zgaradimi? Nima uchun?
8. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kuchli va kuchsiz elektrolitlar konsentratsiyasiga qanday bog'liq?
9. Bevosita va bilvosita konduktometriya usullari orasida qanday farq bor? Qaysi usul ko'proq tanlash xususiyatga ega? Nima uchun?
10. Ekvivalent nuqta yaqinidagi qanday o'zgarish konduktometrik titrlashni tugatishga sabab bo'ladi?
11. Yuqori chastotali titrlashda yacheykalarining qanday turlari ishlatiladi?
12. Murakkab aralashmalarni konduktometrik titrlash qanday bajari-ladi. Titrlashdagi egri chiziqlarga misollar keltiring.
13. Konduktometrik titrlash egri chizig'i silliq bo'lsa, ekvivalent nuq-ta qanday aniqlanadi?
14. 0,1 n NaCl eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi  $79,2 \text{ sm}^2/\text{Om}$ . Eritmaning qarshiligi 5 Om bo'lishi uchun sirt yuzasi  $5 \text{ sm}^2$  teng bo'lgan parallel elektrodlar orasidagi masofa qanchaga teng bo'lishi kerak?
15. Cheksiz suyultirilgan KCl eritmasining ekvivalent elektr o'tka-zuvchanligi  $130,1 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2/\text{g-ekv}$ .  $\text{Cl}^-$  ionlarining tashilish soni 0,504 ga teng. Eritmadagi  $\text{K}^+$  va  $\text{Cl}^-$  ionlarining harakatchan-ligini hisoblang.
16.  $18^\circ \text{ C}$  da zichligi  $1,0255 \text{ g}/\text{sm}^3$  bo'lgan 4 % li sulfat kislota erit-masining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $0,1675 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  teng. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
17. Dissotsilanish konstantasi  $1,76 \cdot 10^{-5}$  bo'lgan 0,1 n sirka kislota eritmasidagi  $[\text{H}^+]$  va eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuv-chanligini hisoblang ( $\lambda_{\text{CH}_3\text{COOH}}^0 = 390,7$ ).

18. Dissotsilanish konstantasi  $1,79 \cdot 10^{-5}$  va darajasi 0,01 bo'lgan  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasining konsentratsiyasini va ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang. To'yingan  $\text{AgBr}$  eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $0,57 \cdot 10^{-7} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ . Chegara ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi  $121,9 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2/\text{g-ekv}$  bo'lgan  $\text{AgBr}$  ning eruvchanligini hisoblang.
  19. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi  $109,9 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2/\text{g-ekv}$  bo'lgan  $0,050 \text{ n}$   $\text{KNO}_3$  eritmasiga tushirilgan elektrodlar orasidagi masofa  $2 \text{ m}$ , elektrodning sirt yuzasi  $5 \text{ sm}^2$  teng. Shu eritmaning elektr o'tkazuvchanligi nimaga teng?
  20. Yacheyka doimiyligi  $0,5 \text{ sm}^{-1}$  bo'lganda  $0,0100 \text{ n}$   $\text{KNO}_3$  eritmasining qarshiligi  $423 \text{ Om}$ . Eritmaning solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
  21. Harorati  $298^\circ \text{ K}$   $0,1 \text{ n}$   $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $0,037 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ . Shu eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini va  $\text{pH}$  ini hisoblang.
  22.  $18^\circ \text{ C}$  da ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi  $94,3 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2/\text{g-ekv}$  bo'lgan  $1 \text{ n}$   $\text{AgNO}_3$  eritmasi bor yacheykadagi elektrodning sirt yuzasi  $25 \text{ sm}^2$  va ular orasidagi masofa  $5,5 \text{ sm}$  ga teng bo'lsa, eritmaning elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
  23. Solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lgan  $0,0105 \text{ n}$   $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasining dissotsilanish konstantasini hisoblang.
-

## **10- mavzu. OPTIK ANALIZ USULLARI**

Analizning optik usullari moddalarning elektromagnit nurlanish (yorug'lik nuri) energiyasi bilan ta'sirlashishi natijasida o'zgaradigan parametrlarni o'lchashga asoslangan. Analizning optik usullari quyidagilarga bo'linadi:

*Refraktrometrik usul* moddaning yorug'lik nurini sindirish ko'rsatkichini o'lchashga asoslangan.

*Nefelometrik usul* eritmaga tushayotgan yorug'lik nurining eritmada yoyilish jadalligini o'lchashga asoslangan.

*Turbidimetrik usul* eritmadan o'tayotgan yorug'lik nuri jadalligini o'lchashga asoslangan.

*Polarimetrik usul* qutblangan nur tekisligining burilish burchagini o'lchashga asoslangan.

*Emission usul* atomning qo'zgalgan holatida, ya'ni elektronning bir energetik qavatdan boshqa energetik qavatga o'tishida chiqqan nur jadalligini o'lchashga asoslangan.

*Absorbsion usul* moddalarning elektromagnit nurlarni tanlab yutishiga asoslangan bo'lib, yorug'lik nuri yutilishining asosiy qonuniga bo'ysunadi.

### **10.1. Yorug'lik nuri yutilishining asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni)**

Ma'lumki, modda atom yoki ionlar yorug'likni yutganda ularning energetik holati o'zgaradi, aniqrog'i energiyasi kam  $E_1$  holatdan energiyasi ko'p  $E_2$  holatga o'tadi. Shu paytda modda tarkibida «elektron o'tish» ro'y beradi. Bu o'tish faqat aniq energiyali yorug'lik nuri (kvant) yutilganda ro'y beradi. Bu yutilish yutiladigan energiya kvantining miqdori shu elektron o'tishga

to'g'ri keluvchi energiya farqi ( $\Delta E$ ) ga teng bo'lgandagina amalga oshadi, ya'ni:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu,$$

bu yerda:  $h$  – Plank doimiysi  $6,625 \cdot 10^{-34}$  joul·s;  $\nu$  – yutilgan yorug'likning tebranish chastotasi, Hz.

Ko'rinib turibdiki, tushayotgan yorug'likning bir qismi moddaga yutiladi, ya'ni nurning bir qismi «qatlam»ga yutilib o'z intensivligini kamaytiradi. Modddan o'tayotgan nur intensivligi ( $J$ ) ning kamayishi ( $J/J_0$ ) bilan yutuvchi modda miqdori ( $C$ ) va qatlami qalinligi ( $l$ ) orasidagi bog'lanish yorug'lik yutilishining asosiy qonuni deyiladi. O'tayotgan nur intensivligining kamayishini o'lchash maqsadida shu nurning toza erituvchidan o'tgandagi intensivligi  $J_0$  aniqlanayotgan moddaning shu erituvchidagi eritmasidan o'tgandagi intensivligi  $J$  ni solishtirish orqali erigan modda miqdori aniqlanadi. Bir xil materialdan tashkil topgan teng qalinlikdagi qatlamda eritmadan o'tayotgan yorug'likning tarqalishi va qaytishi teng bo'lib, ular intensivligining kamayishi eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq.

Har qanday eritmadan o'tgan nur intensivligining kamayishi o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi:

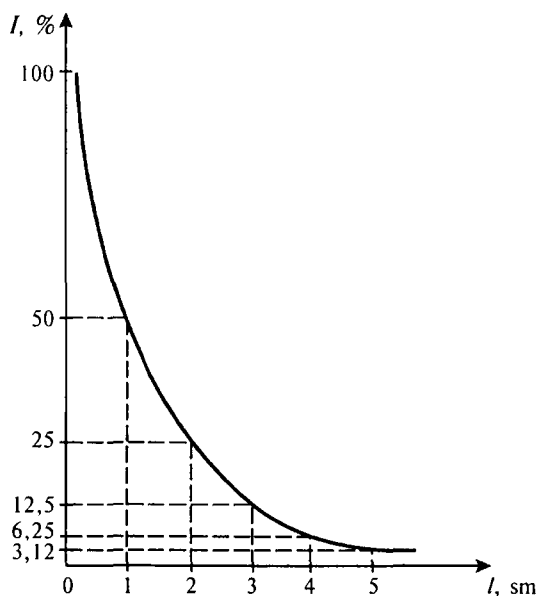
$$T = \frac{J}{J_0},$$

bu yerda:  $T$  – o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti;  $J$  va  $J_0$  – o'tgan va tushgan nurlar intensivligi.

O'tkazuvchanlikning manfiy ishorali o'nli logarifmi eritmaning optik zichligi deyiladi:

$$A = -\lg T = -\lg \frac{J}{J_0} = \lg \frac{J_0}{J}; \quad A = \lg \frac{J_0}{J}.$$

Eritmaning optik zichligi ( $A$ ) bilan yutuvchi qatlam qalinligi orasidagi bog'lanish Buger (1729-y.) va Lambert (1760-y.) tomonidan o'rganilgan bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:



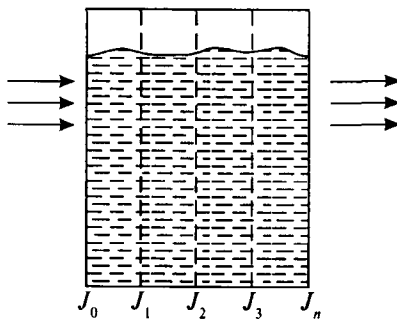
19- rasm. Buger-Lambert qonunining grafik ko'rinishi.

$$A = k \cdot l,$$

bu yerda:  $k$  – proporsionallik koeffitsiyenti;  $l$  – eritma qavatining qalinligi, ya'ni kuvetaning o'lchami (sm).

**Ta'rif.** Moddaning bir xil qalinlikka ega bo'lgan bir jinsli qatlamlari unga tushayotgan yorug'lik energiyasini teng ulushlarda yutadi. Bu bog'lanish 19-rasmda tasvirlanganidek bo'ladi.

Yutuvchi qatlam teng qiy-matlarga bo'lingan yorug'lik jadalligini har bir bo'lakdan o'tganda  $n$  martadan kamayib boradi (20- rasm):



20- rasm. Yorug'lik oqimi jadalligining yutuvchi qatlam qalinligiga bog'liq holda o'zgarishi.

$$J_1 = \frac{J_0}{n}; \quad J_2 = \frac{J_1}{n} = \frac{J_0/n}{n} = \frac{J_0}{n^2} \text{ va hokazo.}$$

Umumiy holda  $J = J_0/n^l$  modda konsentratsiyasi doimiy bo'lganda yuqoridagi formuladan foydalanib yutuvchi qatlam qalinligini, yorug'lik kuchi qanchaga kamayishini, nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyentini ham hisoblash mumkin.

$n^l = \frac{J_0}{J}$  logarifmlansa,  $\lg \frac{J_0}{J} = l \cdot \lg n$ .  $\lg n = \varepsilon$  bilan belgilanib, *nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti* deyiladi. Unda

$$\lg \frac{J_0}{J} = l \cdot \varepsilon$$

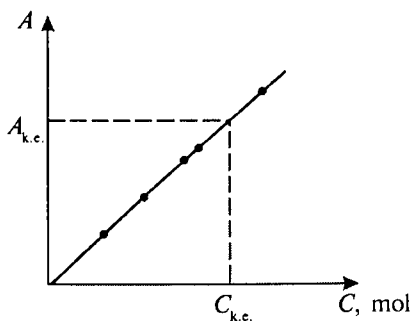
ifodaga ega bo'lamiz.

Eritma konsentratsiyasi bilan eritma optik zichligi orasidagi bog'lanish esa Ber qonuni (1852-y.) bilan ta'riflanadi: *yutuvchi qatlam qalinligi o'zgarmas bo'lganda eritmaning optik zichligi erigan modda konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional bo'ladi*:

$$A = \lg \frac{J_0}{J} = k_1 C,$$

bu yerda:  $k_1$  — proporsionallik koeffitsiyenti.

Buger-Lambert va Ber qonunlarini umumlashtirib, yorug'lik yutilishining asosiy qonuni formulasiga ega bo'lamiz:



21- rasm. Darajalash grafigi.

$$A = \varepsilon \cdot C \cdot l \text{ yoki } T = 10^{-\varepsilon \lambda \cdot C \cdot l}$$

$$-\lg T = \varepsilon \cdot C \cdot l,$$

ya'ni eritmaning optik zichligi aniqlanuvchi moddaning molyar nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti ( $\varepsilon$ ) ga, konsentratsiyasiga ( $C$ , mol/l) va yutuvchi qatlam qalinligi ( $l$ , sm) ga to'g'ri proporsional.

$l = \text{const}$  da eritmaga monoxromatik nur tushganda eritmaning optik zichligi bilan eritma konsentratsiyasi orasidagi bog'lanish grafigi *darajalash grafigi* ham deyiladi (21-rasm).

## 10.2. Nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti

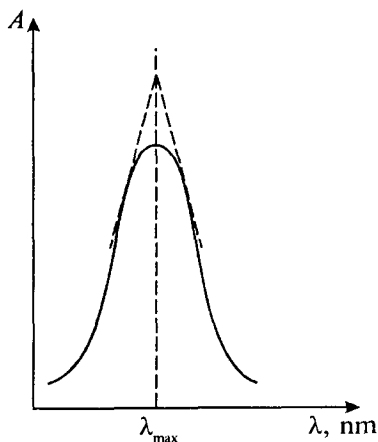
Nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyentining fizik ma'nosi quyidagicha:  $l = 1 \text{ sm}$  va  $C = 1 \text{ mol/l}$  bo'lganda eritmaning optik zichligi:

$$A = \varepsilon \cdot C \cdot l, \text{ ya'ni } A = \varepsilon \text{ bo'ladi.}$$

Har bir modda o'zining nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi.

$\varepsilon$  ning qiymati nurning to'liq uzunligi ( $\lambda$ ), eritmaning harorati, erigan modda va erituvchining tabiati (xususiyati)ga bog'liq bo'lib, eritma konsentratsiyasi va yutuvchi qatlam qalinligiga bog'liq emas. Analiz qilinadigan har bir modda ma'lum bir to'liq uzunligidagi nurni ko'proq (22-rasm) yutadi va moddaning nur yutilish koeffitsiyenti shu to'liq uzunligidagi nur bilan belgilanadi, ya'ni  $\varepsilon_\lambda$ .

Analiz qilinishi mumkin bo'lgan moddalar uchun  $\varepsilon \geq 10^3$  bo'lishi kerak. Tarkibida bir nechta rangli moddalar saqlagan eritmaning optik zichligi additiv xususiyatga ega, ya'ni bir moddaning yorug'lik yutish xususiyati shu eritmadagi boshqa moddalar ham bo'lishiga bog'liq emas. Eritmaning optik zichligi eritmadagi har bir rangli moddaning optik zichliklarining yig'indisiga teng:



22- rasm. Yutilish spektrining maksimal qiymatini aniqlash.

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

bu yerda:  $A_1, A_2 \dots A_n - 1, 2, \dots, n$ - moddaning optik zichligi.  
 $A = \varepsilon \cdot C \cdot l$  ni hisobga olganda:

$$A = l(\varepsilon_1 C_1 + \varepsilon_2 C_2 + \dots + \varepsilon_n C_n).$$

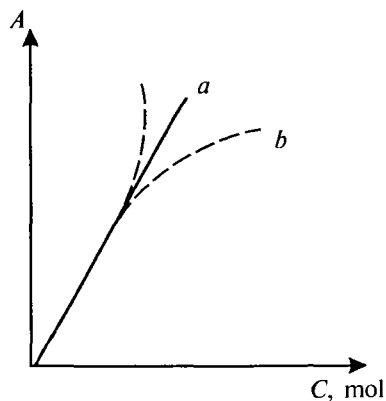
### 10.3. Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanishlar

Buger-Lambert-Ber qonuni tajribalarda (a) bir necha marta to'g'ri tekshirilgan bo'lsa ham ayrim hollarda tajribada Ber qonuniga e'tibor berilmasa, chetlanishlar (b) bo'lib turadi (23- rasm). Buger-Lambert-Ber qonunini qo'llash uchun quyidagilarga e'tibor berish kerak.

1. Tushadigan nur monoxromatik ( $\lambda = \text{const}$ ) bo'lishi kerak, shunda bu cheklanishni ko'rsatish uchun formula quyidagicha yoziladi:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C.$$

2. Nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti ( $\varepsilon$ ) muhitning nurni sindirish ko'rsatkichiga bog'liq. Shu sababli



23- rasm. Eritma optik zichligining eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi.

kichik konsentratsiyali eritmalaridan foydalaniladi, chunki ularning nur sindirish ko'rsatkichlari erituvchini nur sindirish ko'rsatkichi bilan bir xil bo'ladi. Agar eritma konsentratsiyasi katta bo'lsa, nur sindirish ko'rsatkiching o'zgarishi qonundan chetlanishga olib keladi.

3. Aniqlash doimiy haroratda olib borilishi kerak (ya'ni, termostatlarda bajariladi).

4. Tushadigan nur dastasi parallel bo'lishi lozim.



5. Nur yutadigan zarrachaning tarkibi doimiy bo'lishi zarur. Agar konsentratsiya o'zgarishi bilan dissotsilanish parchalanish, polimerlanish va boshqa o'zgarishlar bo'lsa, optik zichlikning konsentratsiyaga bog'liqligi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lmaydi, natijada  $\epsilon$  ning qiymati ham o'zgaradi.

Masalan,  $K_2Cr_2O_7$  eritmasi suyultirilganda  $Cr_2O_7^{2-}$  ionlarining konsentratsiyasi kamayishi bilan kimyoviy ta'sir sodir bo'ladi:



Natijada eritmada  $Cr_2O_7^{2-}$  ionlari o'rniga  $CrO_4^{2-}$  ionlari hosil bo'ladi.  $\epsilon_{Cr_2O_7^{2-}}$  va  $\epsilon_{CrO_4^{2-}}$  qiymatlari turlicha bo'lib, optik zichlikning qiymati ham o'zgaradi.

#### **10.4. Optik analiz usullari yordamida eritma konsentratsiyasini aniqlash yo'llari**

*Darajalashning grafik usuli.* Buger-Lambert-Ber qonuniga asoslanib eritmaning optik zichligi bilan eritma konsentratsiyasi (standart eritma ishlatiladi) orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi, bu ko'pincha darajalash grafigi deyiladi. Grafik kamida uchta yoki beshta nuqta asosida chiziladi. Noma'lum konsentratsiyali eritmaning optik zichligi aniqlanib, darajalash grafigidan ekstrapolatsiya usulida eritma konsentratsiyasi topiladi (21- rasmga q.).

*Nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti usuli.* Bu usulda bir nechta standart eritmalarining optik zichliklari aniqlanib, nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyentining qiymati  $\epsilon = A_{st}/lC_{st}$  hisoblanadi. Hisoblangan nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyentining o'rtacha qiymati olinadi. Noma'lum eritmaning optik zichligi o'lchanib, eritma konsentratsiyasi  $C_x = A_x/\epsilon l$  formula bilan hisoblab topiladi. Modda miqdori quyidagi formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$m = \frac{C_x \cdot M_A \cdot V_a \cdot V_k}{V_{\text{pipetka}}},$$

bu yerda:  $M_A$  – aniqlovchi moddaning molyar massasi (ionlar uchun elementning atom massasi);  $V_a$  (aliquot) – rangli eritma tayyorlash uchun olingan eritma hajmi;  $V_{\text{pipetka}}$  – eritma tayyorlash uchun olingan hajm (o'lchov pipetkasining hajmi);  $V_k$  – analiz qilinayotgan eritmaning umumiy hajmi (o'lchov kolbasi hajmi).

Usulning cheklanganligi shundaki, eritma konsentratsiyasi Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunadigan chegarada tayyorlanadi.

*Standart taqqoslash usuli.* Bu usulda  $\epsilon$ -const va  $l$ -const bo'lganda standart va noma'lum eritmalarning optik zichliklari o'lchanadi:

$$A_{\text{st}} = \epsilon \cdot l \cdot C_{\text{st}},$$

$$A_x = \epsilon \cdot l \cdot C_x.$$

Tenglamalarning birini ikkinchisiga nisbati olinsa:

$$\frac{A_{\text{st}}}{A_x} = \frac{C_{\text{st}}}{C_x}, \text{ bundan } C_x = \frac{A_x \cdot C_{\text{st}}}{A_{\text{st}}}.$$

Analiz qilinayotgan eritma suyultirish usuli bilan tayyorlangan bo'lsa, modda miqdori gramm yoki mg da ifodalanadi:

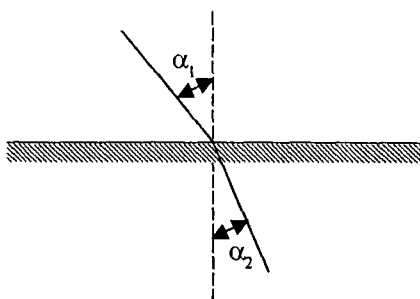
$$g_x = C_x \cdot V_0 \cdot V_k / V_a,$$

bu yerda:  $g_x$  – aniqlanuvchi modda miqdori, mg;  $V_0$  – optik zichligi o'lchanayotgan rangli eritma hajmi, ml;  $V_k$  – analiz qilinayotgan eritmaning umumiy hajmi (o'lchov kolbasi hajmi), ml;  $V_a$  (aliquot) – rangli eritma tayyorlash uchun olingan eritma hajmi, ml.

## 10.5. Refraktometrik analiz usuli

Refraktometrik analiz usuli analiz qilinadigan moddalarning nur sindirish ko'rsatkichining o'lchanishiga asoslangan. Har qanday toza modda ma'lum bir nur sindirish ko'rsatkichiga ega. Nur sindirish ko'rsatkichini qiymatiga qarab, moddalarning tozalik darajasi aniqlanadi.

Yorug'lik yo'nalishining bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tishida o'zgarishiga *yorug'likning sinishi* yoki *yorug'lik refraksiyasi* deyiladi (24- rasm). Moddalarning sindirish ko'rsatkichini o'lchaydigan asboblardan refraktometrlar deb, analiz usuliga esa *refraktometrik analiz usuli* deyiladi.



24- rasm.

Yorug'lik nuri ikki shaffof muhitning sirt yuzasiga tushayotganda bir qismi qaytadi, qolgan qismi ikkinchi muhitda tarqaladi (sinadi).

Yorug'likning ikkinchi muhitda tarqalishi yorug'likning sinish qonunlariga bo'ysunadi (fizika kursidan ma'lum), ya'ni:

1. Tushuvchi nur, singan nur va muhitlar chegarasidagi nurning tushish nuqtasiga tushirilgan perpendikular bir tekislikda yotadi.

2. Nurning tushish burchagi sinusi ( $\sin\alpha_1$ )ning nurni sinish burchagi sinusi ( $\sin\alpha_2$ )ga bo'lgan nisbati berilgan muhitlar uchun o'zgarmas miqdor bo'lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi ( $n$ ) deyiladi:

$$n_2 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}. \quad (1)$$

Standart sharoitda moddalarning vakuumba nisbatan olingan sindirish ko'rsatkichi *absolut sindirish ko'rsatkichi* deyiladi:

$$n_{2(\text{abs})} = \frac{\sin \alpha_{(\text{vakuum})}}{\sin \alpha_2}; \quad (2)$$

$$n_{1(\text{abs})} = \frac{\sin \alpha_{(\text{vakuum})}}{\sin \alpha_1}. \quad (3)$$

unda 
$$n_{2(\text{nis})} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin \alpha_{(\text{vakuum})} \cdot n_{2(\text{abs})}}{\sin \alpha_{(\text{vakuum})} \cdot n_{1(\text{abs})}} = \frac{n_{2(\text{abs})}}{n_{1(\text{abs})}} \quad (4)$$

nisbiy sindirish ko'rsatkichi absolut sindirish ko'rsatkichlarining nisbatiga teng. (4) tenglamadan  $n_{1(\text{abs})} \sin \alpha_1 = n_{2(\text{abs})} \sin \alpha_2$ .

Havoga nisbatan olingan sindirish ko'rsatkichi to'g'ridan-to'g'ri sindirish ko'rsatkichi ( $n$ ) deyiladi:

$$n_{abc} = n_{\text{abs}(\text{havo})} \cdot n.$$

Atmosfera bosimi va xona haroratida  $n_{\text{abs}(\text{havo})} = 1,00027$ , unda  $n_{\text{abs}} = 1,00027n$ .

Moddaning sindirish ko'rsatkichi uning tabiatini aniqlaydi. Uning qiymati tushayotgan nurning to'lqin uzunligiga va haroratga bog'liq. Tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligining kattalashishi bilan sindirish ko'rsatkichining qiymati kamayadi. Bir xil natijalarni olish uchun yorug'lik manbayi sifatida ma'lum to'lqin uzunligiga ega bo'lgan (natriyli, simobli, vodorodli) lampalar ishlatiladi.

Harorat ko'tarilishi bilan suyuqliklar sindirish ko'rsatkichlarining qiymati kamayadi. Shuning uchun sindirish ko'rsatkichining qiymati simvoli yonida  $f^0$  va  $\lambda$  ni qiymati ko'rsatiladi. Masalan,  $n_{589}^{25}$ .

Lekin to'g'ridan to'g'ri havo va suyuqlik chegarasida tushish yoki sinish burchagini o'lchash noqulay. Refraktometrlarda suyuqlik hamda ichki chegarasida tushish va sinish burchaklari — to'la qaytish usulidan foydalanib o'lchanadi.

Sindirish ko'rsatkichi bilan moddaning zichligi ( $d$ ) orasida (simbat) bog'lanish mavjud. Moddaning zichligi oshishi bilan sindirish ko'rsatkichining qiymati ham oshadi:

$$f_{(n)} = rd,$$

bu yerda:  $r$  – proporsionallik koeffitsiyenti, u *solishtirma refraksiya* deyiladi.

$r$  ning moddaning molekular og‘irligiga ko‘paytmasi *molekular (molyar) refraksiya* deyiladi:

$$R = \mu \cdot r.$$

Refraksiyani hisoblashda Lorens–Lorentsning nazariy formulasidan foydalaniladi:

$$R = \frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)} \cdot \frac{\mu}{d},$$

bu yerda:  $n$  – sindirish ko‘rsatkichi;  $\mu$  – molyar massa;  $d$  – zichlik.

Molyar refraksiyani hisoblash uchun bir xil haroratda moddaning zichligi va sindirish ko‘rsatkichi o‘lchanib yuqoridagi formulaga qo‘yib hisoblanadi.

Molyar refraksiya additiv xossaga ega bo‘lib, molekuladagi atomlar refraksiyasining yig‘indisiga teng.

$$\text{Masalan: } R_{\text{CCl}_4} = R_{\text{C}} + 4R_{\text{Cl}} = 2,42 + 4 \cdot 5,97 = 26,36.$$

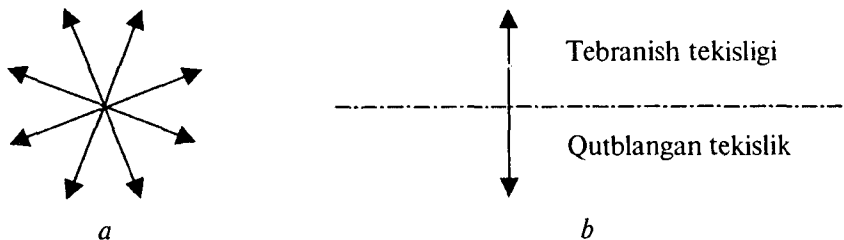
Atom refraksiya har bir element uchun aniqlangan (maxsus ma’lumotnomalarga keltirilgan). Tajriba yo‘li bilan hisoblangan molyar refraksiya qiymati bilan nazariy hisoblangan refraksiya qiymati solishtirilib, yangi aniqlangan modda formulasi to‘g‘risida xulosa qilinadi. Demak, molyar refraksiya moddalarning tarkibini indentifikatsiyalashda, ayniqsa, ahamiyatli.

Oziq-ovqat sanoatida (yog‘, asal, kofe) moddalarning tozaligini aniqlashda refraktometrik analiz usuli qo‘llaniladi.

Bu usul eng oddiy instrumental analiz usuli hisoblanib, analiz uchun oz miqdorda modda talab qilinadi, analiz tez va oson bajariladi.

## 10.6. Polyarimetrik analiz usuli

D. Arago kvars kristalida (1811-y.) va J. Bio eritmalarni aniqlashda (1815-y.) qutblangan tekislikning burilishini aniqladilar. Qutblangan nurning burilish burchagini o'rganishga asoslangan analiz usuliga *polyarimetrik analiz usuli* deyiladi. Ma'lumki, bir tekislikda tebranadigan nur qutblangan nur, tekislik esa tebranish tekisligi deyiladi (25- rasm).



25- rasm: *a* – tabiiy nur; *b* – qutblangan nur.

Qutblangan nurga perpendikular tekislik qutblangan tekislik deyiladi.

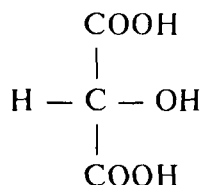
Barcha modda va eritmalar qutblangan nurga bo'lgan munosabatiga qarab 2 ga bo'linadi.

1. Qutblangan nur tekisligini o'zgartiradigan optik aktiv moddalar.
2. Qutblangan nur tekisligini o'zgartirmaydigan optik noaktiv moddalar.

Moddalarning optik aktiv xususiyati ularning kristall panjarasi va molekulaning tuzilishi bilan xarakterlanadi. Ana shu xususiyatlariga qarab optik aktiv moddalar ham ikki turga bo'linadi:

– qattiq kristallar: kvars  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaClO}_3$  va boshqalar. Ayrim ionlarni ochishda hosil qilinadigan kristall cho'kmalar. Masalan,  $\text{TlAuCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  va  $\text{PbCl}_2$  optik aktiv xossaga ega. Bunday moddalarning kristall panjarasi buzilsa, eritilsa optik aktiv xususiyati yo'qoladi;

– ikkinchi tur optik aktiv moddalarga eritilgan yoki gaz holidagi moddalar kiradi. Ularning optik aktivligi molekulaning tuzilishiga bogʻliq. Bularga organik moddalardan: glukoza, vino kislotasi, morfin, olma kislotasi va boshqalar misol boʻladi. Masalan, olma kislotasi molekulasining tuzilishini koʻraylik:



Polyarimetrik analiz usulining vazifasi ikkinchi tur moddalarni aniqlashga asoslangan. Agar optik aktiv moddadan qutblangan nur oʻtsa, u qutblangan tekislikni aylantiradi. Qutblangan tekislikning maʼlum bir burchakka burilishi qutblangan tekislikning *burilish burchagi* ( $\alpha$ ) deyiladi. Qutblangan tekislikning burilish burchagi eritmadagi optik aktiv modda konsentratsiyasiga ( $C$ , g/ml), eritma qavatining qalinligiga ( $l$ ) bogʻliq:

$$\alpha = \alpha_{\text{sol}} \cdot l \cdot C,$$

bu yerda:  $\alpha_{\text{sol}}$  – qutblangan tekislikning solishtirma burilishi.

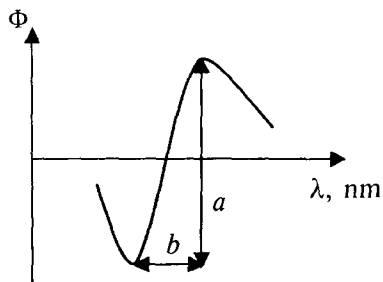
$\alpha_{\text{sol}}$  ning qiymati qutblangan nurning toʻlqin uzunligiga, haroratga, modda va erituvchining tabiatiga bogʻliq.

Qutblangan tekislikning molyar burilishi ( $\Phi$ ) solishtirma burilishi ( $\alpha_{\text{sol}}$ ) va molyar massa ( $\mu$ ) koʻpaytmasiga teng:

$$\Phi = \alpha_{\text{sol}} \cdot \mu.$$

Qutblangan tekislik solishtirma yoki molyar burilishining yorugʻlikning toʻlqin uzunligiga bogʻliqligi *optik burilish dispersiyasi* deyiladi. Toʻlqin uzunligi kamayishi bilan optik burilish ortib boradi. Yutilish spektri chiziqlari chegarasida maksimum qiymatga erishib, keyin tezda minimumga tushib, asta-sekinlik bilan oshadi (26-rasm). Bu oʻzgarish *Kotton effekti* deyiladi:

$$a = (\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}})/100.$$



26- rasm. Optik burilish dispersiyasining egri chizig'i:  $a$  – amplituda;  $b$  – Kotton effekti kengligi.

Qutblangan tekislikning so-  
lishtirma va molyar burilishi o'z  
ishorasini o'zgartirishi ma'lum  
tahliliy qiziqish uyg'otadi. Qutb-  
langan tekislikning burilishi ku-  
zatilmaydigan yorug'likning to'l-  
qin uzunligi *to'lqin uzunligining  
nol burilishi* deyiladi. Qutblangan  
tekislikdagi to'lqin ikkita doimiy  
qutblangan komponent (o'ngga  $D$   
va chapga buriladigan  $L$ ) dan  
iborat bo'lib, tegishli muhitda har  
biri ma'lum molyar nur yutilishi-

ning molyar so'ndirish koeffitsiyenti  $\epsilon_L$  va  $\epsilon_D$  qiymatlarida ma'lum sindirish ko'rsatkichi  $n_L$  va  $n_D$  ga ega bo'ladi. Nur yutilishi-ning molyar so'ndirish koeffitsiyentlarining farqi aylanma di-xroizmi ifodalaydi:

$$\Delta\epsilon = \epsilon_L + \epsilon_D.$$

Shuningdek, molyar elliptiklikni ham ifodalaydi:

$$Q = 2,303 \frac{4500}{\pi} (\epsilon_L - \epsilon_D) = 3300\Delta\epsilon.$$

Kotton effekti, optik burilish dispersiyasining egri chizig'i yordamida organik va koordinatsion birikmalarni struktura stereo-kimyoviy va fazoviy konformatsiya tuzilishiga baho berish mum-kin.

Polyarimetrik analiz usuli hozirgi kunda mineralogiya, mikro-kimyo sanoatida mineral va kristall cho'kmalarni o'rganish, qand sanoatida moddalar tarkibidagi qand miqdorini aniqlash maqsadi-da; yog' sanoatida refraktometrik analiz usuli bilan birgalikda yog' tarkibini, farmatsevtika sanoatida dorilar tarkibini indenti-fikatsiyalashda qo'llaniladi.



## 10.7. Tajriba mashg'ulotlari

### 1- ish. Yorug'lik filtrini tanlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: 5 dona 50,00 ml li o'lchov kolbasi; fotoelektrokolorimetr; 3 dona 25,00 ml li buretka, shtativ; yuvgich;  $T_{Fe} = 0,1$  mg/ml eritma; 1:1  $HNO_3$  eritmasi; 10 % li  $NH_4SCN$  eritmasi.

Ma'lum to'lqin uzunlikdagi nurni o'tkazadigan muhit (shisha, eritma, polimer qatlami) *yorug'lik filtri (elak)* deyiladi. Har bir rangli eritma ma'lum to'lqin uzunlikdagi yorug'lik nurini yutadi. Demak, berilgan rangli eritma uchun yorug'lik filtrini tanlash kerak.

Ishning bajarilish tartibi. Keyingi ish uchun tayyorlangan rangli eritmaning o'rtacha konsentratsiyalisi olinadi. Har qanday o'lchashlar nisbiy bo'lganligi sababli eritmaning optik zichligining yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liqligi erituvchi (distillangan suv)ga nisbatan o'lchanadi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.  $C_{Fe^{3+}} = 0,3$  mg/ml,  $l = 5$  mm.

$\lambda$ , nm	316	364	400	440	490
$A$					
$T$ , (%)					

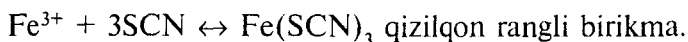
Jadvaldagi natijalar asosida eritmaning optik zichligi bilan yorug'likning to'lqin uzunligi orasidagi bog'liqlik grafigi chiziladi. Qaysi yorug'lik filtrida optik zichlik eng katta qiymatga ega bo'lsa, keyingi o'lchashlar o'sha yorug'lik filtrida ( $\lambda_{max}$ ) olib boriladi.

### 2- ish. Eritmadagi $Fe^{3+}$ ioni miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: 5 dona 50,00 ml li o'lchov kolbasi; fotoelektrokolorimetr; 3 dona 25,00 ml li

buretka, shtativ; yuvgich;  $*T_{Fe} = 0,1$  mg/ml eritma; 1:1 nisbatda tayyorlangan  $HNO_3$  eritmasi; 10 % li  $NH_4SCN$  eritmasi.

Temir ionini fotoelektrokolorimetrik usulda aniqlash  $Fe^{3+}$  va  $SCN^-$  ionlari orasida boradigan reaksiyaga asoslangan:



Ammoniy rodanidning keyingi qo'shilishi eritmada kompleks birikma hosil bo'lishiga olib keladi, ya'ni



Eritmada  $SCN^-$  ionlari konsentratsiyasining ortishi kompleks ionlar sonining ortishiga olib keladi, boshqacha aytganda eritma rangining intensivligi ortadi. Shuning uchun standart va tekshiriladigan eritmalarga  $NH_4SCN$  eritmasidan bir xil miqdorda va ko'p miqdorda qo'shish kerak.

Ishning bajarilish tartibi. Eritmadagi  $Fe^{3+}$  ionining miqdori darajalash grafigidan topiladi. Shuning uchun oldin bir qator standart eritmalar tayyorlanadi. Demak, 5 dona 50,00 ml li o'lchov kolbasiga 1, 2, 3, 4, 5 ml dan temir-ammoniyli achchiqtosh eritmasi quyiladi. Kolbalarining hammasiga (1:1)  $HNO_3$  eritmasidan 1 ml dan (eritmada bo'lgan  $Fe^{2+}$  ionining  $Fe^{3+}$  ionigacha oksidlanishi uchun) va 5 ml dan 10 % li  $NH_4SCN$  eritmasidan quyiladi, belgisigacha distillangan suv qo'shib suyultirib aralastiriladi. Har bir kolbadagi (navbat bilan) eritmaning optik zichligi  $\lambda_{max} = 490$  nm da o'lchab olingan natijalar jadval ko'rinishida yoziladi.

$C_{Fe^{3+}}$ , mg/ml	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$A$					
$T$ , (%)					

\* Kimyoviy toza temir-ammoniyli achchiqtosh  $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  dan analitik tarozida 0,8640 g tortib, 1000 ml li o'lchov kolbasiga soling, unga ( $d=1,84$ )  $H_2SO_4$  dan 5 ml qo'shib eriting va eritmani 1 l hajmgacha suyultiring. Bu eritmaning 1 ml da 0,1 mg temir bo'ladi.

Jadvaldagi natijalar asosida eritma konsentratsiyasining optik zichligiga bog'liqlik darajalash grafigi chiziladi. O'qituvchi tomondan berilgan nazorat eritmasining optik zichligi yuqorida qayd etilgan tartibda o'lchanib, ekstrapolatsiya usulida darajalash grafigidan topiladi.

### **3- ish. Tabiiy suv tarkibidagi temir miqdorini aniqlash**

Tabiiy suvda temir  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  tuzlari ko'rinishida bo'ladi. Agar konsentratsiyasi yuqori bo'lsa, suvdan metallning hidi, ta'mi kelib, tez loyqalanadi. Suv quvurlarining zanglashi hisobiga ham temir miqdori ortishi mumkin. Amalda tabiiy suvda temir miqdori kam bo'lib, uni gravimetrik va titrimetrik usul bilan aniqlab bo'lmaydi. Bunday holda fotoelektrokolorimetrik usuldan foydalangan ma'qul.

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: 5 dona 50,00 ml li o'lchov kolbasi; fotoelektrokolorimetr; 3 dona 25,00 ml li buretka, shtativ; yuvgich;  $T_{\text{Fe}} = 0,1$  mg/ml eritma (3-ishga q.); 1:1 nisbatli  $\text{HNO}_3$  eritmasi; 10% li  $\text{NH}_4\text{SCN}$  eritmasi.

Ishning bajarilish tartibi. 50,00 ml li o'lchov kolbasiga 25 ml tabiiy suv ustiga 1 ml 1:1 nisbatdan tayyotlangan  $\text{HNO}_3$  va 5 ml 10% li  $\text{NH}_4\text{SCN}$  eritmalaridan quyiladi. Kolbaga belgisigacha distillangan suv quyib eritma suyultiriladi. Eritmaning optik zichligi erituvchi (distillangan suv)ga nisbatan ( $\lambda_{\text{max}} = 490$ ,  $l = 5$  mm) o'lchanadi; 1- ishdagi darajalash grafigidan ekstrapolatsiya usuli bilan temirning miqdori topiladi.

### **4- ish. Qaytaruvchi qand miqdorini aniqlash**

Aniqlash qandning ishqoriy muhitda  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ning  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  gacha qaytaruvchilik xossasiga asoslangan. Qandning miqdori qaytarilgan  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  yoki reaksiyaga kirishmay qolgan ortiqcha  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ning miqdoriga qarab aniqlanadi.  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  eritmasi uchun optik zichlikning eng katta qiymati 400–440 nm to'liq uzunligidagi nurga to'g'ri keladi.

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: fotoelektrikolorimetr; glyukozannig standart eritmasi (2,00 mg/ml). (1,09 g toza glukoza 500 ml li o'lchov kolbasida eritib tayyorlanadi);  $K_3[Fe(CN)_6]$  (10 g tuz 1 l suvda eritiladi); 1,250 mol/l KON eritmasi; 25,00 ml li buretka; o'lchov silindri (20 ml); suv hammomi; 7 dona konussimon kolba; qum soat (1 min).

Ishning bajarilish tartibi. Darajalash grafigini chizish uchun bir qator standart eritmalar tayyorlanadi. 7 ta konussimon kolbaning har biriga 20 ml dan  $K_3[Fe(CN)_6]$  va 10 ml dan KON eritmasi va glukoza ning standart eritmasidan quyidagi tartibda: 6,5; 7,0; 8,5; 9,0; 9,5 ml quyiladi. Eritma hajmi 40 ml yetguncha distillangan suv quyiladi, eritmalar suv hammomida 1 minut davomida qaynatiladi. Sovigandan keyin ( $\lambda_{max} = 440$ ,  $l=10$  mm) eritmalar ning optik zichligi o'lchanadi. Eritmaning optik zichligi reaksiyaga kirishmay qolgan  $K_3[Fe(CN)_6]$  eritmasiga nisbatan o'lchanadi. Solishtirma eritma sifatida erituvchi (distillangan suv) ishlatiladi. Olingan natijalar asosida darajalash grafigi chiziladi.

**Noma'lum moddalar tarkibidagi qandning miqdorini aniqlash.** Bu usul qandolatchilik, non mahsulotlari, yaxna ichimliklar tarkibidagi qandning miqdorini aniqlashda qo'llaniladi. O'qituvchi tomonidan berilgan tekshiriladigan eritma konussimon kolbaga quyiladi, ustiga 20 ml  $K_3[Fe(CN)_6]$  va 10 ml KON quyib eritma hajmi 40 ml ga yetkaziladi va suv hammomida 1 minut qaynatiladi. Eritma sovigandan keyin optik zichligi ( $\lambda_{max} = 440$ ,  $l=10$  mm) o'lchanib, darajalash grafigidan ekstrapolatsiya usuli bilan qandning miqdori aniqlanadi.

### **5- ish. Tiniq sharbatlar tarkibidagi saxaroza miqdorini aniqlash**

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: saxaroza; refraktometr; termostat; kapillar.

Ishning bajarilish tartibi. Kapillyar bilan 1–2 tomchi tiniq sharbat refraktometrning pastki prizmasiga tomchilatiladi, prizmaning yuqori qismini tushirib sindirish ko'rsatkichi  $(20 \pm 0,2)^\circ \text{C}$  o'lchanadi. Termostat yordamida harorat bir xil saqlab turiladi. O'lchash 3–4 marta takrorlanib o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

Ilovaga keltirilgan 9-jadval natijalari asosida sharbatning sindirish ko'rsatkichi saxaroza miqdoriga bog'liqlik darajalash grafigi chiziladi. Darajalash grafigidan ekstrapolatsiya usulida saxaroza miqdori topiladi yoki quyida ko'rsatilgandek hisoblash bajariladi.

Hisoblash. Faraz qilaylik, sindirish ko'rsatkichining o'rtacha arifmetik qiymati 1,3439, aniqlanadigan konsentratsiya 6–8 % oralig'ida (ilovaga q., 9-jadval) bo'lganda, saxarozaning konsentratsiyasi 2 % farq qiladi.  $n_D^{20} = 1,3448 - 1,3417 = 0,0031$ . Berilgan sharoitda esa  $1,3439 - 1,3417 = 0,0022$ , u holda:

$$0,0031 \rightarrow 2 \%$$

$$0,0022 \rightarrow x \quad x = Q_{(\%) } = 1,42 \%$$

Demak, analiz qilinayotgan sharbat tarkibida  $6 + 1,42 = 7,42 \%$  saxaroza bo'lishi mumkin ekan.

Noma'lum saxaroza konsentratsiyasi quyidagi umumiy formula bilan hisoblanadi:

$$Q = C_1 + \frac{(C_2 - C_1) \cdot (n_x - n_1)}{n_2 - n_1},$$

bu yerda:  $C_1$  – standart eritmaning eng kichik konsentratsiyasi, g/100 ml;  $C_2$  – standart eritmaning eng yuqori konsentratsiyasi g/100 ml;  $n_x$  – aniqlanadigan moddaning sindirish ko'rsatkichi;  $n_1$  –  $C_1$  konsentratsiyali eritmaning sindirish ko'rsatkichi;  $n_2$  –  $C_2$  konsentratsiyali eritmaning sindirish ko'rsatkichi.

### 6- ish. Un yoki bug'doy tarkibidagi kraxmal miqdorini aniqlash

Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: polyarimetr (nayning uzunligi 20 sm); texnokimyoviy tarozi; suv hammomi; soat oynasi; filtr qog'oz; voronka (5–7 sm); 100 ml li og'zi keng o'lchov kolbasi; 2,50 va 5,00 ml li pipetkalar; 15 % li  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  eritmasi;  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,125 \text{ g/sm}^3$ ).

Ishning bajarilish tartibi. Texnokimyoviy taroziga soat oynasiga 5,0 g un yoki maydalangan bug'doydan tortib (kartoshka bo'lsa 10 g) olinadi. Namuna 50 ml o'lchov kolbasiga solinadi ( $\rho=1,125 \text{ g/sm}^3$ ), suv hammomida 3 minut davomida aralastirilib, 15 minut qizdiriladi. Namuna tarkibidagi kraxmal qizdirganda eritma holatiga o'tadi. Kolbani suv hammomidan olib, 90 ml ga yetguncha distillangan suv qo'shib sovitiladi. Kolbadagi eritmani tiniqlashtirish uchun 3 ml 15 % li  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  eritmasidan quyiladi, keyin kolbaning belgisigacha distillangan suv qo'shib, aralastiriladi va filtrlanadi. Tiniq filtratdan olib polarimetr nayi to'ldiriladi. Uni polyarimetrga qo'yib qutblangan tekislik burilish burchagi o'lchanadi.

Hisoblash. Namuna tarkibidagi kraxmalning miqdori ( $Q$ , g/100 ml) quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q = \frac{\alpha \cdot 100}{\alpha_{\text{sol}} \cdot l},$$

bu yerda:  $\alpha$  – qutblangan tekislikning burilish burchagi;  $\alpha_{\text{sol}}$  – kraxmalning solishtirma burilish burchagi ( $+196,4^\circ$ );  $l$  – polyarimetr nayining uzunligi.

**Tayanch iboralar:** optik analiz; fotometriya; yutilish spektr-lari; yorug'lik nuri; optik zichlik; molyar so'ndirish; additivlik qonuni; refraktometriya; molyar refraksiya; polyarimetriya; optik aktiv moddalar.



## Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Elektromagnit nurlanishlar qanday kattaliklar bilan xarakterlanadi?
2. Spektarning ko'rinish sohasiga qanday to'lqin uzunligidagi nur to'g'ri keladi?
3. Optik analiz usulining qanday turlarini bilasiz? Ularga qisqacha izoh bering.
4. Analizning molekular absorbsion spektroskopik usuli nimaga asoslangan?
5. Yorug'lik nurining yutilish qonuniga ta'rif bering va formulasini yozing.
6. Yutilish va o'tkazuvchanlik nima, ular orasida qanday bog'liqlik bor?
7. Modda eritmaları qanday sharoitda yorug'likning yutilish qonuniga bo'ysunadi?
8. Fotometrik analiz usulida yorug'likning to'lqin uzunligi qanday tanlanadi?
9. Fotometrik analiz usulida reaksiyalarning qanday turlaridan foydalanish mumkin va ularga qanday talablar qo'yilgan?
10. Fotometrik analiz usulida darajalash grafigi qanday chiziladi, uning ahamiyati nimada?
11. Yutilishning additivlik qonuniga ta'rif bering va uni izohlang.
12. Taqqoslash eritmasi deb qanday eritmaga aytiladi, u qanday maqsadda ishlatiladi?
13. Qanday eritmalar tarkibini aniqlashda refraktometrik analiz usulidan foydalaniladi?
14. Muhitning sindirish ko'rsatkichi bilan yorug'likning qaytishi o'rtasida qanday bog'lanish bor?
15. Qanday nur qutblangan nur deyiladi, u qanday hosil qilinadi?
16. Yorug'lik nurining qutblanganligini qanday aniqlash mumkin?
17. Moddalarning optik aktivligi deganda nima tushuniladi?
18. 10 mg temir saqlagan 200 ml eritmaning optik zichligi 0,430, eritma nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti  $4 \cdot 10^3$  ga teng. Eritma nur yutish qavatining qalinligini hisoblang.

19. Nur yutish qavatining qalinligi 6 sm bo'lgan eritmadan o'tgan yorug'lik oqimi intensivligi boshlang'ich intensivligiga nisbatan 6 marta kamayganligi ma'lum. Bu eritmaning optik zichligini hisoblang.
20. Moddaning fotokolorimetriya usuli bilan aniqlash mumkin bo'lgan eng kichik miqdorini hisoblang ( $l = 3$  sm,  $A = 0,03$ ,  $\epsilon = 4 \cdot 10^3$ ).
21. Eritmaning nur o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti 0,85 bo'lsa, uning optik zichligini hisoblang ( $\lambda = 435$  nm).
22. Eritmaning optik zichligi 0,650 ga teng bo'lsa, uning o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentini (% larda) hisoblang.
23. 50 ml da 0,5 mg  $\text{CuSO}_4$  tuzi erigan eritmaning optik zichligi 0,43 ga teng, nur yutilishining molyar so'ndirish ko'effitsiyenti  $2 \cdot 10^3$  bo'lsa, eritmaning nur yutish qavati qalinligini ( $l$ ) hisoblang.
24. 200 ml eritmada permanganat  $\text{MnO}_4^-$  ioni ko'rinishida 0,240 mg marganes saqlagan eritmaning optik zichligi 0,630, eritma nur yutish qavatining qalinligi 2,0 sm bo'lsa, eritmaning nur yutish molyar so'ndirish ko'effitsiyentini hisoblang.
25. Kobalt ionlari bo'lgan 1,5 litr eritma uchun  $\epsilon_{406} = 1200$ ,  $l = 1$  sm va  $A = 0,520$  bo'lsa, eritmadagi  $\text{Co}^{2+}$  ionlarining sonini toping.
26. Sanoat suvining tarkibidagi temir miqdorini aniqlash uchun 100 ml suv bug'latiladi, o-fenontrolin bilan ishlanib, 25 ml rangli eritma olindi.  $l = 1$  sm,  $\epsilon = 1100$  bo'lganda eritmaning optik zichligi 0,460 ga teng bo'lsa, eritma tarkibidagi temir miqdorini (mg/l da) hisoblang.
27. Tarkibida 0,280 mg mis saqlagan 250 ml eritmaning optik zichligi 0,150 ( $l = 2$  sm) bo'lsa, eritmaning nur yutish molyar so'ndirish ko'effitsiyentini hisoblang.
28. Eritmaning optik zichligi 0,520 bo'lsa, o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentini (% larda) hisoblang.
29. Eritmaning o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti  $\lambda = 430$  nm da 23,6 % bo'lsa, eritmaning optik zichligini hisoblang.
30. Eritmaga tushayotgan optik zichligi 0,233 bo'lgan yorug'lik oqimining intensivligi 5 marta kamayishi uchun nur yutish qavatining qalinligi qancha bo'lishi kerak?



31. Tarkibida 5 mkg/ml Ni saqlagan kompleks eritmaning optik zichligi ( $\lambda = 240 \text{ nm}$ ,  $l = 3 \text{ sm}$ ) 0,643 ga teng. Eritmaning nur yutish molyar so'ndirish koeffitsiyentini hisoblang.
  32. Vismutning tiomochevinali (1/3 tarkibli) birikmasining nur yutishi molyar so'ndirish koeffitsiyenti  $3,5 \cdot 10^4$  ga teng.  $\lambda = 322 \text{ nm}$ ,  $l = 2 \text{ sm}$  bo'lganda eritmaning optik zichligini hisoblang.
-

## ***11- mavzu. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULI***

Murakkab aralashmalarni analiz qilishda har bir modda (ion)lar uchun o'ziga xos analitik reaksiyalar o'tkazish kamlik qiladi. Moddaning sifati va miqdori tarkibini aniqlash maqsadida aralashma dastlab alohida komponentlarga ajratiladi. Ba'zan aniqlanayotgan modda (komponent) miqdori analiz qilinadigan eritmada aniqlanish oralig'iga nisbatan ancha kam bo'ladi. Bunday vaqtlarda analizni boshlashdan oldin eritma konsentrlanadi (boyitiladi).

Ajratish va konsentrlash amalda ko'pincha birgalikda olib boriladi. Ajratish va konsentrlash usullari moddalarning ikki faza orasida taqsimlanishiga asoslangan.

Ikki fazaning fizik tabiatiga, taqsimlanish bosqichiga qarab ajratish usuli turkumlanishi mumkin.

Bir bosqichli taqsimlanish — *statik*, ko'p bosqichli taqsimlanish — *dinamik* yoki *xromatografik taqsimlanish usuli* deyiladi.

Fazalar gaz (g), suyuq (s) yoki qattiq (q) agregat holatlarida bo'lishi mumkin. Modda ikki faza orasida taqsimlansa, fazalar qisqacha shunday belgilanadi: g-s, g-q, s-s, s-q.

Ajralish mexanizmiga ko'ra: kimyoviy (qayta cho'ktirish), fizik-kimyoviy (ekstraksiya, xromatografiya, elektrokimyoviy va h.k.) va fizikaviy (bug'lanish, suyuqlanish oralig'i (зонная плавка), kristallash va boshqalar) kabi ajralishlar farqlanadi.

### **11.1. Analizning xromatografiya usuli**

Analizning xromatografiya usuli asosida 1903-yilda rus olimi M.S.Svet taklif qilgan sorbsiya va desorbsiya jarayonlari yotadi. Suyuq yoki qattiq modda sirtida boshqa modda molekullari, atomlari yoki ionlarining yutilishi *sorbsiya (adsorbsiya)* deyiladi. O'z sirtiga yutuvchi modda *sorbent (adsorbent)*, yutilgan modda

esa *sorbat (adsorbtiiv)* deyiladi. Sorbsiyaga teskari jarayon sorbent sirtida yutilgan modda molekulari (atomlari yoki ionlarining) boshlang'ich xossasini saqlagan holda ajralib chiqish hodisasi *desorbsiya* deyiladi.

Demak, analizning xromatografiya usuli sorbent orqali o'tayotganda aralashmadagi komponentlarning sorbentga turlicha sorbsiyalanishi va desorbsiyalanishi tufayli ularni bir-biridan ajratish va aniqlash usulidir.

## 11.2. Xromatografik analiz usulining sinflari

Analizning xromatografik usuli quyidagi belgilariga ko'ra sinflanadi.

1. *Analiz qilinadigan moddaning ajralish mexanizmiga ko'ra.* U, o'z navbatida, quyidagilarga bo'linadi:

- *adsorbsiyalanish xromatografiyasi* – analiz qilinadigan aralashmadagi komponentlarning turlicha adsorbsiyalanish xususiyatiga asoslangan;

- *taqsimlanish xromatografiyasi* – analiz qilinadigan moddaning o'zaro aralashmaydigan ikkita erituvchi orasida taqsimlanishiga asoslangan (qog'oz xromatografiyasi, yupqa qog'oz xromatografiyasi);

- *ion almashinish xromatografiyasi* – analiz qilinadigan eritmadagi ionlarning ionit (sorbent)dagi harakatchanligi tufayli ionlarning almashinish jarayoniga asoslangan;

- *cho'ktirish xromatografiyasi* – xromatografik kolonkadan o'tkazilayotgan analiz qilinadigan moddasi bo'lgan tashuvchi (harakatchan) fazaning cho'ktiruvchi bilan cho'kma hosil bo'lish reaksiyasiga asoslangan (EK).

Kompleks hosil qilish va oksidlanish-qaytarilish xromatografiyasi ham kompleks hosil qilish va oksidlanish-qaytarilish reaksiyalariga asoslangan.

2. *Analiz qilinadigan moddani o'zida saqlagan harakatlanuvchi va harakatsiz fazalarning agregat holatlariga ko'ra.* Analizning bu xromatografik usuli, o'z navbatida, quyidagilarga bo'linadi:

- gaz adsorbsiyalanish xromatografiyasi. Bunda analiz qilinadigan modda – gaz, bug‘, tashuvchi faza – gaz, harakatsiz faza – qattiq sorbent ( $Al_2O_3$ ,  $CaCO_3$ ) bo‘ladi;

- gaz suyuqlik xromatografiyasi. Bunda harakatsiz suyuq faza qattiq inert sorbent sirti yoki kolonka ichki devoriga yupqa qatlam tarzida qoplangan bo‘ladi;

- suyuqlik adsorbsiyalanish xromatografiyasi. Bunda analiz qilinadigan modda va harakatchan faza – suyuqlik, harakatsiz faza – qattiq sorbentdan iborat bo‘ladi;

- suyuqlik xromatografiyasi. Bunda harakatchan faza ham, harakatsiz faza ham suyuqlikdan iborat bo‘ladi.

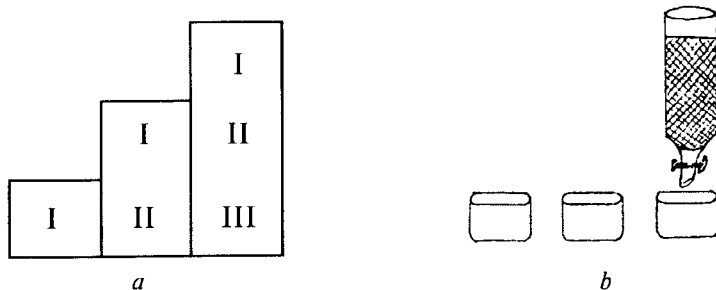
3. *Bajarish texnikasiga ko‘ra* quyidagilarga bo‘linadi:

- kolonkali;
- yupqa qatlamli .

4. *Bajarish mexanizmiga ko‘ra:*

- butun hajmi bo‘ylab (фронтальный);
- siqib chiqarish orqali (вытеснительный);
- eluyentli.

Butun hajmi bo‘ylab analiz qilishda modda aralashmasi kolonkaning yuqori qismidan uzluksiz qo‘yiladi. Bunda kolonkadan toza erituvchi, keyin esa kam sorbsiyalanadigan komponent, undan keyin birinchi va ikkinchi komponent aralashmasi tomadi va hokazo. Bu usul yordamida faqat bitta komponent toza holda ajratib olinadi (27- rasm).



27- rasm. a – butun hajmi bo‘ylab analiz qilish usuli;  
b – siqib chiqarish usulida analiz qilish.

Siqib chiqarish usulida analiz qilinadigan modda aralashmasi kolonkaga quyiladi. Ustidan esa yangi yaxshi sorbsiyalanadigan modda quyiladi. Natijada bu modda analiz qilinadigan komponentlarni birin-ketin kolonkadan siqib chiqaradi.

Eluyent usulida analiz qilinadigan eritma kolonkaga quyiladi. Kolonkada bir-birini qoplagan xromatogramma hosil bo'ladi. Pastdagi qavatda eng toza komponent bo'ladi.

Bu qavatlarni bir-biridan ajratish uchun kolonka toza erituvchi bilan yuviladi. Natijada kolonkadan birin-ketin moddalar toza holda siqib chiqariladi. Sorbsiyalanish xususiyatiga ko'ra moddalar birin-ketin ajralib chiqadi. Quyida xromatografik analiz usulining ayrimlari bilan tanishib chiqamiz.

### **11.3. Adsorbsiyalanish xromatografiyasi**

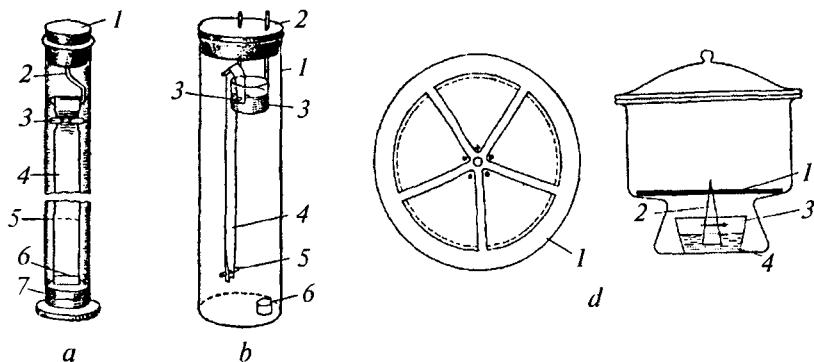
Adsorbsiyalanish xromatografik analiz usuli aralashmalarning adsorbent yuzasida adsorbsiyalanish (yutilish) va desorbsiyalanish (yuvilish) jarayoniga asoslangan. Bu usulda kolonkadagi harakatsiz adsorbent bilan harakatlanuvchi ajralayotgan aralashma eritmasi o'rtasida adsorbsiya va desorbsiya jarayonlarining cheksiz takrorlanishi va qayta-qayta muvozanat o'rnatilishi natijasida aralashmadagi moddalar bir-biridan ajraladi.

Moddalarning adsorbentda bog'lanishi va erituvchi bilan desorbsiyalanishi bir xil bo'lganligi sababli, moddalar adsorbent ustuni — xromatografik kolonkaning yuqori qismidan pastga qarab surilishi jarayonida, har bir modda bir-biridan uzoqlasha boradi va qavatlarga ajralib halqalar hosil qila boshlaydi. Shu tarzda moddalar erituvchi bilan birga siljib yuvilib tushadi. Kolonkani yuvish uchun ishlatilayotgan erituvchida kamroq eriydigan moddalar keyinroq tushishi yoki boshqa erituvchi bilan surib tushirilishi mumkin. Bu yuvilib tushayotgan moddalar eritmasi — eluatni fraksiyalarga ajratib yig'iladi va har bir fraksiya alohida-alohida tekshiriladi.

## 11.4. Qog'oz xromatografiyasi

Qog'oz xromatografiyasi taqsimlanish xromatografiyasining bir ko'rinishidir. Qog'ozda doim adsorbsiyalangan holda bo'lgan suv harakatlanmaydigan faza (erituvchi), qog'ozning o'zi adsorbentdir; harakatchan faza esa oldindan suv bilan to'yintirilgan organik erituvchi yoki erituvchilarning aralashmalaridan iborat.

Tekshiriladigan aralashma eritmasidan va shu aralashmada mavjud bo'lishi taxmin qilingan ma'lum moddadan yoki ma'lum moddalar eritmasidan xromatografik qog'ozga mikrokapillar (yoki mikroshpris) yordamida bir necha tomchi (ma'lum hajmda) tomizib quritiladi. Keyin erituvchi bilan to'ldirilgan maxsus germetik kameraga tushirib qo'yiladi. Qog'oz xromatografiyasi erituvchining yo'nalishiga qarab quyidagicha bo'linadi (28- rasm).



28- rasm.

*a* – yuqoriga so‘riluvchi xromatografiya: 1 – rezina tiqin; 2 – shisha tayoqcha; 3 – qisqich; 4 – qog‘oz bo‘lagi; 5 – tugallanish chizig‘i; 6 – boshlanish chizig‘i; 7 – erituvchi;

*b* – pastga so‘riluvchi xromatografiya: 1 – shisha silindr; 2 – tiqin; 3 – harakatchan erituvchi shisha idish; 4 – qog‘oz; 5 – shisha tayoqcha; 6 – harakatsiz fazali erituvchi;

*d* – gorizontal aylana bo‘ylab so‘riluvchi xromatografiya: 1 – xromatografiya qog‘oz; 2 – konus (filtr qog‘oz); 3 – qistirgich, 4 – harakatchan fazali idish.

Hosil qilingan halqadagi (29- rasm) xromatogrammalar (1, 2, 3, 4, 5 – komponentalar) ning yuzasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$S = \left( \frac{\pi\varphi}{360} \right) (r_1^2 - r_2^2).$$

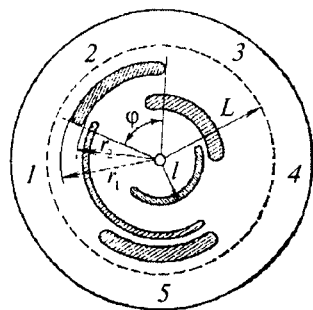
Harakatchan faza (suv bilan to‘yintirilgan organik erituvchi) qog‘ozga shimilib, ma‘lum balandlikka ko‘tarilgach, xromatogramma kameradan olinadi va erituvchi yetib borgan tugallanish chizig‘i belgilab olinadi. Shundan so‘ng xromatogramma quritilib, maxsus tanlab olingan rang beruvchi moddalar bilan qayta ishlanadi, ya‘ni ochiltiriladi.

Qog‘oz xromatografiyasida moddalarning ajralishini xarakterlaydigan kattalik taqsimlanish koeffitsiyenti  $R_f$  deyiladi:

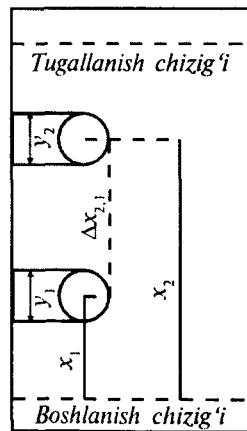
$$R_f = \frac{X}{X_f},$$

bu yerda:  $X$  – harakat (start) ning boshlanish chizig‘idan aniqlanayotgan modda hosil qilgan dog‘ning markazigacha bo‘lgan masofa, mm;  $X_f$  – harakatning boshlanish chizig‘idan harakatning tugallanish chizig‘igacha bo‘lgan masofa, mm (30-rasm).

$R_f$  qog‘ozning turiga, haroratga, analiz olib boriladigan sharoitga, analiz qilinadigan modda va erituvchining tabiatiga bog‘liq. Bir xil moddalar uchun doimiy sharoitda  $R_f$  ning qiymati o‘zgarmas kattalikdir. Analiz jarayonida aniqlangan  $R_f$  ning qiymati qaysi moddaga to‘g‘ri kelishi toza moddalar uchun tuzilgan jadvaldagi qiymatlarga solishtirib ko‘riladi.



29- rasm.



30- rasm.

Adsorbent samaradorligini xarakterlaydigan kattalik – nazariy likopchalar soni quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$N = 16 \left( \frac{X}{Y} \right)^2,$$

bu yerda:  $Y$  – dog‘ning eni, mm.

Qog‘ozda moddaning ajralish unumdorligining o‘lchovi, nazariy ekvivalent likopchalar balandligi (NELB) hisoblanadi:

$$\text{NELB} = H = \frac{X_f}{N}.$$

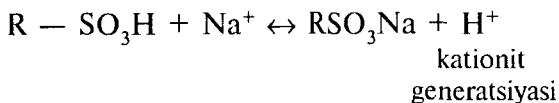
### 11.5. Ionalmashinish xromatografiyasi

Ionalmashinish xromatografiyasi – eritmadagi erigan elektrolit ionlarining ionit (polielektrolit) tarkibidagi harakatchan ionlar bilan almashinish jarayoniga asoslangan analiz usulidir.

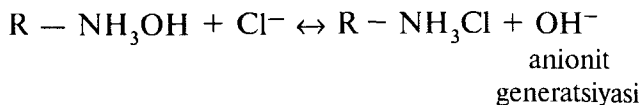
*Ionit* deb, tarkibida harakatchan ionlar bo‘lgan anorganik va organik moddalarga, ya‘ni o‘ziga xos polielektrolitlarga aytiladi.

Ionitlar almashinadigan ionning turiga ko‘ra: kationitlar va anionitlarga bo‘linadi.

Tarkibidagi kationitlarini eritmadagi kationlarga almashtiradigan, molekulasida kislota — $\text{SO}_3\text{H}$ , — $\text{PO}_3\text{H}$ , — $\text{COOH}$ , — $\text{H}$  va boshqa guruhlar saqlagan ionit (polielektrolit)lar *kationitlar* deyiladi. Kationitlarda boradigan ion almashinish reaksiyalari quyidagi tenglama orqali ko‘rsatilgan:

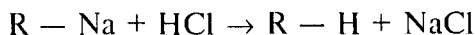


Tarkibidagi anionlarini eritmadagi anionlarga almashtiradigan, molekulasida asos — $\text{N}^+\text{H}_3\text{OH}^-$ ;  $\text{N}^+\text{H}_2\text{OH}^-$ ;  $\text{N}^+\text{HOH}^-$  va boshqa guruhlar saqlagan ionit (polielektrolit)lar *anionitlar* deyiladi:

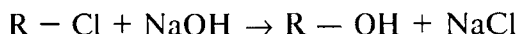




Ionitlar ishlatilishidan oldin ular ma'lum o'lehamda maydalanib, distillangan suv bilan bo'ktirib qo'yiladi, so'ngra aralashmalardan yuvib tozalanadi. Ionitlar aralashmalardan tozalangach, kislota yoki ishqor bilan ishlanib kislotali ionit —  $H^+$  (kationit) yoki ishqoriy ionit —  $OH^-$  (anionit) ko'rinishiga o'tkaziladi. Oxirgi jarayon ionit regeneratsiyasi (qaytadan ishlashga tayyorlash) deyiladi:



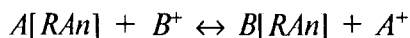
kationit regeneratsiyasi



anionit regeneratsiyasi

Sharoitga qarab eritmadagi ham kationlarni, ham anionlarni almashтира oladigan ionitlar *amfolitlar* deyiladi. Ion almashinish reaksiyasi qaytar jarayon bo'lgani uchun va bunday hollarda muvozanat holati qaror topishini bilgan holda moddalar massasining ta'siri qonuniga asoslanib, ion almashinish reaksiyalarining muvozanat konstantasini yozamiz.

Ion almashinish jarayoni umumiy holda quyidagi tenglama ko'rinishida ifodalanadi:



$$K_{A,B} = \frac{B[RA_n][A]^+}{A[RA_n][B]^+} \quad \text{yoki} \quad \frac{B[RA_n]}{A[RA_n]} = K_{A,B} \frac{[A]^+}{[B]^+}.$$

Ionitdagi ionlarni  $B[RA_n] = \bar{B}$ ,  $A[RA_n] = \bar{A}$  bilan belgilasak,

$$\frac{\bar{B}}{\bar{A}} = K_{A,B} \frac{[B]^+}{[A]^+},$$

$K_{A,B}$  — ion almashinish doimiyligi ionlarni bir-biriga nisbatan sorbsiyalanish xususiyatini xarakterlaydi.

Bunda uch holat bo'lishi mumkin:

a)  $K_{A,B} < 1$  – eritmadagi ionlarning ionitdagi ionlarga nisbatan almashinish xususiyati katta, bunda ion almashinish jarayoni tez boradi;

b)  $K_{A,B} > 1$  – eritmadagi ionlarning ionitdagi ionlarga nisbatan almashinish xususiyati kam, bunda ion almashinish jarayoni deyarli bormaydi;

d)  $K_{A,B} = 1$  – eritmadagi ionlarning ionitdagi ionlar bilan almashinish xususiyati bir xil bo'ladi.

## **11.6. Ionlarning almashinish xususiyatiga ta'sir qiluvchi omillar**

Ionlarning tanlab yutilishi ionlar va ionitlarning xossasiga bog'liq. Bu bog'liqlik quyidagilardan iborat:

1) gidratlangan ionlar bilan ionitdagi ionogen guruhlar orasidagi elektrostatik ta'sir;

2) eritmada va ionit fazasida ionlarning gidratlanish (solvatlanish) energiyasi;

3) gidratlangan ionlarni eritmadagi va ionit fazasidagi strukturasini;

4) almashingan ionlar bilan ionitdagi ionogen guruhlar orasida koordinatsion bog'ning hosil bo'lishi;

5) ionitlarning bo'kishi va o'lchami.

## **11.7. Ionitning ionalmashinish sig'imi**

Ionitlarning kimyoviy xossalari quyidagi kattaliklar bilan xarakterlanadi:

– ionalmashinish sig'imi;

– nisbiy ion almashinish tezligi;

– kimyoviy reagentlarga nisbatan barqarorligi.

*Ionitning ion almashinish sig'imi* deb, bir gramm ionit almashirtira oladigan ionning milligramm-ekivalent miqdoriga ayti-

ladi. Ionitlarning quyidagi ion almashinish sig'irlarini hisoblash mumkin:

- to'liq ion almashinish sig'iri;
- statik muvozanatdagi ionalmashinish sig'iri;
- dinamik harakat vaqtidagi ionalmashinish sig'iri quyidagi soddalashtirilgan formula bilan hisoblanadi:

$$E = \frac{4V \cdot K \cdot N \cdot 100}{g(100-W)}, \text{ mg-ekv/g,}$$

bu yerda:  $V$  – titrlash uchun sarflangan 0,1000 n NaOH(HCl) eritmasining hajmi, ml;  $g$  – ionitning miqdori, g;  $N$  – NaOH (HCl) eritmasining nazariy olingan normal konsentratsiyasi, g-ekv/l;  $W$  – ionitning namligi, %;  $K$  – 0,1000 n NaOH (HCl) eritmasi uchun tuzatish koeffitsiyenti.

## **11.8. Xromatografik analiz usulining qo'llanilishi va afzalliklari**

Xromatografik analiz usuli oddiyligi, unumliligi va universal-ligi sababli organik va anorganik kimyo, biologiya, tibbiyot, fizika, neft va neftni qayta ishlash va boshqa sohalarda qo'llaniladi. Masalan:

- murakkab organik va anorganik aralashmalarni alohida komponentlarga ajratishda;
- o'simlik va hayvon organizmida juda kam miqdorda uch-raydigan turli moddalar: vitaminlar, pigmentlar, glikozidlar, alkaloidlarni ajratish; yer po'stlog'ida kam tarqalgan moddalarni, izotoplarni boyitishda;
- moddalarni qo'shimchalardan tozalashda;
- juda suyultirilgan eritmalarni konsentrlashda;
- moddalarning sorbsiyalanish xususiyati bilan tuzilishi orasidagi bog'lanishga asoslanib molekular tuzilishini aniqlashda;
- moddalarning sifati va miqdori tarkibini identifikatsiyalashda;
- spirt, konyak-vino tarkibidagi aldegidlar, karbon kislotalar, oksikislotalarni aniqlashda;

- oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi aminokislotlar va ularning hosilalarini aniqlashda;

- yogʻ tarkibidagi toʻyingan, toʻyinmagan karbon kislotalarni aniqlashda va hokazo.

Xromotografik analiz usuli quyidagi afzalliklarga ega:

- eng kam miqdordagi modda miqdorini aniqlash mkg, mkl ( $10^{-6}$  g,  $10^{-6}$  ml boʻlishi) imkoniyati, yaʼni sezgirligi yuqori;

- universal, yaʼni turli xil funksional guruhlari boʻlgan modda aralashmalarini analiz qilish mumkin;

- fizik-kimyoviy xossalari bir-biriga juda yaqin, oʻxshash modda (izomer) lar aralashmasini analiz qilish mumkin;

- modda aralashmalarini komponentlarga ajratish, ularning konsentratsiyasini oshirish, selektiv (tanlab ajratish), toza moddalar olish (preparativ) imkoni mavjud.

## 11.9. Tajriba mashgʻulotlari

### ***I- ish. Ionalmashinish xromatografiyasida ionitlarni tayyorlash***

Ionalmashibish xromatografiyasida balandligi 300 mm, diametri 12 mm boʻlgan xromatografik kolonka sifatida buretka, ajratish kolonka (shisha nay) lari ishlatiladi. Ionlarni ajratishda oʻlchami 0,25–0,20 mm boʻlgan 10–25 g ionit olinadi. Ionitlar ishlatilishidan oldin distillangan suv bilan boʻktirib xromatografik kolonkaning 1/3 qismiga quyiladi. Keyin qoʻshimchalardan (temir (III) ionlari, organik moddalar) yuvib tozalanadi. Kolonkadagi ionitni temir (III) ionlaridan tozalash uchun 2 n HCl eritmasi bilan, organik moddalardan tozalash uchun esa 10 % li NaOH eritmasi bilan yuviladi. Soʻngra kolonkadagi ionit distillangan suv bilan yuviladi.

Tozalangan ionit (kationit)ni  $H^+$  shaklga oʻtkazish uchun (regeneratsiya) kolonkadan 2 n HCl eritmasi oʻtkaziladi (tomicish tezligi 1 s da 2 tomchi). Kationitdagi ortiqcha vodorod ionlari ( $H^+$ , HCl) distillangan suv bilan yuviladi. Kationit toza yu-

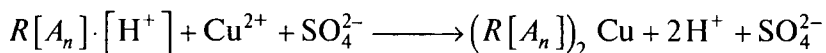
vilganligiga ishonch hosil qilish uchun  $\text{AgNO}_3$  bilan  $\text{HCl}$  dagi  $\text{Cl}^-$  ioniga xos xususiy reaksiya qilib ko'riladi.

Ionit (anionit)ni  $\text{OH}^-$  shaklga o'tkazish uchun (regeneratsiya) kolonkadan 1 n  $\text{NaOH}$  eritmasidan 50–75 ml o'tkazib, keyin distillangan suv bilan yuviladi. Anionitni almashinmay qolgan ionlaridan tozalanganligini tekshirish uchun kolonkadan o'tgan eritmadan 1–2 ml olib 1–2 tomchi fenolftalein ta'sir ettirib tekshiriladi.

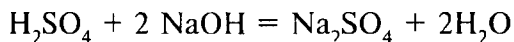
Tayyorlangan ionitlarning  $\text{H}^+$  va  $\text{OH}^-$  shakllaridan foydalanib, aralashmadagi tuz miqdorini aniqlash mumkin.

## **2- ish. $\text{CuSO}_4$ tarkibidagi mis (II) miqdorini ion almashinish xromatografiya usuli bilan aniqlash**

Ishning mohiyati  $R[A_n]\text{H}^+$  shakldagi kationitdan  $\text{CuSO}_4$  eritmasi o'tkazilganda quyidagi ionalmashinish jarayoni boradi:



Sxemadan ko'rinib turibdiki, eritmada  $\text{H}^+$  ionlari yig'ilib  $\text{Cu}^{2+}$  kationlari kationitga adsorbsiyalanadi. Hosil bo'lgan  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $\text{NaOH}$  ning standart eritmasi bilan titrlanadi:



Titrlashga sarf bo'lgan  $\text{NaOH}$  ning molyar ekvivalent miqdori ajralgan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ning molyar ekvivalent miqdoriga, bu esa  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarining molyar ekvivalent miqdoriga teng.

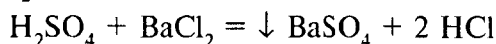
**Kationitni tayyorlash.** Kationit diametri 0,20–0,25 mm li KU-1 yoki KU-2 elegidan o'tkazilib, ishni boshlashdan oldin bo'kishi uchun 8–12 soatga distillangan suvda ivitiladi.

**Xromatografik kolonkani tayyorlash.** Xromatografik kolonka sifatida diametri 15–18 mm, uzunligi 300 mm bo'lgan jo'mrakli shisha naylardan foydalanish mumkin. Bo'kkan kationit donalari suvli suspenziya ko'rinishida kolonkaga solinadi.

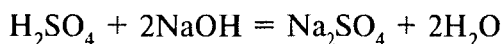
Kolonkada kationitning balandligi 150–200 mm, kationitning ustidagi suvning balandligi 10 mm bo'lishi kerak.

Kationitni  $R[A_n]$   $H^+$  shaklga o'tkazish (regeneratsiya) 1-ishda ko'rsatilgan tartibda bajariladi.

Ishning bajarilish tartibi. 50 ml li o'lchov kolbasiga berilgan nazorat eritmasi tayyorlangan xromatografik kolonkadagi kationitdan 1 sekundda 1 tomchi tezlik bilan o'tkaziladi. Kolonkadan tomgan  $H_2SO_4$  100–200 ml li o'lchov kolbasiga yig'iladi. Undan keyin kationit bir necha marta distillangan suv bilan yuviladi. Yuvilgan eritmada soat oynasida yoki probirkada bir necha tomchi olib,  $H^+$  ( $H_2SO_4$ )ning to'la desorbsiyalanangani 10% li  $BaCl_2$  bilan tekshiriladi:



Loyqa hosil bo'lmasa, yuvilgan eritma oldingi o'lchov kolbasiga (100–200 ml) quyiladi. Olingan  $H_2SO_4$  eritmasi 0,1000 mol/l konsentratsiyasidagi NaOH yoki KOH eritmasi bilan potensiometrik titrlash (188-betga qarang) yoki yuqori chastotali titrlash (212-betga qarang) usuli bilan titrlanadi:

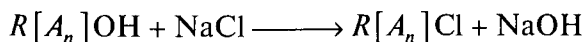


Titrlash natijalari asosida  $Cu^{2+}$  miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_{Cu} = \frac{\varrho_{Cu} \cdot N_{ish} \cdot V_{ish} \cdot V_{u.h.}}{1000 \cdot V_n}.$$

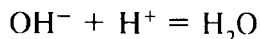
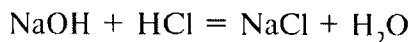
### **3- ish. Eritmadagi NaCl yoki KCl miqdorini ion almashinish xromatografik usuli bilan aniqlash**

Ishning mohiyati.  $OH^-$  shaklidagi ionitdan NaCl eritmasi o'tkazilganda, ionitdagi  $OH^-$  ionlari  $Cl^-$  ionlarigi almashinadi:



Ionalmashinish natijasida eritmada  $OH^-$  ionlari yig'ilib  $Cl^-$  anionlari anionitga adsorbsiyalanadi. Hosil bo'lgan NaOH erit-

masi standart HCl ( $H_2SO_4$ ,  $H_2C_2O_4$ ) eritmasi bilan potensio-  
metrik titrlash yoki yuqori chastotali titrlash usuli bilan titrlanadi:



Titrlashga sarflangan HCl ning molyar ekvivalent miqdori  
ajralgan NaOH ning molyar ekvivalent miqdoriga, bu esa NaCl  
ning molyar ekvivalent miqdoriga teng bo'ladi.

**Anionitni tayyorlash.** Anionit – AB 17 0,20–0,25 mm dia-  
metrli elakdan o'tkazilib, bo'kishi uchun 8–12 soatga distillan-  
gan suvda ivitiladi.

**Xromatografik kolonkani tayyorlash.** Xromatografik kolonka  
sifatida diametri 20 mm, uzunligi 300 mm bo'lgan jo'mrakli shi-  
sha naylardan foydalanish mumkin. Bo'kkan anion donalari  
suvli suspenziya ko'rinishida kolonkaga quyiladi. Anionitning  
balandligi kolonkada 150–200 mm, uning ustidagi suv balandligi  
esa 10 mm bo'lishi kerak. Anionitning  $OH^-$  shakli 1- ishda  
ko'rsatilgan tartibda tayyorlanadi.

Ishning bajarilish tartibi. Berilgan nazorat eritmasi  
tayyorlangan xromatografik kolonkadagi anionitdan 50 ml li  
o'lchov kolbasiga 1 sekundda bir tomchi tezlik bilan o'tkaziladi.  
Kolonkadan tomgan NaOH 100–200 ml li o'lchov kolbasiga  
yig'iladi. Undan keyin anionit bir necha marta distillangan suv  
bilan yuviladi. Yuvilgan eritmadan probirkaga bir necha tomchi  
olib  $OH^-$  to'la desorbsiyalanganligi 1–2 tomchi fenolftalein ta'sir  
ettirilib tekshiriladi. Olingan NaOH eritmasi standart 0,1 n HCl  
( $H_2SO_4$ ,  $H_2C_2O_4$ ) eritmasi bilan potensio-  
metrik titrlash yoki yuqori chastotali titrlash usuli bilan titrlanadi. Titrlash natijalari  
asosida KCl ning miqdori quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_{NaCl} = E_{NaCl} \cdot V_{NaCl} \cdot N_{kisl} \cdot \left( \frac{V_{u.h.}}{V_n} \right),$$

bu yerda:  $V_{u.h.}$  – aniqlanadigan eritmaning umumiy hajmi (ml);  
 $V_n$  – titrlash uchun olingan eritma hajmi (ml).

#### **4- ish. Qog'oz xromatografiyasi usuli bilan aminokislotalar aralashmasini identifikatsiyalash**

Aminokislotalar aralashmasini ajratish ularni o'zaro aralashmaydigan ikkita erituvchida taqsimlanishiga asoslangan. Aralashmani identifikatsiyalash esa har bir aminokislotalarning taqsimlanish koeffitsiyentiga asoslangan.

Kerakli reaktivlar va jihozlar: xromatografik qog'oz; n-butil spirt; sirka kislota; ningidrin; aseton; aminokislotalar; 0,10 n HCl.

**Xromatografik qog'oz tayyorlash.** Aminokislota aralashmasini ajratish uchun 1- va 2- raqamli xromatografik yoki filtr qog'oz ishlatiladi. Qog'oz 2 n HCl bilan, keyin 0,5 n ishqor eritmasi bilan yuviladi. Ortiqcha ishqor distillangan suv bilan neytrallanguncha ( $\text{pH}=7,0-7,5$ ) yuviladi va quritiladi. Agar qog'ozda og'ir metall ionlari bo'lmasa, qog'ozni yuvish shart emas.

**Erituvchi (harakatchan faza)** sifatida n-butil spirt : sirka kislota : suv (4:1:5) ishlatiladi. Aralashma 1-2 min davomida yaxshilab aralastiriladi, tindirilgandan keyin qavatga ajraladi.

**Rang beruvchi modda (ochiltiruvchi)** sifatida ningidrinning suvsiz atsetondagi 0,2 % li eritmasi ishlatiladi (200 mg ningidrin 100 ml toza asetonda eritiladi). Eritma qora idishda saqlanadi.

**Standart aminokislota eritmaları** sifatida 0,01000 m toza aminokislotalarning suvdagi yoki 10 % li izopropil spirtidagi eritmasi ishlatiladi. 10,00 ml 0,010 m aminokislota eritmasini tayyorlash uchun (23-jadval) analitik tarozida aminokislotalardan namuna o'lish, suvda yoki 10 % li izopropil spirtida eritiladi. Tirozin kislotalarning to'liq erishi uchun eritmaga 0,1000 n HCl dan oz miqdorda qo'shiladi.

**Tekshirishga olinadigan eritmalar.** Ajratish chun quyidagi aminokislotalarning aralashmalari olinadi:

- 1) gistidin, glitsin, valin, izoleysin (yoki leysin);
- 2) arginin, glutamin, alanin, metionin;
- 3) lizin, serin, tirozin, fenilalanin;
- 4) sistin, asparagin, tirozin, prolin, triptofan.



## Aminokislota eritmalari

Aminokislota nomi	Namuna miqdori, mg	Aminokislota nomi	Namuna miqdori, mg
Alanin	8,9	Lizin	18,1
Arginin	21,0	Metionin	14,9
Asparagin	13,3	Prolin	19,0
Valin	11,7	Serin	10,5
Gistidin	22,7	Tirozin (0,005 m eritma uchun)	9,0
Glitsin	7,5	Treonin	11,9
Glutamin	14,4	Triptofan	20,4
Izoleysin (leysin)	13,1	Fenilalanin	15,1
		Sistin	23,8

Ishning bajarilish tartibi. Xromatografik kameraning o'lchamiga qarab, xromatografik qog'ozdan tasmasimon qog'oz kesib olinadi. Qog'ozning pastidan 5 sm qoldirib qalam bilan boshlanish chizig'i chiziladi. Chiziqdan ikkita (yoki uchta) nuqta tanlanib, biriga standart eritma, boshqasiga standart eritmasi bo'lgan aralashma tomiziladi. 0,01 ml li tomchi mikropipetka (yoki mikroshpris) bilan olinib, oldin 0,0050 ml tomiziladi, qurigandan keyin qolgan qismi tomiziladi. Qog'ozning boshlanish chizig'idan pastki 1,5–2 sm qismi kameradagi harakatchan faza erituvchisiga tushiriladi. 2/3 qismigacha erituvchi ko'tarilgandan keyin qog'oz havoda quritiladi va ningidrin eritmasi bilan ochiltiladi. Keyin 15–20 min davomida 60° C haroratda termostatda qizdiriladi. Xromatogramma olinib erituvchi ko'tarilgan tugallanish chizig'i va dog'lar belgilab olinadi. Aminokislotalar yuqoridan pastga qarab quyidagi tartibda joylashadi: sistin, lizin, ar-

ginin, gistidin, asparagin, serin, glutamin, treonin, alanin, prolin, tirozin, valin, metionin, triptofan, fenilalanin, leysin, izoleysin (oxirgi uchta aminokislota bir-biriga yaqin joylashadi). Dog'lar ochiltirilgandan keyin binafsharangga kiradi. Aminokislotalarning sifat tarkibi taqsimlanish koeffitsiyenti  $R_f$  ning qiymatiga qarab aniqlanadi. Har bir aminokislota uchun o'zgarmas sharoitda  $R_f$  ning qiymati doimiy bo'ladi.

### 11.9. Ekstraksiya analiz usulining nazariy asosi

*Ekstraksiya* — moddalarni eritmadan yoki qattiq modda aralashmalaridan ajratib olish usullaridan biridir. Ekstraksiya ajralayotgan modda va aralashmalarning har xil erituvchilarda turlicha erishiga asoslangan.

Ekstraksiya murakkab fizik-kimyoviy jarayon bo'lib, moddaning bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik orasida taqsimlanishi va massalar ta'siri qonunlariga bo'ysunadi. Analizda suvli eritmalaridan moddalar organik erituvchilar yordamida ekstraksiya qilib olinadi. Ekstraksiyada ishlatiladigan asosiy tushunchalar:

*Ekstraksiya reagent* — toza organik erituvchi yoki biror reagent sifatida aniqlanadigan moddani suv fazasidan ajratib (siqib) chiqaruvchi modda.

*Ekstrakt* — suv fazasidan ekstraksiya qilingan, ya'ni ajratib olingan modda.

*Reekstraksiya* — ekstraksiyaga teskari jarayon.

*Reekstragent* — ekstrakdan suv fazasiga o'tgan eritma.

*Reekstrakt* — alohida olingan suv fazasidagi ekstrakt.

Ekstragentning fizik yoki ekstraksiyalash xossasini yaxshilash, ba'zan suyultirish uchun inert organik erituvchilar ishlatiladi. Erigan  $A$  moddaning ikki faza orasida taqsimlanishi, erigan modda konsentratsiyasini bir fazada oshib, ikkinchi fazada kamayishi demakdir. Ma'lum vaqtdan keyin konsentratsiyalar nisbatida dinamik muvozanat qaror topadi:

$$A_s \leftrightarrow A_0, \quad (1)$$

bu yerda:  $A_s$  –  $A$  moddaning suv fazasidagi miqdori;  $A_0$  –  $A$  moddaning organik erituvchi fazasidagi miqdori.

Biror moddaning ikki fazada, o‘zaro aralashmaydigan ikkita suyuqliklarda ayni haroratda konsentratsiyalarining nisbati o‘z-garmas kattalik bo‘lib, *taqsimlanish koeffitsiyenti*  $D$  deyiladi:

$$D = \frac{[A]_0^n}{[A]_s^n}, \quad (2)$$

$n$  – moddaning taqsimlanishi.

Taqsimlanish koeffitsiyentining qiymati haroratga, erigan modda va erituvchining tabiatiga bog‘liq.

Modda bir fazadagi aktivligining ikkinchi fazadagi aktivligiga nisbati *taqsimlanish doimiyliigi*  $K$  deyiladi:

$$K = \frac{(A_{MLn})_0}{(A_{MLn})_s} = \frac{(MLn)_0}{(MLn)_s} \cdot \frac{(\gamma_{MLn})_0}{(\gamma_{MLn})_s} = D \frac{(\gamma_{MLn})_0}{(\gamma_{MLn})_s}. \quad (3)$$

Taqsimlanish koeffitsiyenti bilan taqsimlanish doimiyliigi (konstantasi moddaning eruvchanligiga bog‘liq. Agar erigan modda dissotsialanmagan molekula ko‘rinishida bo‘lsa, taqsimlanish koeffitsiyenti bilan doimiyliigi moddaning har ikkala fazadagi eruvchanligining nisbatiga teng:

$$D = \frac{(E_A)_0}{(E_A)_s}, \quad (4)$$

bu yerda:  $(E_A)_0$  – moddaning organik erituvchidagi eruvchanligi;  $(E_A)_s$  – moddaning suvdagi eruvchanligi.

Ekstraksiyaning asosiy kattaliklaridan biri ajralib chiqish darajasidir:

$$R = \frac{n(A)}{n(A)_v}, \quad (5)$$

bu yerda:  $n(A)$  – organik fazadagi modda miqdori;  $n(A)_v$  – moddaning suv fazasidagi boshlang‘ich miqdori.

$$n(A) = [A]_0 \cdot V_0, \quad (6)$$

$$n(A)_v = C_A^0 \cdot V_s = [A]_0 V_0 + [A]_s V_s, \quad (7)$$

$C_A^0$  –  $A$  moddaning boshlang'ich konsentratsiyasi.

(5) formulaga (6) va (7) formulardagi qiymatlarni qo'yib surat va maxrajini  $[A]_s V_s$  ga bo'lib chiqsak:

$$R = \frac{[A]_0 V_0}{[A]_0 V_0 + [A]_s V_s} = \frac{[A]_0}{[A]_s} \cdot \frac{1}{\frac{[A]_0}{[A]_s} + \frac{V_s}{V_0}} = \frac{D}{D + \frac{V_s}{V_0}} = \frac{D}{D + \frac{1}{r}} \quad (8)$$

$$r = \frac{V_s}{V_0}.$$

(8) tenglama bir va bir necha marta ekstraksiyalash jarayoni uchun ajralib chiqish darajasini hisoblash formulasidir. Bir marta ekstraksiyalagandan keyin

$$C_A^0 V_s = [A]_1 V_0 + [A]_s V_s, \quad (9)$$

1 – ekstraksiyalash darajasi.

(9) ni (1) tenglamaga qo'yib  $[A]_s$  ga nisbatan hisoblasak:

$$C_A^0 V_s = D [A]_s V_0 + [A]_s V_s,$$

bu yerdan

$$[A]_s = \frac{C_A^0 V_s}{D V_0 + V_s} = \frac{C_A^0}{D_r + 1} \quad (10)$$

kelib chiqadi.

Shu formula yordamida ikkinchi marta ekstraksiyalagandan keyin ajralib chiqqan modda miqdori:

$$[A_2]_s = \frac{[A]_s}{D_r + 1} = \frac{C_A^0}{(D_r + 1)^2}. \quad (11)$$

$m$  marta ekstraksiyalagandan keyin ajralib chiqqan modda miqdori:

$$[A_m]_s = \frac{C_A^0}{(D_r + 1)^m}, \quad (12)$$

bundan:

$$m = \frac{\lg \frac{C_A^0}{[A_m]_s}}{\lg(D_r + 1)} \quad (13)$$

(13) tenglamada berilgan ajralib chiqish darajasiga yetishish uchun necha marta ekstraksiyalash kerakligini hisoblash mumkin. Masalan, 99% modda suv fazasidan ekstraksiyalanishi uchun

$$m = \frac{2}{\lg(D_r + 1)}; \quad D_r = 1; \quad m = \frac{2}{0,3} = 7 \text{ marta,}$$

$$D_r = 5; \quad m = \frac{2}{0,78} = 2,6 \text{ marta ekstraksiyalash kerak ekan.}$$

*Ajralib chiqish darajasi.*  $m$  marta ekstraksiyalash uchun (5) va (12) tenglama quyidagicha hisoblab topiladi:

$$R_m = \frac{C_A^0 V_s - [A_m] V_s}{C_A^0 V_s} = 1 - \frac{C_A^0 V_s}{(D_r + 1)^m \cdot C_A^0 V_s} = 1 - \frac{1}{(D_r + 1)^m} \quad (14)$$

$$m = 1, \quad r = 1 \text{ unda, } R_1 = \frac{D}{D+1}.$$

Ikki moddani ajratishda ajratish koeffitsiyenti ( $\chi$ ) amaliy ahamiyatga ega, ya'ni

$$\chi = \frac{D_A}{D_B}.$$

Agar  $\chi = 1$  bo'lsa, ajratish mumkin emas;  $\chi$  ning qiymati 1 dan qancha ko'p farq qilsa, ajratish sharoiti to'g'ri bajariladi. Ajratib olishni xarakterlovchi kattaliklardan yana biri boyitish omilidir:

$$\frac{n(B)}{n(A)} = S_{A/B} \frac{n(B)_0}{n(A)_0};$$

bundan boyitish omili:

$$S_{A/B} = \frac{n(B) \cdot n(A)_0}{n(A) \cdot n(B)_0} = \frac{R_B}{R_A} \quad (15)$$

ekstraksiya natijasida ajratiladigan moddalar miqdorining nisbati boshlang'ich eritmadagi moddalar miqdorlarining nisbatidan necha marta ko'payganligini xarakterlaydi.

Boyitish omili bilan taqsimlanish koeffitsiyenti va boshqa qiymatlar orasidagi bog'lanish formula (15)ni formula (14)ga qo'yish bilan topiladi:

$$S_{A/B} = \frac{[(D_B r + 1)^m - 1] \cdot [D_A r + 1]^m}{[(D_A r + 1)^m - 1] \cdot [D_B r + 1]^m} \quad (16)$$

$m = 1$ ,  $r = 1$  bo'lganda:

$$S_{A/B} = \frac{D_B (D_A + 1)}{D_A (D_B + 1)} \quad (17)$$

Masalan,  $D_A = 10^4$  bo'lsa, ajralish koeffitsiyenti:

$\chi = D_A / D_B = 10^4 / 0,1 = 10^5$  katta qiymatga ega bo'ladi. Boyitish omili formula (17)ga nisbatan hisoblanganda:

$$S_{A/B} = \frac{0,1(10^4 + 1)}{10^4 (0,1 + 1)} \approx 0,1.$$

Xuddi shu qiymatda ajralish koeffitsiyenti  $\chi = 10^5$  taqsimlanish koeffitsiyenti  $D_A = 10^2$  va  $D_B = 10^{-3}$  bo'lganda boyitish omili:

$$S_{A/B} = \frac{10^{-3}(10^2 + 1)}{10^2(10^{-3} + 1)} = 10^{-3}.$$

Bu qiymat oldingiga nisbatan 2 marta kichik. Unda  $A$  modda organik erituvchiga 99 % o'tadi,  $B$  modda esa faqat 0,1% o'tadi.

Demak, boyitish omili atratish koeffitsiyentiga nisbatan moddalarning ajralish ehtimolligini to'g'ri ifodalaydi.

## 11.10. Ekstraksiya analiz usulining qo‘llanilishi va afzalliklari

Bu usul bilan komponentlarni qo‘shimchalardan tozalash va konsentrlash (boyitish) mumkin. Har bir modda yoki ionni ekstraksiyalash uchun o‘ziga xos ekstragentlardan foydalaniladi. Masalan,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari xloroformda 8-oksixinolin bilan pH ning turli qiymatlarida ekstraksiyalanadi.  $\text{Fe}^{3+}$  (pH=2–10),  $\text{Al}^{3+}$  (pH=4,5–11),  $\text{Mn}^{2+}$  (pH=6,5–10). Amalda  $\text{Fe}^{3+}$  (pH=2,5–3),  $\text{Al}^{3+}$  (pH=5),  $\text{Mn}^{2+}$  (pH=10). Xuddi shunday ekstraksiya usulidan sanoat miqyosida keng foydalanib, o‘simliklardan tabiiy birikmalar, masalan, moy, efir moylari, oziq-ovqat bo‘yoqlari, glukozydilar, alkaloidlar, zamburug‘lardan: antibiotiklar, turli dori-darmonlar va boshqalar ajratib olinadi.

Bu usul quyidagi afzalliklarga ega:

- ekstraksiya o‘tkazish vaqti qisqa;
- cho‘ktirish usuliga nisbatan ionlarni ajratish qulay;
- analiz sezgirligini oshirish maqsadida eritma boyitiladi;
- kimyoviy xossalari bir-biriga yaqin bo‘lgan (tarkibiy tuzilishi, qaynash harorati va boshqa) moddalarni ajratish mumkin;
- moddalar miqdorini aniqlashda spektral-ekstraksiyalash, polyarografik-ekstraksiyalash, fotometrik-ekstraksiyalash usullaridan foydalanish mumkin.

## 11.11. Asosiy ekstragentlar

Ekstraksiyada ishlatiladigan asosiy ekstragentlar suvga nisbatan yengil va suvga nisbatan og‘ir ekstragentlarga bo‘linadi:

Suvga nisbatan yengil ekstragentlarga benzol, toluol, spirtlar (butil, amil, izoamil), efirlar (diyetilefir, izopropilefir) va boshqalar misol bo‘ladi.

Suvga nisbatan og‘ir ekstragentlarga xloroform, uglerod sulfid, tetraxlor metan va boshqalar misol bo‘ladi.

Ekstragentlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- erituvchiga nisbatan zichligi kichik;
- kimyoviy jihatdan inert;
- kam uchuvchan;
- portlamaydigan;
- oksidlanmaydigan;
- qayta ishlanadigan;
- arzon.

## **11.12. Tajriba mashg‘ulotlari**

### ***1- ish. Ekstraksiyalash usuli***

Aralashmadan yoki o‘simliklardan olingan moddalar aralashmasidan ma’lum bir moddani ekstraksiya qilish usuli bilan ajratib olish uchun, suvli aralashma ajratkich voronkaga quyiladi, unga olinishi kerak bo‘lgan moddani erita oladigan va suv bilan aralashmaydigan erituvchilardan biri, masalan, dietilefir qo‘shiladi; ajratkich voronkaning og‘zi o‘z tiqini bilan bekitilib chayqatiladi; vaqt-vaqti bilan voronkaning quyish naychasi yuqoriga qaralilib, erituvchining bug‘lanishi natijasida hosil bo‘lgan bosimni voronkaning jo‘mragini asta-sekin ochib chiqarib yuboriladi, so‘ngra jo‘mrak bekitilib aralashma yana chayqatiladi. Bunda suvdagi modda efirda erib suvdan efirga o‘tadi (ish mo‘rili shkaf ostida bajariladi).

Ajratkich voronka shtativga o‘rnatilib suyuqliklarning tinishi va ikki qavatga ajralishi kutiladi. Shundan so‘ng ajratkich voronka og‘zidagi tiqin olinadi va jo‘mrak ochilib, pastki suvli qavat biror idishga, yuqorigi qavat (efirli ekstrakt) esa boshqa idishga quyib olinadi.

Shunday yo‘l bilan moddaning suvdagi eritmasi bir necha marta erituvchi bilan ishlanib ma’lum bir modda suvli eritmadan ajratib olinadi. Agar suvli eritmadan biror moddani ajratib olish-



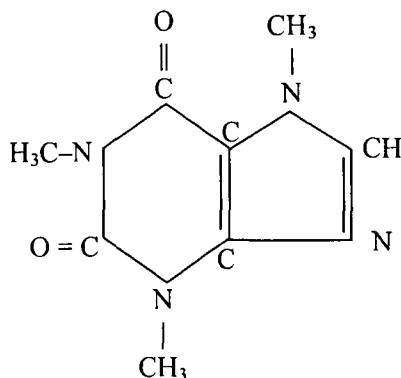
da dietil efir o'rniga xloroform ishlatilsa, xloroform suvdan og'ir bo'lgani uchun u pastki qavatda bo'ladi. Ajratkich qadahdan xloroformli ekstrakt quyib olganda qadahda suvli eritma qoladi. Uni yana bir necha marta xloroform bilan ekstraksiya qilib, modda ajratib olinadi.

Ba'zi qattiq yoki qiyomsimon aralashmalardan biror moddani ekstraksiya qilib olishda ularni chinni hovonchada ezib, bir necha marta organik erituvchi bilan ishlab erituvchiga o'tkaziladi va filtrlab olinadi.

## 2- ish. Choy tarkibidagi kofeinni ajratib olish

Kofein (1, 3, 7-trimetil-2, 6-lioksipurin)-purinning hosilasi hisoblanib, u choyda va kofeda uchraydigan asosiy alkaloidlardan biri hisoblanadi.

Choy bargi tarkibidagi alkaloidlarning umumiy miqdori 2–5 % atrofida, kofeinning miqdori 3 % gacha bo'ladi, qolgan qismini teofillin, teobromin alkaloidlari tashkil qiladi.



Kerakli asbob-uskunalar va reaktivlar: 50 g choy; 25 g magniy oksidi; 150 ml xloroform.

Ishning bajarilish tartibi. 750 ml sig'imli kolbaga 50 g yaxshi maydalangan choy, 25 g MgO ning 150 ml suvdagi

loyqasi va 250 ml suv solib 10–15 minut qaynatiladi. Suvli eritma dekantatsiya qilinib, paxta orqali filtrlanadi. Kolbadagi choy yana ikki marta 150 ml dan suv quyib qaynatilib ekstraksiya qilinadi.

Suvli ekstraktlar birlashtirilib, 25 ml suyultirilgan sulfat kislotaga qoʻshib (lakmus qogʻoz bilan tekshirib) kislotali muhit hosil qilinadi va eritmani chinni kosaga solib, uchdan bir qismi qolguncha suv hammomida bugʻlantiriladi. Issiq eritma burama filtdan oʻtkazilib filtrlanadi va filtrat besh marta (30 ml dan) xloroform bilan ekstraksiya qilinadi.

Xloroformli ekstrakt oldin suyultirilgan ishqor eritmasi bilan, soʻngra suv bilan yuviladi; xloroform suv hammomida haydaladi. Kolbada qolgan kofein 8–10 ml issiq suv bilan qayta kristallantiriladi.

Kofein oq ipaksimon igna hoida kristallanadi. 0,8–1 g atrofida kofein hosil boʻladi.

**Tayanch iboralar:** xromatografiya; ajralish mexanizmi; agregat holati; taqsimlanish koeffitsiyenti; generatsiya, regeneratsiyasi; konstanta; ionalmashinish sigʻimi; ekstraksiya; taqsimlanish doimiyliigi; ajralib chiqish darajasi.



### Mavzu yuzasidan savol va mashqlar

1. Xromotografik analiz usulining mohiyati nimadan iborat?
2. Xromotografik analiz usulining afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?
3. Xromotografik kolonkaning ish unumi nima bilan tavsiflanadi?
4. Nazariy ekvivalent likopchalar balandligi (NELB) qanday hisoblanadi?
5. Taqsimlanish va adsorbsiyalanish xromatografiyasiga tavsif bering.
6. Qogʻoz xromatografiyasining mohiyati nima?
7. Qogʻoz xromatografiyasida qanday moddalar harakatchan va harakatsiz faza sifatida ishlatiladi?

8.  $R_f$  ning qiymati nimani xarakterlaydi va unga qanday omillar ta'sir qiladi?
9. Qog'oz xromatografiyasida taqsimlanish koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?
10. Ion almashinish xromatografiyasi nimaga asoslangan?
11. Ion almashinish reaksiyalariga qanday talablar qo'yiladi?
12. Ionitlar qanday moddalar va ularning qanday turlarini bilasiz?
13. Ion almashinish reaksiyalari uchun muvozanat doimiysini yozing va unga ta'sir qiluvchi omillarni ko'rsating.
14. Ionitlarning xossalriga qanday omillar ta'sir qiladi?
15. Ionitlarning generatsiya va regeneratsiyasi deganda nimani tushunasiz?
16. Ionitlarning dinamik ion almashinish sig'imi deganda nima tushuniladi?
17. Ionitlar  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $Cl^-$  shakllarga qanday o'tkaziladi?
18. Ion almashinish xromatografiyasi qanday afzallik va kamchiliklarga ega?
19. Tarkibida  $Na_2SO_4$  bo'lgan 2,0550 g namuna  $100\text{ cm}^3$  distillangan suvda eritildi. Eritmadan  $10,00\text{ cm}^3$  olib  $H^+$  ko'rinishdagi kationitdan o'tkazildi. Filtratni titrlash uchun  $10,25\text{ cm}^3$   $0,1550\text{ M}$  NaOH eritmasidan sarflandi. Namuna tarkibidagi  $Na_2SO_4$  ning foiz miqdorini hisoblang.
20.  $100\text{ ml}$   $0,1000\text{ N}$  HCl eritmasiga  $5\text{ g}$   $Na^+$  kationit qo'shildi. Muvozanat qaror topgandan keyin  $[H^+]$  konsentratsiyasi  $0,01500\text{ N}$  ga kamaydi. Kationitning  $H^+$  lari uchun statik ion almashinish sig'imini hisoblang.
21. KU-2 rusumli  $100\text{ g}$  smola bilan to'ldirilgan kolonkadan umumiy qattiqligi  $12,4\text{ mg ekv/l}$  bo'lgan suv o'tkazildi. Filtratda kalsiy ionlari hosil bo'lguncha kolonkadan o'tkazilgan suvning hajmi  $12\text{ litr}$  ga teng bo'ldi. Smolaning ion almashinish sig'imini hisoblang.
22.  $200\text{ g}$  smola bilan to'ldirilgan kolonkadan umumiy qattiqligi  $8,5\text{ mg ekv/l}$  bo'lgan suv o'tkazildi. Filtratda kalsiy ionlari hosil bo'lguncha kolonkadan o'tkazilgan suvning hajmi  $12,5\text{ g}$  ga teng bo'ldi. Smolaning ion almashinish sig'imini hisoblang.

23. 250 ml li KCl eritmasidan 10,00 ml olib,  $H^+$  shakldagi kationitdan o'tkazildi. Ajralib chiqqan kislota kolonkadan yuvib olinib, 0,1000 n 12,50 ml NaOH eritmasi bilan (metiloranj) titrlandi. Eritmadagi KCl ning miqdorini grammlarda aniqlang.
24. Tarkibida  $NaNO_3$  bo'lgan 2,000 g namuna 100 ml suvda eritildi. 10,00 ml eritma  $H^+$  shaklidagi kationit bilan to'ldirilgan kolonkadan o'tkazildi. Olingan eluyent 15,00 ml 0,1110 m NaOH eritmasi bilan titrlandi. Namuna tarkibidagi  $NaNO_3$  ning foiz miqdori hisoblansin.
25. AN-18 rusumli anionitdan 200,0 ml 0,1000 n NaCl eritmasi o'tkazildi. Anionitning xlor ioniga nisbatan ion almashinish sig'imi 3,6 mg-ekv bo'lsa, eritmadagi xlor ionining hammasi almashinishi uchun necha gramm anionit kerak?
26. 0,9585 g mis (II) tuzi 500,00 ml li o'lchov kolbasida eritildi va eritma 45 g kationitdan o'tkazildi. Ajralgan  $N_2SO_4$  ni titrlash uchun 26,40 ml 0,0500 m NaON eritmasi sarflandi. Namuna tarkibidagi misning massa ulushini (% da) hisoblang.
27. 45,00 ml eruvchan sulfatlar saqlagan eritma kationitdan o'tkazildi. Ion almashinish natijasida olingan kislotani titrlash uchun  $T_{NaOH/SO_4^{2-}} = 0,04002$  g/ml bo'lgan NaON eritmasidan 20,80 sm<sup>3</sup> sarflandi. Eritmadagi  $SO_4^{2-}$  ionning massa ulushini (% da) hisoblang.
28. 0,8985 g  $FeSO_4$  tuzi 250,00 ml li o'lchov kolbasida eritildi, 25 ml eritma kationitdan o'tkazildi. Ajralib chiqqan  $N_2SO_4$  ni titrlash uchun 0,02000 m 15,20 ml NaON eritmasidan sarflandi. Tuz tarkibidagi temirning (% da) miqdorini toping.
29. Eruvchan sulfatlar eritmasi 50 ml kationitdan o'tkazildi. Ion almashinish natijasida olingan  $N_2SO_4$  ni titrlash uchun titri ( $T_{KOH/SO_4^{2-}} = 0,004502$  g/ml) bo'lgan KOH eritmasidan 25,40 ml sarflandi. Eritmadagi  $SO_4^{2-}$  ionlarining miqdorini hisoblang.
30. Ekstraksiya usulining mohiyati nimada? Bu usul yordamida qanday muammolarni hal qilish mumkin?
31. Ekstraksiya usulida ko'p ishlatiladigan asosiy organik erituvchilarga misollar keltiring.

32. Taqsimlanish koeffitsiyenti va taqsimlanish doimiysining ma'nosini tushuntiring.
33. Ekstraksiya usuli qanday afzallik va kamchiliklarga ega.
34. 1,00 mg dorivor modda saqlagan 100 ml suvli eritma 10 ml xloroform bilan ekstraksiyalandi. Muvozanat qaror topgandan keyin organik faza qavatida 0,95 mg dorivor modda borligi aniqlandi. Taqsimlanish koeffitsiyenti ( $D$ ) va taqsimlanish doimiyli ( $K$ ) qiymatlarini hisoblang.
35. 0,0200 m pikrin kislotasini benzol bilan ikki marta ekstraksiyalanganda ajratib olish darajasini aniqlang.  $r = V_{\text{benzol}}/V_{\text{suv}} = 1 : 10$ . Pikrin kislotasi benzol-suv sistemasida taqsimlanish koeffitsiyenti 40.
36. Taqsimlanish doimiysi ( $K$ ) 30 ga teng bo'lganda, erigan moddani 99% ajratib olish mumkinmi: a) 150 ml eritmani 30 ml benzol bilan bir marta ekstraksiyalaganda; b) uch marta xuddi shunday ekstraksiyalaganda?
37. Agar boshlang'ich konsentratsiya  $C_{\text{suv}}^0 = 0,1000$  mol/l, taqsimlanish koeffitsiyenti  $D = 410$ , 100 ml hajmli eritma  $\text{pH}=8$  bo'lsa, nikel dimetilgliksimatni 2 ml xloroform bilan 2 marta ekstraksiyalaganda  $R_1$  va  $R_2$  ajratib olish darajalarini hisoblang.
38.  $\text{pH}=7$  bo'lgan 50 ml kalay kupferan eritmasini 5 ml benzol bilan 3 marta ekstraksiyalaganda ajratib olish darajalari  $R_1$  va  $R_2$  ni hisoblang ( $C_{\text{suv}}^0 = 0,25$  mol/l,  $D = 350$ ).
39. 50 ml nikel dimetilgliksimat eritmasini 10 ml xloroform bilan 4 marta ekstraksiyalaganda ajratib olish darajalari  $R_1$  va  $R_4$  ni hisoblang ( $C_{\text{suv}}^0 = 0,5$  mol/l,  $D = 400$ ).
40. Pikrin kislotasining 0,0250 n suvli eritmasi bilan uning 0,75 n benzolli eritmasi o'zaro aralashtirilgan. Pikrin kislotasi benzolda dissotsilanmasligini va suvli eritmada uning dissotsilanish konstantasi 0,9 ga tengligini bilgan holda 3 marta ekstraksiyalash natijasida moddaning ajralib chiqish darajasini hisoblang ( $V_{\text{benzol}} : V_{\text{suv}} = 1 : 10$ ).
41. Ekstraksiyalanadigan 10 ml  $1 \cdot 10^{-3}$  m HA moddaning organik erituvchidagi eritmasiga  $\text{pH}=3$  bo'lgan 50 ml  $1 \cdot 10^{-5}$  m M metall tuzining suvli eritmasi qo'shildi. Metall ionining 30% i  $\text{MA}_2$

koʻrinishida ekstraksiyalandi. Ekstraksiya doimiyligini va pH ning qiymatini hisoblang.

42. Mis ionlarini natri dietilditiokarbamatning (DDT) 0,0500 m eritmasi bilan ekstraksiyalandi.  $r = V_{\text{DDT}} / V_{\text{suv}}$  boʻlganda ajratib olish darajasini va pH ni hisoblang.
  43. Konsentratsiyasi  $1 \cdot 10^{-4}$  mol/l boʻlgan kadmiy ionlari 0,5 m (pH=6) 8-oksixinolinning xloroformdagi eritmasi bilan ekstraksiya qilindi. Fazalar hajmining nisbati 1:10 boʻlsa, ajratib olish darajasini hisoblang.
-

## **12- mavzu. MUSTAQIL ISHLAR**

### **12.1. Mustaqil ish va uni bajarish tartibi**

Mustaqil ishni bajarishdan maqsad «Analitik kimyo» fanidan zarur bo'lgan bilim va ko'nikmalarni rivojlantirishni tekshirish, malakalarni shakllantirish hamda ularni ijodiy fikrlashga o'rgatishdan iborat. Bunda talabalarda ilmiy maqola va adabiyotlarni o'qish, ma'lumotnomalar, bibliografik sharhlar tuzisha, elektron o'quv-adabiyotlari va Internetdan foydalanishga oid ko'nikmalar hosil bo'ladi, tajriba malakalari oshadi, mantiqiy fikirlashni, ishlarni rasmiylashtirishni o'rganadilar.

Mustaqil ish darsdan tashqari vaqtda, shu fanning ma'lum bir bo'limi va o'quv mashg'uloti o'rganib bo'linganidan keyin bajariladi.

Talaba mustaqil ishining ish rejasi o'qituvchi tomonidan o'rganiladi, agar tajriba ishi ko'p mehnat va vaqt talab qilsa, bunday mavzu bir necha talabaga bo'lib beriladi.

Agar talabaning bilimi pastroq bo'lsa, mustaqil ish nazariy referat ko'rinishida topshirilishi mumkin. O'qituvchi har bir talaba bilan suhbat o'tkazib, tavsiya qilingan adabiyotlarni ko'rsatishi, mustaqil ish rejasini ishlab chiqarishi kerak. Asbob-uskuna va reaktivlarga talabnomasi ko'rib chiqiladi. Talabaning mustaqil ishining tajriba qismini bajarishidan oldin o'qituvchi hamma talabalarga alohida, quyidagicha yo'llanma beriladi:

1. Ish rejasi mavjudligi.
2. Berilgan mavzu bo'yicha adabiyotlar sharhi.
3. Tajriba uslubi.
4. Zarur asbob-uskunalar va ular bilan ishlash tartibi.
5. Ishni bajarish vaqtida texnika xavfsizligiga rioya qilish qoidalari.

6. Aniq natijalar olish shart-sharoitini ta'minlash; xatolarni aniqlash.

7. Analiz natijalarini umumlashtirish va tavsiyalarni ishlab chiqish.

Mustaqil ish natijalari ma'ruza, referat, virtual stend, elektron ko'rgazma ko'rinishida rasmiylashtirilib guruhda, kursda, fakultet talabalari kengashida himoya qilinadi.

Yaxshi bajarilgan mustaqil ish institut talabalari anjumaniga tavsiya qilinib, o'zi kafedraning ilmiy tekshirish ishlariga jalb qilinadi.

## **12.2. Mustaqil ishlarga oid mavzular**

1. Moddani analiz qilishning umumiy tartibi (kation va anionlarni topish).

2. Texnik osh tuzi tarkibini kislota-asosli usul bilan tahlil qilish.

3. Kationlar aralashmasini vodorod sulfidli usul bilan analiz qilish tartibi.

4. Kationlar aralashmasini ammiak-fosfatli usul bilan tahlil qilish.

5. Bufer eritmalarni tayyorlash va ulardan analizda foydalanish.

6. Bufer eritmalarning pH va pOH ini hisoblashga doir masalalar yechish.

7. Sifat analizida organik reagentlardan foydalanish.

8. Miqdoriy analizda yo'l qo'yiladigan xatolar va ularni kamaytirish yo'llari.

9. Texnik osh tuzi tarkibidagi NaCl ning miqdorini argentometrik usulda aniqlash.

10. Hajmiy analizdagi hisoblashlarga doir masalalar yechish.

11. Permanganatometrik usulning mohiyati va uni qo'llashga doir misollar.

12. Yodometrik analiz usulining mohiyati va uni qo'llashga doir misollar.

13. Analizning fizik-kimyoviy usullariga umumiy tavsif.



14. Ichimlik suvi tarkibidagi temir (III) miqdorini potensio-  
metrik usulda aniqlash.

15. Nonning kislotaliligini potensiomertik usulda aniqlash.

**1-mavzu. Moddani analiz qilishning umumiy tartibi (kation va  
anionlarni topish)**

Reja:

1. Dastlabki kuzatish.
2. Moddani analizga tayyorlash.
3. Dastlabki tekshirish.
4. Kationlarni topish.
5. Anionlarni topish.
6. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *V.N.Alekseyev*. Yarim mikrometod bilan qilinadigan ximiyaviy sifat analizi. – T., «O‘qituvchi», 1976, 595–613-b.

2. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O‘zbekiston», 2003, 5–144-b.

**2- mavzu. Texnik osh tuzi tarkibini kislota-asosli usul bilan  
tahlil qilish**

Reja:

1. Namuna olish.
2. Dastlabki kuzatishlar.
3. Dastlabki tekshirishlar.
4. Analiz usulini tanlash.
5. Kationlarni topish.
6. Anionlarni topish.
7. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. — T., «O‘zbekiston», 2003, 5–144-b.

2. *M.T.G‘ulomova*. Analitik kimyo, kationlarning sifat analizi usullari. — T., 2006, 27-b.

### **3- mavzu. Kationlar aralashmasini vodorod sulfidli usul bilan analiz qilish tartibi**

Reja:

1. Kationlarni guruhlariga turkumlash.
2. Namuna olish.
3. Dastlabki kuzatishlar.
4. Guruh reagentlarining ta’siri.
5. Aralashmadagi har bir kationga xos xususiy reaksiyalar.
6. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *V.N.Alekseyev*. Yarim mikrometod bilan qilinadigan ximi-yaviy sifat analizi. — T., «O‘qituvchi», 1976, 25–500-b.

2. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. — T., «O‘zbekiston», 2003, 5–144-b.

### **4- mavzu. Kationlar aralashmasini ammiak-fosfatli usul bilan tahlil qilish**

Reja:

1. Kationlarni guruhlariga turkumlash.
2. Namuna olish.
3. Dastlabki kuzatishlar.
4. Guruh reagentlarining ta’siri.
5. Aralashmadagi har bir kationga xos xususiy reaksiyalar.
6. Aralashmadagi kationlarni sistematik tahlil qilish.
7. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G'.G'ulom» NMIU, 2004, 158–161-b.

2. *M.T.G'ulomova*. Analitik kimyo, kationlarning sifat analizi usullari. – T., 2006, 27-b.

### **5- mavzu. Bufer eritmalarni tayyorlash va ulardan analizda foydalanish**

Reja:

1. Bufer eritmalar.
2. Bufer sig'imi.
3. Bufer eritmalarning ta'sir mexanizmi.
4. Bufer eritmalarni tayyorlash usullari.
5. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O'zbekiston», 2003, 37-b.

2. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G'.G'ulom» NMIU, 2004, 34–45-b..

### **6- mavzu. Bufer eritmalarni pH va pOH ini hisoblashga doir masalalar yechish**

Har xil 20 ta masalani ishlanish tartibini ko'rsatib berishi kerak.

Adabiyotlar:

1. *Sh.T. Tolipov, H.Sh. Husainov*. Analitik ximiyadan masalalar to'plami. – T., «O'qituvchi», 1984.

### **7- mavzu. Sifat analizida organik reagentlardan foydalanish**

Reja:

1. Miqdoriy analizda yo'l qo'yiladigan xatolarning turlari.
2. Xatolarning sodir bo'lish sabablari.

3. Xatolarning oldini olish usullari.
4. Matematik statistikadan foydalanish.
5. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *Sh.N. Nazarov, Z.A. Aminov.* Analitik kimyo. – T., «O‘qituvchi», 1984, 205-b.
2. *M.T. G‘ulomova.* Analitik kimyo. Miqdoriy analizda uslubiy ko‘rsatmalar. – T., 2000, 73-b.

**8- mavzu. Miqdoriy analizda yo‘l qo‘yiladigan xatolar va ularni kamaytirish usullari. Oziq-ovqat mahsulotlari (non, bug‘doy)ning namligini aniqlash**

Reja:

1. Kirish.
2. Namuna olish.
3. Namunani quritish, tortish.
4. Analiz natijalarini hisoblash.
5. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *M.S. Mirkomilova.* Analitik kimyo. – T. «O‘zbekiston», 2003, 156–178-b.
2. *K.R. Rasulov.* Analitik kimyo. – T., «G‘.G‘ulom» NMIU, 2004, 351–373-b.
3. *R.A. Haitov va boshqalar.* Don va don mahsulotlarining sifatini baholash hamda nazorat qilish. – T., «Universitet», 2000, 79–90-b.

**9- mavzu. Texnik osh tuzi tarkibidagi NaCl ning miqdorini argenometrik usulda aniqlash**

Reja:

1. Argenometrik usulning mohiyati.
2. Ishchi eritmalarni tayyorlash.

3. Ekvivalent nuqtani aniqlash usullari.
4. Analiz natijalarini hisoblash.
5. Xulosa.

**Adabiyotlar:**

1. *M.S. Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O‘zbekiston», 2003, 264-b.
2. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G‘.G‘ulom» NMIU, 2004, 274-b.

**10- mavzu. Hajmiy analizdagi hisoblashlarga doir masalalar yechish**

**Reja:**

1. Eritma konsentratsiyasini ifodalash usullari
2. Kislota-asosli titrlashda kislota yoki asosning miqdorini aniqlash.
3. Titrlashda eritma pH ini hisoblash, titrlash egri chizig‘ini chizib, ekvivalent nuqtani aniqlash.
4. Titrlash jarayonida oksidlanish-qaytarilish potensialini hisoblash, titrlash egri chizig‘ini chizib, ekvivalent nuqtani aniqlash.
5. Xulosa.

**Adabiyotlar:**

1. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G‘.G‘ulom» NMIU, 2004, 385–395-b.
2. *M.S. Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O‘zbekiston», 2003, 185–194, 199–212-b.

**11- mavzu. Permanganatometrik usulning mohiyati va uni qo‘llashga doir misollar**

**Reja:**

1. Permanganatometrik usulning mohiyatini bayon etish.
2. Ishchi eritmalarni tayyorlash.
3. Ekvivalent nuqtani aniqlash.

4. Titrlashga doir tajriba mashg'ulotlari.
5. Permanganometrik usulning afzalligi va kamchiliklari.
6. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G'.G'ulom» NMIU, 2004, 448–455-b.
2. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O'zbekiston», 2003, 235–245-b.

### **12- mavzu. Yodometrik analiz usulining mohiyati va uni qo'llashga doir misollar**

Reja:

1. Yodometrik analiz usulining mohiyati.
2. Ishchi eritmalarini tayyorlash.
3. Ekvivalent nuqtani aniqlash.
4. Titrlashga doir tajriba mashg'ulotlari.
5. Yodometrik usulning afzallik va kamchiliklari.
6. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *M.S.Mirkomilova*. Analitik kimyo. – T., «O'zbekiston», 2003, 245–250-b.
2. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G'.G'ulom» NMIU, 2004, 456–464-b.

### **13- mavzu. Analizning fizik-kimyoviy usullariga tavsif**

Reja:

1. Fizik-kimyoviy analiz usullarining turlari.
2. Fizik-kimyoviy analiz usullarining mohiyati.
3. Fizik-kimyoviy analiz usullarining qo'llanilishi.
4. Fizik-kimyoviy analiz usullarining afzalliklari.
5. Fizik-kimyoviy analiz usullarining kamchiliklari.
6. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *O. Fayzullayev*. Analitik kimyo. – T., «Yangi asr avlodi», 2006, 5–11, 239–453-b.
2. *M.S. Mirkomilova*. Analitik kimyo. –T., «O‘zbekiston», 2003, 248–422-b.
3. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G‘.G‘ulom» NMIU, 2004, 504–511-b.

**14- mavzu. Ichimlik suvi tarkibidagi temir (III) miqdorini potensimetrik usulda aniqlash**

Reja:

I. Kirish.

1.1. Suvning fizik-kimyoviy xossalari.

1.2. Suvning tarkibi.

II. Tajriba qismi.

2.1. Eritmalarni tayyorlash.

2.2. Darajalash chizig‘ini chizish.

2.3. Har xil ichimlik suvlari tarkibidagi temir miqdorini aniqlash.

III. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *Q. Ahmedov, A. Jalolov, K. Sayfutdinov*. Umumiy va anorganik kimyo. – T., «O‘zbekiston», 2006, 362–365-b.
2. *K.R. Rasulov*. Analitik kimyo. – T., «G‘.G‘ulom» NMIU, 2004, 511–521-b.
3. *Я.И. Коренман*. Практикум по аналитической химии. – Воронеж, 1989, 12–14-b.

**15- mavzu. Nonning kislotaliligini potensimetrik usulda aniqlash**

Reja:

I. Kirish.

1.1. Nonning kimyoviy tarkibi.

1.2. Non turlari.

II. Tajriba qismi.

2.1. Eritmalarni tayyorlash.

2.2. Elektrodni darajalash.

2.3. Potensiometrik titrlash.

2.4. Olingan natijalarni hisoblash.

III. Xulosa.

Adabiyotlar:

1. *M.G. Vasiyeva, M.A. Vasiyeva, X.J. Ilalov, M.A. Saidxo'jayeva.* Non mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasi. – T., «Mehnat», 2002, 224-b.

2. *Л.И.Пучкова.* Лабораторный практикум по хлебопекарному производству. – М., «Высшая школа», 1982, 118–123-b.

### **12.3. Mustaqil ishlarni rasmiylashtirish tartibiga doir namunalar**

#### **Analitik guruh kationlarining vodorod sulfidli usulda turkumlanishi**

Reja:

1. Guruh reagenti.

2. Vodorod sulfidli usul.

3. Birinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif.

4. Ikkinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif.

5. Uchinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif.

6. To'rtinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif.

7. Beshinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif.

8. Vodorod sulfidli usulning kamchiliklari.

9. Xulosa.

#### **Guruh reagenti**

Sistemali analiz qilishda ionlar murakkab aralashmadan 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 reagentiga quyidagi talablar qo'yiladi:

- kationlarni amalda to'liq cho'ktirishi;
- keyingi analizlarni o'tkazish uchun hosil bo'lgan cho'kma kislotalarda oson eriydigan bo'lishi;
- ortiqcha qo'shilgan reagent eritmada qolgan ionlarni to'pishga xalal bermasligi kerak.

Guruh reagentidan foydalanish analizni ancha yengillashtiradi. Kationlarning analitik guruhlariga bo'linishi ularning har xil anionlarga bo'lgan munosabatiga, ya'ni ular hosil qiladigan birikmalarning eruvchanligi turlicha bo'lishiga asoslangan. Kationlarni guruhlariga ajratishning ikkita: vodorod sulfidli va vodorod sulfidsiz usuli qabul qilingan.

### Vodorod sulfidli usul

Bu usulni 1871-yilda N.A.Menshutkin taklif qilgan. Bu usul uzoq yillar davomida o'zgarib, takomillashib bordi. Unda kationlar 5 ta guruhga ajratilgan.

I guruh:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  kationlari – guruh reagentiga ega emas.

II guruh:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  kationlari – guruh reagenti ammoniy karbonat  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , ammiakli bufer eritma  $(\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl})$  ishtirokida, harorat esa  $70-80^\circ \text{C}$ .

III guruh:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  kationlari – guruh reagenti ammoniy sulfid  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , ammiakli bufer eritma  $(\text{NH}_4\text{OH}$  va  $\text{NH}_4\text{Cl})$  ishtirokida, harorat esa  $70-80^\circ \text{C}$ .

IV guruh:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  kationlari, I guruh reagenti kislotali muhitda vodorod sulfid  $\text{H}_2\text{S}$ ; ikkita guruhchaga bo'linadi: 1-guruhcha:  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ; 2- guruhcha:  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ .

V guruh:  $\text{Ag}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  kationlari, guruh reagenti xlorid kislotasi ( $\text{HCl}$ ).

### **Birinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi**

I analitik guruh kationlariga  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu ionlarning umumiy guruh reagenti yo'q.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Fr}^+$  lar uchun xos bo'lgan ko'pgina reagentlar bilan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari reaksiyaga kirmaydi. Shuning uchun birinchi analitik guruh kationlari ikkita guruhchaga bo'linadi, ya'ni  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  va  $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$  kabi reaktivlar bilan cho'kma beruvchi  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Cs}^+$  ionlari birinchi guruhchani tashkil qiladi; ikkinchi guruhchaga esa umumiy reagenti bo'lmagan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionlari kiradi.

I analitik guruh kationlarining ko'pgina birikmalari suvda yaxshi eriydi va rangsiz eritmalar hosil qiladi. Rangli eritmadagi birikmalariga xromatni (sariq), bixromatni (sarg'ish-qizil), manganatni (yashil), permanganatni (binafsharang), ferrosianatlarni (sariq va qizil) va geksakobaltatni (sariq) kiritish mumkin.

I guruh kationlarining  $\text{NH}_4^+$  dan boshqa barchasi oksidlovchilar va qaytaruvchilar ta'siriga chidamli,  $\text{NH}_4^+$  esa oksidlanish hossasiga ega.

### **Ikkinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif**

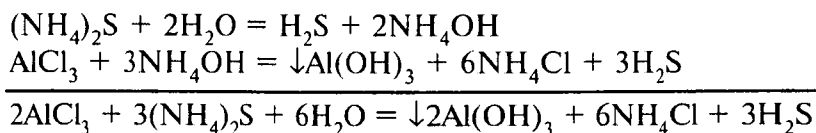
II analitik guruh kationlariga  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ra}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu kationlar I analitik guruh kationlaridan farq qilib, turli ionlar bilan birikib, suvda qiyin eriydigan tuzlar hosil qiladi. Masalan, II guruh kationlarining sulfatlari, fosfatlari, oksalatlar va karbonatlari suvda qiyin eriydi. II guruh kationlarini I analitik guruhi kationlaridan karbonatlar  $\text{CaSO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  holda ajratish qulay. Chunki olingan cho'kmani keyingi tahlillar uchun eritmaga oson o'tkazish mumkin. Shuning uchun II analitik guruhning umumiy reagenti sifatida ( $\text{pH}=9,2$ )  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ammony karbonat ishlatiladi.

II analitik guruh kationlarining sulfidlari ham I guruh kationlarining sulfidlari kabi suvda yaxshi eriydi. II guruh kationlari shu jihatdan III, IV, V analitik guruh kationlaridan farq qiladi.

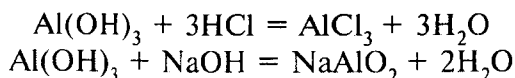
### Uchinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi

III analitik guruh kationlariga  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  ionlari kiradi. Bu guruh kationlari birinchi va ikkinchi analitik guruh kationlaridan tegishli sulfidlarining suvda erimasligi bilan farq qiladi. Lekin ularning sulfidlari suyultirilgan kislotalarda eriydi. Ularning IV va V guruh kationlaridan farqi ham shunda. III guruh kationlari bilan ishlanganda, ularning tuzlarining gidrolizi, gidroksidlarining amfoterligi, oksidlanish darajasining o'zgarishi kabi kimyoviy o'zgarishlarga duch kelish mumkin.

III guruh kationlari  $\text{pH} = 9,8$  bo'lganda ammoniyli bufer aralashma ishtirokida,  $t^{\circ}\text{C} = 60-70^{\circ}\text{C}$  da guruh reagenti  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ta'sirida cho'ktiriladi. Guruh kationlarining ko'pchiligi sulfidlar —  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{CoS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{ZnS}$  holida, aluminiy va xrom ionlari gidroksidlar —  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  ko'rinishida cho'kadi. Chunki  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  gidrolizlanishi natijasida hosil bo'ladigan  $\text{OH}^-$  ionlari konsentratsiyasi  $[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]^3 > EK_{\text{Al}(\text{OH})_3}$ ,  $[\text{Cr}^{3+}][\text{OH}^-]^3 > EK_{\text{Cr}(\text{OH})_3}$  bo'lishi uchun yetarli. Ana shuning uchun  $\text{Al}(\text{OH})_3$  va  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  cho'kmalari hosil bo'ladi. Masalan:

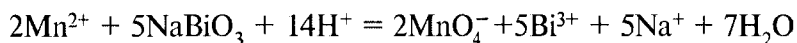
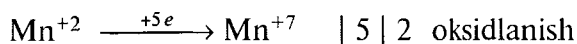
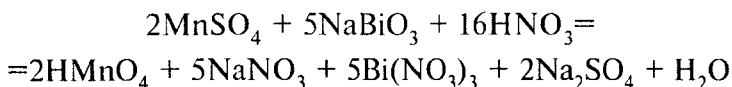


Hosil bo'lgan gidroksidlar ham asos, ham kislota xossasiga ega bo'lib, amfoter moddalar deyiladi:



Ularining bu xossasidan foydalanib kationlarni bir-biridan ajratish mumkin.

III guruh kationlari uchun muhim bir xossa – oksidlanish darajalarining o‘zgarishi, ularning bu xossalaridan foydalanib ham ayrim kationlarni ochish mumkin. Masalan:



Kompleks birikmalarning hosil bo‘lish reaksiyalaridan, uchinchi guruh kationlari uchun sezgir va xususiy reaksiyalar sifatida foydalanish mumkin. Masalan:  $\text{Fe}^{2+}$  ionini Turunbul ko‘ki  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  ionini Berlin lazuri  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  kompleks tuzlari ko‘rinishida aniqlanadi.

III guruh kationlari aralashmasining analizida ayrim reaksiyalarga xalal beruvchi ionlarni niqoblashda (kompleks birikmalar mavzusiga qarang) foydalaniladi.

### To‘rtinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif

IV analitik guruh kationlariga  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  ionlari kiradi. Bu kationlar kislotali muhitda ( $\text{pH}=0,5$ ) vodorod sulfid ta‘sirida sulfidlar holda cho‘kadi. Hosil bo‘lgan sulfidlar, elementlar o‘zlarining davriy sistemada joylashishiga qaramay, turli xossaga ega bo‘ladi. Shuning uchun ular ikki guruhga ajratiladi:

1-mis guruh chasi:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$  va boshqalar (bu guruhga kationlarning sulfidlari tarkibidagi elementlarning asosli xossalari ancha yuqori bo‘lgani uchun ishqorlarda erimaydi).

2-mishyak guruhchasi:  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$ . Bu guruh ionlarining sulfidlari ishqorlarda eriydi.  $Sn^{2+}$  kationi  $Sn^{4+}$  ga nisbatan asosli xususiyati ancha yuqori bo'lgani sababli boshqalardan ajralib turadi. Uning sulfidlari ishqorlar:  $Na_2S$  va  $(NH_4)_2S$  da erimaydi.

$SnS$  faqat ammoniy polisulfidida eriydi, chunki bunda  $Sn^{2+}$  ioni  $Sn^{4+}$  gacha oksidlanadi. Shuning uchun  $Sn^{4+}$  ni biror tegishli oksidlovchi ta'sirida oldindan  $Sn^{2+}$  gacha oksidlab olish mumkin.

### **Beshinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif**

V analitik guruh kationlariga  $Pb^{2+}$ ,  $[Hg_2]^{2+}$ ,  $Ag^+$  kiradi. Bu guruh kationlarining guruh reagenti 6 n HCl bo'lib, ular qiyin eruvchan hloridlarni hosil qiladi. Beshinchi guruh kationlari D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida to'rtinchi guruh kationlari joylashgan davr va guruhlarda joylashgan.

Bu kationlarning gidroksidlari qiyin eruvchan va kuchsiz elektrolitlardir. Qo'rg'oshin gidroksid amfoterlik xossasiga ega, kumush va simob (I) gidroksidlar nihoyatda beqaror birikmalar bo'lib, hosil bo'lish vaqtidayoq tegishli oksid va suvga parchalanadi. Qo'rg'oshin va simobning barcha eruvchan birikmalari zaharli.

### **Vodorod sulfidli usulning kamchiliklari**

Tarixiy sifat analizi usuli quyidagi kamchiliklarga ega:

1. Ayrim guruhlardagi kationlar hosil qilgan sulfidlarning eruvchanligi bir-biriga yaqin. Bu esa kationlarni ajratishni qiyinlashtirib, ularning qisman yo'qolishiga sabab bo'ladi.

Ayrim sulfidlarning eruvchanligi ularni qanday sharoitda vodorod sulfid bilan cho'ktirilganiga bog'liq. Ana shulardan biri CdS xona haroratida polimerlanadi, yuqori haroratda esa dissilanadi; ayrim sulfidlar esa kolloid holatga o'tadi. Bularning hammasi an'anaviy sxema bo'yicha analiz qilishni qiyinlashtiradi.

2. IV analitik guruh kationlari sulfidlariga  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$  bilan ishlov berish natijasida mis va simob kationlari qisman yo'qoladi. Bu kationlarni keyin aniqlashni qiyinlashtiradi.

3. Guruh reagenti sifatida ishlatiladigan vodorod sulfidli suv va ammoniy sulfid tarkibida ba'zan sulfat ionlari bo'lib qiyin eruvchan bariy, stronsiy va kalsiy sulfatlarni hosil qiladi. Natijada keyingi analizlarda bu kationlar umuman yo'qoladi.

4. IV analitik guruh kationlarining sulfidlar va oltingugurtli birikmalar ko'rinishida cho'ktirayotganda III analitik guruh kationlari ham birgalashib cho'kadi. Masalan, kaliy sulfid ma'lum miqdorda nikel va kobalt sulfid bilan, kadmiy sulfid esa rux sulfid bilan birgalashib cho'kadi, ularning hammasi rux va boshqa ionlarni aniqlashda xatolikka olib keladi.

5. IV analitik guruh kationlarining sulfidlarini  $\text{HNO}_3$  bilan eritish ko'pincha xatoliklarga olib keladi. Masalan, konsentrlangan  $\text{HNO}_3$  da sulfidlarni uzluksiz qizdirish natijasida ham sulfidlar bilan birga  $\text{HgS}$  ham eriydi,  $\text{PbS}$  esa  $\text{PbSO}_4$  gacha oksidlanadi, oxir-oqibat simob va qo'rg'oshin kationlari yo'qotiladi.

6. Eng oxirida o'rganiladigan I analitik guruh kationlarining miqdori, bir necha marta eritmani suyultirish natijasida kamayib qoladi. Bundan tashqari  $\text{S}^{-2}$  ning  $\text{SO}_4^{2-}$  gacha oksidlanishi sababli II guruh kationlari bilan kaliy va natriy birikmalari birgalashib cho'kadi.

7. Vodorod sulfidli usul bilan ishlashda reaksiyalarni aniq sharoitda olib borish shartlariga amal qilish kerak.

8. Vodorod sulfid zaharli, shuning uchun analizlar yuqori quvvatli mo'rili shkaflarda bajarilishi kerak.

## Xulosa

Mustaqil ta'lim yuzasidan bajarilgan ishda guruh reagenti va unga qo'yiladigan talablar, vodorod sulfidli usulda kationlarning turkumlanishi, har bir guruh kationlariga umumiy tavsif, vodorod sulfidli usulning kamchiliklari ko'rsatilgan.

Adabiyotlar:

1. *V.N. Alekseyev*. Yarim mikrometod bilan qilinadigan ximiya-  
viy sifat analizi. – T., «O‘qituvchi», 1976, 623-b.
  2. *V.D. Пономарьев*. Аналитическая химия. 1-часть. –  
M., «Высшая школа», 1982, 394 с.
  3. *A.G. Воскресеньский, И.С. Солодкин*. Практическое  
руководство по качественному полимикрoанализу. – M.,  
«Просвещение», 1968, 135 с.
  4. Бессероводородные методы качественного полимик-  
роанализа. Под редакцией проф. *A.П. Крешкова*. – M.,  
«Высшая школа», 1979, 271 с.
-

### 13- mavzu. TEZKOR NAZORAT

#### 1. Analitik kimyo fani nimani o'rganadi?

- A) moddalar tarkibini analiz qilishni;
- B) moddalar tarkibini identifikatsiyalashni;
- C) moddalarning sifati va miqdori tarkibini;
- D) moddalarning sifat va miqdori tarkibini analiz qilish usullari va ularni nazariy asoslarini.

#### 2. Analitik reaksiyalar deb qanday reaksiyalarga aytiladi?

- A) reaksiya natijasida cho'kma hosil bo'lib, gaz ajralib chiqadigan;
- B) reaksiya natijasida rangli eritma hosil bo'ladigan;
- C) oxirigacha boradigan reaksiyalar;
- D) A, B javoblar to'g'ri.

#### 3. Analitik effekt nima?

- A) reaksiya natijasida yangi moddaning hosil bo'lishi;
- B) reaksiyaning ketma-ket borishi;
- C) reaksiya vaqtida issiqlik ajralib chiqishi;
- D) reaksiya natijasida cho'kma tushishi, gaz ajralishi, eritma rangining o'zgarishi.

#### 4. Analitik reaksiyalarning borishiga qanday omillar ta'sir qiladi?

- A) eritma muhitining o'zgarishi;
- B) eritma haroratining o'zgarishi;
- C) reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi;
- D) pH, harorat, konsentratsiya, tashqi ta'sir.

#### 5. Seziluvchan reaksiya deb nimaga aytiladi?

- A) topiladigan ionning konsentratsiyasi nihoyatda oz bo'lsa ham cho'kma hosil bo'ladigan reaksiyalar;



- B) vaqt o'tishi bilan eritma rangining o'zgarishi bilan boradigan reaksiyalar;
- C) juda katta tezlik bilan boradigan reaksiyalar;
- D) har qanday ionni ham topish mumkin bo'lgan reaksiyalar.

**6. I analitik guruh kationlarining guruh reagentini ko'rsating:**

- A)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- B)  $\text{NH}_4\text{OH}$ ;
- C)  $\text{HCl}$ ;
- D) guruh reagentga ega emas.

**7. Ionlar klassifikatsiyasi nimaga asoslangan?**

- A) guruh reagentlarining analiz qilinadigan aralashmaga birin-ketin qo'shishga asoslangan;
- B) guruh reagentlari ta'sirida ionlarning qiyin eriydigan birikmalar hosil qilishiga asoslangan;
- C) elementlarning D.I.Mendeleyevning davriy sistemasida joylashgan o'rniga asoslangan;
- D) ion zaryadining uning radiusiga nisbati bilan aniqlanadigan ionlanish potentsiali qiymatiga asoslangan.

**8. Sifat analizida qanday reaksiyalardan foydalanish mumkin?**

- A) kimyoviy tarkibi va tuzilishi o'zgarishi bilan boradigan reaksiyalar;
- B) sezgir, o'ziga xos va reaksiya natijasida cho'kma, gaz, kompleks birikmalar hosil bo'lishiga asoslangan reaksiya;
- C) aniqlanadigan ion bilan xarakterli birikmalar hosil bo'lishi bilan boradigan reaksiyalar;
- D) kompleks hosil bo'lish, oksidlanish-qaytarilish, ion almashinish reaksiyalari.

**9. Kam eruvchan birikmalarning eruvchanligiga qanday omillar ta'sir qiladi?**

- A) T, pH, cho'ktiruvchining ortiqcha miqdori, bir ismli ion;
- B) oksidlovchi va qaytaruvchilar;
- C) kislota, ishqor va kompleks hosil qiluvchi reagentlar.
- D) erituvchining kimyoviy tabiati va cho'ktiruvchining miqdori.

**10. Ammoniy kationini ochishda ishlatiladigan reagentni ko'rsating:**

- A)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;                      C)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  
B)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ;                D)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ .

**11.  $\text{Ba}^{+2}$  ioniga xos xususiy reaksiyani ko'rsating:**

- A)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{NaNO}_3$  ;  
B)  $\text{BaCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{Cl}$  ;  
C)  $2\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BaCrO}_4 + 2\text{KCl} + 2\text{HCl}$  ;  
D)  $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{BaHPO}_4 + \text{CH}_3\text{COONa}$  .

**12. Kimyoviy reaksiya tezligi nima?**

- A) eritma tarkibining o'zgarishi;  
B) vaqt birligi ichida eritma haroratining o'zgarishi;  
C) vaqt birligi ichida eritma konsentratsiyasining o'zgarishi;  
D) vaqt birligi ichida eritma rangining o'zgarishi.

**13. Kimyoviy reaksiya tezligiga qanday omillar ta'sir qiladi?**

- A) moddalarning tabiati, katalizator;  
B) tashqi ta'sir, bosim, idishning shakli;  
C) binoning tebranishi, katalizatorning bor-yo'qligi;  
D) harorat, bosim, katalizator, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi.

**14. Muvozanat doimiyligining qanday qiymatida to'g'ri reaksiya katta tezlik bilan boradi?**

- A)  $K > 0$ ;                                      C)  $K \geq 0$ ;  
B)  $K < 0$ ;                                      D)  $K = 0$ .

**15. Dissotsilanish doimiyligi darajasining qiymati nimalarga bog'liq?**

- A) erituvchining tabiatiga;  
B) haroratga;  
C) eritmaning konsentratsiyasiga;  
D) erituvchiniing tabiatiga, haroratga, eritma konsentratsiyasiga.



**23. Quyidagi tuzlardan qaysi biri anion bo'yicha gidrolizga uchraydi?**

- A)  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ ;                      C)  $\text{AlCl}_3$ ;  
B)  $\text{CH}_3\text{CONH}_4$ ;                      D)  $\text{Na}_2\text{S}$ .

**24. Quyidagi tuzlardan qaysi biri ham anion, ham kation bo'yicha gidrolizga uchraydi?**

- A)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;                      C)  $\text{KCN}$ ;  
B)  $\text{MgCl}_2$ ;                      D)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

**25. Gidroliz darajasiga qanday omillar ta'sir qiladi?**

- A) tuzning konsentratsiyasi;  
B) eritma harorati;  
C) gidroliz natijasida hosil bo'lgan kislota va asosning tabiati;  
D) tuz konsentratsiyasi, harorat, hosil bo'lgan kislota va asosning tabiati.

**26. Gidrolizni qanday yo'l bilan kuchaytirish yoki susaytirish mumkin?**

- A) eritmaga boshqa gidrolizga uchraydigan biror tuz, kislota yoki ishqorni qo'shib;  
B) tuz eritmasining konsentratsiyasini o'zgartirib;  
C) bosimni o'zgartirib;  
D) tuz konsentratsiyasi, haroratni o'zgartirib va boshqa elektrolit qo'shib.

**27. Amfoter elektrolitlar deb qanday elektrolitlarga aytiladi?**

- A) oksidlanish xossasini namoyon etadigan;  
B) kislotalik xossasini namoyon etadigan;  
C) eruvchanlik xossasini namoyon etadigan;  
D) kislota-asosli xossani namoyon etadigan.

**28. Amfoter elektrolitlar qatorini ko'rsating.**

- A)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ;  
B)  $\text{CaOH}$ ,  $\text{ZnOH}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ;

- C)  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ;  
D)  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$ .

**29. II guruh kationlari qanday sharoitda cho'ktiriladi?**

- A)  $\text{pH} = 9,8$ ,  $t = 80^\circ\text{C}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  
B)  $\text{pH} = 10$ ,  $t = 70^\circ\text{C}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  
C)  $\text{pH} = 7$ ,  $t = 80^\circ\text{C}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  
D)  $\text{pH} = 9,2$ ,  $t = 80^\circ\text{C}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

**30. Quyidagilardan qaysi biri II guruh kationlariga guruh reagenti bo'la oladi?**

- A)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  
B)  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ;  
C)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  
D)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .

**31.  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  aralashmasiga ta'sir ettirilganda qaysi ion to'liq cho'kadi?**

- A)  $E_{\text{K}_{\text{Ba}(\text{PO}_4)_2}} = 6,03 \cdot 10^{-39}$ ;  
B)  $E_{\text{K}_{\text{FePO}_4}} = 1,1 \cdot 10^{-22}$ ;  
C)  $E_{\text{K}_{\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2}} = 1,0 \cdot 10^{-31}$ ;  
D)  $E_{\text{K}_{\text{Ca}(\text{PO}_4)_2}} = 2,0 \cdot 10^{-29}$ .

**32. Cho'kma sirtidagi eritmada qaysi modda kationining molyar konsentratsiyasi eng ko'p bo'ladi?**

- A)  $E_{\text{K}_{\text{PbCO}_3}} = 7,5 \cdot 10^{-14}$ ;  
B)  $E_{\text{K}_{\text{MgCO}_3}} = 1,8 \cdot 10^{-11}$ ;  
C)  $E_{\text{K}_{\text{NiCO}_3}} = 1,3 \cdot 10^{-7}$ ;  
D)  $E_{\text{K}_{\text{CdCO}_3}} = 5,2 \cdot 10^{-12}$ .

**33. Konduktometrik titrlash usuli asosida qanday bog'lanish yotadi?**

- A) tok kuchi – titrant hajmi;  
B) aniqlanadigan ionning harakatchanligi – eritmaning ekvivalentli elektr o'tkazuvchanligi;  
C) aniqlanadigan ionning konsentratsiyasi – eritmadagi elektr tokining qarshiligi;  
D) solishtirma elektr o'tkazuvchanlik – titrant hajmi.

**34. Keltirilgan moddalardan qaysi biri konduktometrik usul bilan analiz qilinadi?**

- A) rangsiz, bo'yalgan va loyqa elektrolit eritmaları;
- B) elektrolit va noelektrolit aralashmasi;
- C) kislota-asos, tuzlar aralashmasi;
- D) ko'p komponentli organik kislotalarning aralashmasi.

**35. Elektrolit eritmalarining solishtirma elektr o'tkazuvchanligiga qanday omillar ta'sir qiladi?**

- A) elektrodning sirt yuzasi va ular orasida masofa xuddi shunday bo'lgan elektrolitlar konsentratsiyasi;
- B) konduktometrlarning sezgirligi va o'lchaydigan yacheykalar konstantasi;
- C) eritmadagi elektrolitlar konsentratsiyasi;
- D) elektrolitlarning dissotsilanish konstantasining kattaligi.

**36. HCl bilan konduktometrik titrlashda qaysi aralashmadan 2 ta komponentning miqdorini aniqlash mumkin?**

- A)  $\text{KOH} + \text{NH}_4\text{OH}$ ;
- B)  $\text{NaOH} + \text{KOH}$ ;
- C)  $\text{KOH} + \text{NaCl}$ ;
- D)  $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_3$ .

**37. Ionometriya nimaga asoslanadi?**

- A) ionosektiv elektrodning potensial qiymati analiz qilinadigan eritmadagi ionlar aktivligi bog'liqligiga;
- B) elektrodlar sirtida boradigan ion almashinish reaksiyalariga;
- C)  $T = \text{const}$  bo'lganda indikator va solishtirma elektrodlar orasidagi potensial farqini o'lchashga;
- D) analiz qilinadigan eritmadagi ionosektiv va membrana elektrodleri sirtidagi membrana potensialini o'lchashga.

**38. Suvli eritmada nitrat ionining aktivligini aniqlash uchun qaysi elektrod jufti ishlatiladi?**

- A)  $\text{pNO}_3 - \text{Ag}|\text{Ag}$ , to'yingan  $\text{KCl}$ ;
- B)  $\text{pNO}_3 - \text{standart vodorod elektrod}$ ;

- C) xingidron-to'yingan kalomel elektrod;  
D)  $pK_3 - Ag|AgCl|pK - Ag|AgCl$ , to'yingan KCl.

**39. Nerst tenglamasi bilan qanday bog'lanish ifodalanadi?**

- A) galvanik elementning EYK i elektrodlar sirtida boradigan reaksiyalarda ishtirok etgan moddalarning aktivligi va konsentratsiyasi;  
B) ionoselektivli elektrod potensialining qiymati aniqlanadigan ion konsentratsiyasiga;  
C) redoksimetrik elektrod potentsiali qiymatining oksidlovchi va qaytaruvchi konsentratsiyalarning nisbatiga va haroratga;  
D) sistemaning EYK i potentsial qiymatining oksidlanish-qaytarilish jufti konsentratsiyasiga.

**40. Elektrod nima?**

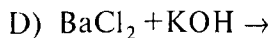
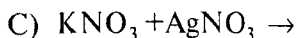
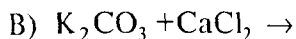
- A) bir necha fazalardan iborat bo'lib, fazalar sirtida potentsial sakramani hosil qiladigan qurilma;  
B) har xil potentsial qiymatga ega bo'lgan bir necha fazadan iborat sistema;  
C) biror elektrolit eritmasiga tushirilgan sirti qiyin eruvchan tuz bilan qoplangan metall plastinka;  
D) bir necha fazalardan iborat bo'lgan, fazalar sirtida potentsial sakramani hosil qiladigan eritma va unga tushirilgan metall plastinka.

**41. Elektrodlar qanday sinflanadi?**

- A) ion va elektron almashinish mexanizmi (elektrokimyoviy reaksiyalar turlari) bo'yicha.  
B) ishlatilishiga ko'ra (indikatorli va solishtirma), agregat holatiga ko'ra, boradigan reaksiyaga ko'ra;  
C) elektrokimyoviy reaksiyalarda qatnashadigan ionlarning mollar soni va oksidlanish darajasi bo'yicha;  
D) sirt fazolar chegarasida boradigan elektrokimyoviy reaksiyalarda qatnashadigan elektronlar yoki ionlar soni bilan.







**49. Konsentrlangan nitrat kislota qaysi moddalar bilan reaksiyaga kirishmaydi?**

1) Mg; 2) Cu; 3) Al; 4)  $SiO_2$ .

A) 1,2; B) 1,3; C) 1,4; D) 3,4.

**50. 2 mol ohaktoshni qizdirib parchalab, n.sh.da necha litr karbonat angidrid olish mumkin?**

A) 22,0; B) 33,6; C) 11,2; D) 44,8.

**51. 0,5 litr suvda 500 g kaliy nitrat eritilgan bo'lsa, eritmaning protsent konsentratsiyasini aniqlang:**

A) 50 %; B) 30 %; C) 40 %; D) 45 %.

**52. Massasi 200 g bo'lgan 30 % li kaliy nitrat eritmasini tayyorlash uchun qancha suv (g) kerak bo'ladi?**

A) 150; B) 140; C) 130; D) 160.

**53. Eritmaning titri nima?**

A) 1 litr eritmada bo'lgan modda miqdori;

B) 1  $sm^2$  eritmada bo'lgan modda miqdori;

C) 1 ml eritmada bo'lgan moddaning gramm miqdori;

D) 0,1 ml eritmada bo'lgan modda miqdori.

**54. HCl ning NaOH bo'yicha titri 0,0040 g/ml nimani bildiradi?**

A) 10 ml HCl 0,0040 g NaOH bilan to'liq neytrallanadi;

B) 0,1 ml HCl 0,0040 g NaOH bilan to'liq neytrallanadi;

C) 100 ml HCl 0,0040 g NaOH bilan to'liq neytrallanadi;

D) 1 ml HCl 0,0040 g NaOH bilan to'liq neytrallanadi.

**55. Kislota-asosli titrlashda qanday indikatorlar ishlatiladi?**

- A) metiloranj, metil qizil, fenolftalein;
- B) timol ko'ki, fenolftalein, ferrotsen;
- C) fenolftalein, mureksid, timolftalein;
- D) metil qizil, qora erioxrom, lakmus.

**56. Qachon titrlash sakramasi (delta pH) katta bo'ladi?**

- A) 0,1 n KOH ni 0,1 n  $H_2C_2O_4$  bilan titrlashda;
- B) 0,01 n KOH ni 0,2 n  $CH_3COOH$  bilan titrlashda;
- C) 0,1 n NaOH ni 0,01 n  $H_2SO_4$  bilan titrlashda;
- D) 0,01 n  $NH_4OH$  ni 0,01 n  $H_2SO_4$  bilan titrlashda.

**57. 50 ml suvda 0,49 g eritildi, eritmaning titri qanchaga teng?**

- A) 0,98 g/ml;
- B) 0,049 g/ml;
- C) 0,125 g/ml;
- D) 0,0098 g/ml.

**58. Permanganometrik titrlashda qanday indikator ishlatiladi?**

- A) fenolftalein;
- B) metiloranj;
- C) indikatorsiz;
- D) mureksiz.

**59. Kislotali muhitda kaliy permanganat nechta elektron qabul qiladi?**

- A) 2;
- B) 3;
- C) 5;
- D) 6.

**60. Qaysi oksidlanish-qaytarilish turi kuchli oksidlovchi hisoblanadi?**

- A)  $MnO_4^-/Mn_2^+ [E^0 = +0,59 V]$ ;
- B)  $MnO_4^-/Mn^{2+} [E^0 = +1,51 V]$ ;
- C)  $Fe^{3+}/Fe^{2+} [E^0 = +0,77 V]$ ;
- D)  $J_2/2J^- [E^0 = +0,54 V]$ .

**61. Qaysi omil oksidlovchi-qaytaruvchining oksidlanish-qaytarilish xususiyatining miqdoriy o'lchovi hisoblanadi?**

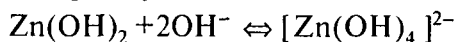
- A) eritma;
- B) harorat;

- C) oksidlovchi-qaytaruvchi konsratsiyasi;  
D) standart oksidlanish-qaytarilish potensialining qiymati.

**62. Oksalat kislotani kislotali muhitda qaysi ion qaytara oladi?**

- A)  $\text{Cr}^{3+} \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$  [ $E^\circ = -0,41 \text{ V}$ ];  
B)  $\text{Mn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Mn}^0$  [ $E^\circ = -1,19 \text{ V}$ ];  
C)  $\text{Al}^{3+} \rightleftharpoons \text{Al}^0$  [ $E^\circ = -1,66 \text{ V}$ ];  
D)  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$  [ $E^\circ = -1,51 \text{ V}$ ].

**63. Qanday sharoitda cho'kma to'liq eriydi?**



- A) kuchli ishqoriy muhitda qizdirib;  
B) kuchsiz ishqoriy muhitda sovitib;  
C) kuchli ishqoriy muhitda sovitib;  
D) kuchsiz ishqoriy muhitda qizdirib.

**64. Qaysi elektrolitning 0,1 m eritmasining pH i katta?**

- A) KOH; B)  $\text{HNO}_3$ ; C)  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; D)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

**65. pH=4 bo'lgan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  [ $K=1,7 \cdot 10^{-5}=10^{-5}$ ] kislotaning molyar konsratsiyasi qanchaga teng?**

- A)  $0,588 \cdot 10^{-3}$ ; C)  $58,8 \cdot 10^{-3}$ ;  
B)  $6,78 \cdot 10^{-2}$ ; D)  $60,3 \cdot 10^{-3}$ .

**66.  $\text{Ni(OH)}_2$  cho'kmasi qaysi reagentda eriydi?**

- A) [ $K_{\text{Ni(OH)}_2} = 2,0 \cdot 10^{-15}$ ]; C)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  
B) NaOH; D)  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

**67. Kompleksonometrik titrlash nimaga asoslangan?**

- A) kompleks hosil qilish reaksiyasiga;  
B) stexonometrik ravishda Trilon-B bilan aniqlanadigan ion orasida boradigan reaksiyaga;  
C) kam dissotsilangan suvga eruvchan ichki kompleks tuzlar hosil qilish reaksiyasiga;  
D) aniqlanadigan ion bilan kompleks ion orasida donor-akseptor bog' hosil qiladigan reaksiyaga.

**68. Qaysi ionlarni kompleksometrik titrlash usuli bilan aniqlash mumkin?**

- A)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}^+$ ;
- B)  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ;
- C)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ;
- D)  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{J}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

**69. Titrometrik usulda kompleks sonlar qachon ishlatiladi?**

- A) ko'p kation va anionlarni titrometrik aniqlashda;
- B) titrometrik aniqlashda xalaqit beradigan ionlarni niqoblashda;
- C) ko'pgina asoslarni titrimetrik aniqlashda;
- D) kationlar aralashmasini titrlashda.

**70. Kompleksonometrik titrlashda ishlatiladigan metall indikator qanday talabga javob berishi kerak?**

- A) indikator aniqlanadigan kation bilan kompleks songa nisbatan beqaror kompleks birikma hosil qilishi kerak;
- B) indikator aniqlanadigan kation bilan kompleks songa nisbatan barqaror kompleks birikma hosil qilishi kerak;
- C) indikator metall ioni bilan ekvivalent nuqtagacha parchalanmaydigan barqaror kompleks hosil qilishi kerak;
- D) indikator bilan titrant hosil qilgan komplekslarni barqarorlik konstansining qiymati bir xil bo'lishi kerak.

**71. Suvning qattiqligi qanday birliklarda o'lchanadi?**

- A) % da;
- B) mol/l da;
- C) mg-ekv  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{Mg}^{2+}$  1 litr suvda;
- D) g/l da.

**72. Kompleksonometrik titrlashda qanday indikatorlar ishlatiladi?**

- A) qora erioxrom-T, mureksid;
- B) nitroxromaza, ferroin;
- C) alizarin, ningidrin;
- D) qora erioxrom va metiloranj.

73. Qaysi reaksiya asosida tegishli sharoitda eritmadan  $Ba^{2+}$  ni to'la cho'ktirish mumkin?

- A)  $Ba^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow BaC_2O_4$ ;  $EK = 1,1 \cdot 10^{-7}$ ;
- B)  $Ba^{2+} + MoO_4^{2-} \rightarrow BaMoO_4$ ;  $EK = 4 \cdot 10^{-8}$ ;
- C)  $Ba^{2+} + 2MoO_4^- \rightarrow Ba(MoO_4)_2$ ;  $EK = 2,5 \cdot 10^{-10}$ ;
- D)  $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$ ;  $EK = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ;

74. To'la cho'kishga qanday omillar ta'sir qiladi?

- A) eritma konsentratsiyasining ta'siri;
- B) cho'ktiruvchi miqdorining ta'siri;
- C) bir ismli ionning ta'siri;
- D) eritma konsentratsiyasi, harorat, cho'ktiruvchining miqdori.

75. Tuz effektiga qaysi tuzlar qo'shilganida  $AgCl$  eruvchanligi ortadi?

- A)  $K_2SO_4$ ; B)  $MgCl_2$ ; C)  $FeSO_4$ ; D)  $NH_4Cl$ .

76. Kompleks birikmalarning xossalari va tuzilishini tushuntirish uchun koordinatsion nazariyani qaysi kimyogar yaratgan?

- A) 1893-yilda A.Verner; C) 1895-yilda A.Verner;
- B) 1894-yilda Butlerov; D) 1896-yilda Butlerov.

77. Kationlarni cho'ktirishda qaysi kationning kompleks birikmasi sariq rangdagi cho'kmani hosil qiladi?

- A)  $K_3[Co(NO_2)_6]$ ; C)  $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ ;
- B)  $Fe[Fe(CN)_6]_3$ ; D)  $Cu_2[Fe(CN)_6]$ .

78. Eng kuchli oksidlovchi birikmalarni ko'rsating:

- A)  $H_2O_2$ ,  $O_2$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KMnO_4$ ;
- B)  $Na_2O_2$ ,  $KCl$ ,  $O_3$ ,  $Cl$ ;
- C)  $Na_2S_2O_8$ ,  $HNO_3$ ,  $F_2$ ,  $Br_2$ ;
- D)  $K_2CrO_4$ ,  $KMnO_4$ ,  $Ca$ ,  $H_2S$ .

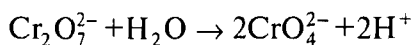


D)  $K_2CrO_4$  ta'sirida  $Sr^{2+}$  ionini cho'ktirib,  $Ca^{2+}$  ni eritmada qoldirish kerak.

**83.  $CaCO_3$  va  $CaC_2O_4$  cho'kmalarini bir-biridan qanday farqlash mumkin?**

- A)  $CH_3COOH$  ta'sirida, faqat  $CaCO_3$  ning erishini kuzatib;
- B) tuzlarning eruvchanlik ko'paytmasining qiymatiga qarab;
- C) mineral kislotalar ta'sirida qizdirib;
- D) cho'kma rangining tuzilishiga qarab.

**84.  $Ba^{2+}$  ionini to'la cho'ktirish uchun  $CrO_4^{2-}$  va  $Cr_2O_7^{2-}$  ionlarining eritmalarida muvozanatni qanday siljitish mumkin?**



- A) eritmadagi  $H^+$  bog'lab olib, kuchsiz kislota va bufer eritma ( $pH=4,74-5$ ) hosil qilib;
- B) kislota qo'shib  $CrO_4^{2-}$  ni  $H_2CrO_4$  ga aylantirish uchun;
- C) to'yingan  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  qo'shib;
- D)  $CrO_4^{2-}$  yoki  $H^+$  ionlarini bog'lab olib.

**85. III analitik guruh kationlariga qaysi kationlar kiradi?**

- A)  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Tr^{4+}$ ,  $Vo^{2+}$  ;
- B)  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  ;
- C)  $Mg^{2+}$ ,  $Be^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  ;
- D)  $H$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Au^{3+}$  .

**86. III analitik guruh kationlariga xarakteristika bering.**

- A) qiyin eriydigan gidroksidlar, sulfidlar kompleks birikmalar hosil qilish va oksidlanish-qaytarilish xususiyatiga ega;
- B) gidrolizga uchraydigan tuzlar va kompleks birikmalar hosil qiladi;
- C) o'zgaruvchan valentli, amfoter xususiyatiga ega qiyin eriydigan tuzlar hosil qiladi;
- D) o'zining kimyoviy xossalari bilan II va IV analitik guruh kationlari orasida turadi.

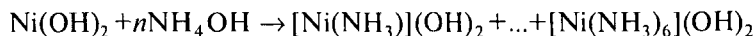
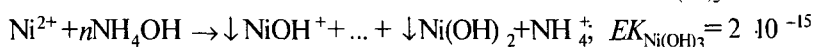
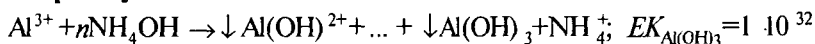
87. III guruh kationlaridan qaysilari amfoter xususiyatga ega?

- A)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ;
- B)  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
- C)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
- D)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ .

88. III analitik guruh kationlari aralashmasini analiz qilishda gidrolizdan qanday holatlarda foydalaniladi?

- A)  $\text{pH} > 7$  bo'lganda  $\text{CrO}_3^{3-}$  va  $\text{BeO}_2^{2-}$  ionlarini qizdirganda suvda erimaydigan  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  va  $\text{Be}(\text{OH})_2$  hosil bo'ladi;
- B) guruh reagenti  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ning gidrolizga uchrashi sababli eritmada yetarli  $\text{OH}^-$  ionlari hosil bo'ladi. Natijada  $\text{Al}(\text{OH})_3$  va  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  cho'kmaga tushadi;
- C)  $\text{ZnO}_2^{2-}$  va  $\text{AlO}_2^-$  ionlari qizdirilganda tegishli kam eruvchan gidroksidlar hosil qiladi;
- D)  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  kationlarini guruh reagenti ta'sirida cho'ktirishda.

89.  $\text{NH}_4\text{OH}$  ta'sirida  $\text{Al}^{3+}$  va  $\text{Ni}^{2+}$  kationlarini to'liq ajratishda qanday sharoit bo'lishi kerak?



- A) qizdirish;
- B) kuchsiz ishqoriy muhit;
- C) kuchsiz kislotali muhit;
- D) ortiqcha.

90.  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  kationlari aralashmasidan qaysi kationni ortiqcha  $\text{NaOH}$  qo'shib cho'ktirish mumkin?

- A)  $\text{Al}^{3+}$ ;
- B)  $\text{Cd}^{2+}$ ;
- C)  $\text{Co}^{2+}$ ;
- D)  $\text{Cu}^{2+}$ .

91.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  eritmasiga  $\text{CH}_3\text{COOK}$  eritmasi qo'shganda eritma  $\text{pH}$  i qanday o'zgaradi?

- A) o'zgarmaydi;
- B) ortadi;
- C) kamayadi;
- D) bufer eritma  $\text{pH}$  i ga teng.



**92. Konduktometrik analiz usuli nimaga asoslangan?**

- A) analiz qilinadigan eritmaning elektr o'tkazuvchanligini o'lchashga;
- B) aniqlanadigan titrandagi ionlarning harakatchanliklari orasidagi farqqa;
- C) aniqlanayotgan moddalar konsentratsiyasining elektr toki miqdoriga;
- D) kislota va asosli o'zaro ta'sir reaksiyalaridan foydalanishga.

**93. Elektrolit eritmasi solishtirma elektr o'tkazuvchanligining o'lchov birligini ko'rsating:**

- A) Simens/metr (SI sistemasi);
- B)  $\text{sm} \cdot \text{om}/\text{g-ekv}$ ;
- C)  $\text{g-ekv} \cdot \text{Simens}/\text{Om}$
- D)  $\text{Om} \cdot \text{g-ekv}/\text{Simens}$ .

**94. Elektrolit eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligining o'lchov birligini ko'rsating.**

- A)  $\text{Simens} \cdot \text{sm}^2/\text{g-ekv}$ ;
- B)  $\text{g-ekv} \cdot \text{sm}^2/\text{Simens}$ ;
- C)  $\text{sm}^2 \cdot \text{g-ekv}/\text{Simens}$ ;
- D)  $\text{Simens} \cdot \text{g-ekv}/\text{Om}$ .

**95. Nima uchun eritmaning harorati oshganda elektr o'tkazuvchanligi ham ortadi?**

- A) eritmaning qovushqoqligi kamayadi;
- B) elektrolitlarning dissotsilanishi natijasida ionlar soni ortadi;
- C) eritmaning elektr qarshiligi kamayadi;
- D) elektrolitning konsentratsiyasi oshadi.

**96. KOH bilan konduktometrik titrlaganda ikkita komponentning miqdori qaysi aralashmadan aniqlanadi?**

- A)  $\text{KOH} + \text{HCl}$
- B)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
- C)  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
- D)  $\text{HCl} + \text{CH}_3\text{COOH}$

**97. Cheksiz suyultirilgan sulfat kislota eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi qiymati nimaga teng? (Harakatchanligi  $\text{H}^+ = 350$  va  $\text{SO}_4^{-2} = 80 \text{ Om} \cdot \text{sm}^2/\text{g-ekv}$ .)**

- A) 780;
- B) 270;
- C) 430;
- D) 390.

---

**98. Potensiometrik titrlash analiz usuli nimaga asoslangan?**

- A) ekvivalent nuqta yaqinida elektrod-potensial qiymatining keskin o'zgarishiga;
- B) indikator elektrod potensialining, titrlanayotgan ion aktivligi ( $C \rightarrow O$  konsentratsiyada) – chiziqli o'zgarishiga;
- C) galvanik elementning potensial sakrashini o'lchashga;
- D) indikator elektrod potensialining qiymati asosida ekvivalent nuqtani aniqlashga.

**99. Potensiometrik titrlashning egri chiziqlarini qanday koordinatalarda chizish qulayroq?**

- A) EYK – titrantning hajmiga, ml da;
- B)  $\Delta V/\Delta E$  – EYK ga, mV da;
- C)  $\Delta E/\Delta V$  – titrantning hajmiga, ml da;
- D) titrantning hajmi – EYK elektrodning potentsiali.

**100. Ekvivalent nuqtasi yaqinida indikator elektrod potensial sakrama qiymati nima bilan aniqlanadi?**

- A) titrlanayotgan elektrolit va titrantning dissotsilanish konstantasining qiymati bilan;
  - B) indikator elektrodning muvozanat potensial qiymati bilan;
  - C) titrant va titrlanayotgan moddaning konsentratsiyasi bilan;
  - D) ekvivalent nuqtaga yaqinlashganda titrantni qo'shish tezligi bilan.
-

## ILOVALAR

1-jadval

### Kuchsiz kislota va asoslarning dissotsilanish konstatntalarining (25 °C) qiymatlari

Nomi	Formulasi	Dissotsilanish konstantasi	<i>pK</i>
Ammoniy gidroksid	$\text{NH}_4\text{OH}$	$K=1,8 \cdot 10^{-5}$	4,74
Oksalat kislota	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$K=5,6 \cdot 10^{-2}$	1,25
		$K=5,4 \cdot 10^{-2}$	4,27
Ortofosfat kislota	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$K=7,1 \cdot 10^{-3}$	1,96
		$K=6,2 \cdot 10^{-8}$	6,70
		$K=4,2 \cdot 10^{-13}$	12,44
Sirka kislotasi	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$K=1,74 \cdot 10^{-5}$	4,74
Karbonat kislotasi	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$K=4,5 \cdot 10^{-7}$	1,76
		$K=4,8 \cdot 10^{-11}$	7,20
Sianid kislotasi	$\text{HCN}$	$K=5,0 \cdot 10^{-10}$	9,15
Sulfid kislotasi	$\text{H}_2\text{S}$	$K=1,0 \cdot 10^{-7}$	6,99
		$K=2,5 \cdot 10^{-13}$	12,89
Sulfit kislotasi	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$K=1,4 \cdot 10^{-2}$	1,76
		$K=6,2 \cdot 10^{-8}$	7,20
Vodorod peroksid	$\text{H}_2\text{O}_2$	$K=2,0 \cdot 10^{-12}$	11,70
		$K=1,0 \cdot 10^{-25}$	
Chumoli kislotasi	$\text{HCOOH}$	$K=1,5 \cdot 10^{-4}$	3,75
Vino kislotasi	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$K=1,0 \cdot 10^{-3}$	3,04
		$K=4,6 \cdot 10^{-5}$	4,37
Ortoborot kislotasi	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$K=6,0 \cdot 10^{-10}$	9,24
		$K=1,8 \cdot 10^{-13}$	
		$K=1,6 \cdot 10^{-14}$	
Nitrit kislotasi	$\text{HNO}_2$	$K=6,9 \cdot 10^{-4}$	3,29
Ftorid kislotasi	$\text{HF}$	$K=4,0 \cdot 10^{-10}$	3,17
Qo'rg'oshin gidroksidi	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$K=9,6 \cdot 10^{-4}$	7,52

**Ayrim cho'kmalar eruvchanlik ko'paytmasi (EK)ning  
qiymati**

<b>Karbonatlar</b>		<b>Gidratlar</b>		<b>Sulfatlar</b>	
CaCO <sub>3</sub>	3,8 · 10 <sup>-9</sup>	Mn(OH) <sub>2</sub>	1,9 · 10 <sup>-13</sup>	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-9</sup>
BaCO <sub>3</sub>	4,0 · 10 <sup>-10</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-17</sup>	Ag <sub>2</sub> S	2,0 · 10 <sup>-50</sup>
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,2 · 10 <sup>-12</sup>	Cr(OH) <sub>3</sub>	6,3 · 10 <sup>-31</sup>	PbS	2,5 · 10 <sup>-27</sup>
CdCO <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-12</sup>	Cu(OH) <sub>2</sub>	2,2 · 10 <sup>-20</sup>	SnS	2,5 · 10 <sup>-27</sup>
CoCO <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-10</sup>	Cd(OH) <sub>2</sub>	2,2 · 10 <sup>-14</sup>	<b>Xloridlar</b>	
SrCO <sub>3</sub>	1,1 · 10 <sup>-10</sup>	Co(OH) <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-15</sup>	AgCl	1,78 · 10 <sup>-10</sup>
ZnCO <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-11</sup>	Hg(OH) <sub>2</sub>	3,0 · 10 <sup>-26</sup>	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	1,3 · 10 <sup>-18</sup>
NiCO <sub>3</sub>	1,3 · 10 <sup>-7</sup>	Sb(OH) <sub>3</sub>	4,0 · 10 <sup>-42</sup>	PbCl <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-5</sup>
MnCO <sub>3</sub>	1,8 · 10 <sup>-11</sup>	Sn(OH) <sub>2</sub>	6,3 · 10 <sup>-27</sup>	<b>Xromatlar</b>	
PbCO <sub>3</sub>	7,5 · 10 <sup>-14</sup>	Pb(OH) <sub>2</sub>	5,0 · 10 <sup>-16</sup>	SrCrO <sub>4</sub>	3,6 · 10 <sup>-5</sup>
FeCO <sub>3</sub>	3,5 · 10 <sup>-11</sup>	AgOH	1,6 · 10 <sup>-8</sup>	CaCrO <sub>4</sub>	7,1 · 10 <sup>-4</sup>
CuCO <sub>3</sub>	2,5 · 10 <sup>-11</sup>	Hg <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-23</sup>	BaCrO <sub>4</sub>	1,2 · 10 <sup>-10</sup>
Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8,9 · 10 <sup>-17</sup>	Bi(OH) <sub>3</sub>	4,3 · 10 <sup>-31</sup>	CuCrO <sub>4</sub>	3,6 · 10 <sup>-6</sup>
<b>Sulfatlar</b>		<b>Sulfidlar</b>		Hg <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	5,0 · 10 <sup>-9</sup>
CaSO <sub>4</sub>	2,5 · 10 <sup>-9</sup>	NiS	3,2 · 10 <sup>-19</sup>	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	1,1 · 10 <sup>-5</sup>
SrSO <sub>4</sub>	3,5 · 10 <sup>-7</sup>	ZnS	1,6 · 10 <sup>-24</sup>	<b>Fosfatlar</b>	
BaSO <sub>4</sub>	1,1 · 10 <sup>-10</sup>	MnS	2,5 · 10 <sup>-10</sup>	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	2,5 · 10 <sup>-13</sup>
PbSO <sub>4</sub>	1,6 · 10 <sup>-8</sup>	FeS	5,1 · 10 <sup>-18</sup>	AlPO <sub>4</sub>	5,7 · 10 <sup>-19</sup>
<b>Gidroksidlar</b>		CoS	4,0 · 10 <sup>-21</sup>	CaHPO <sub>4</sub>	7,0 · 10 <sup>-7</sup>
LiOH	4,0 · 10 <sup>-2</sup>	CuS	6,3 · 10 <sup>-36</sup>	BiPO <sub>4</sub>	1,3 · 10 <sup>-23</sup>
Mg(OH) <sub>2</sub>	6,0 · 10 <sup>-10</sup>	Ag <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	3,7 · 10 <sup>-38</sup>	BaHPO <sub>4</sub>	9,1 · 10 <sup>-8</sup>
Ca(OH) <sub>2</sub>	5,5 · 10 <sup>-6</sup>	Ag <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	4,0 · 10 <sup>-25</sup>	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	9,1 · 10 <sup>-33</sup>
Al(OH) <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-32</sup>	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	1,6 · 10 <sup>-23</sup>	Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,3 · 10 <sup>-20</sup>
Fe(OH) <sub>2</sub>	7,9 · 10 <sup>-16</sup>	Hg <sub>2</sub> S	1,0 · 10 <sup>-47</sup>	FePO <sub>4</sub>	1,3 · 10 <sup>-22</sup>
Fe(OH) <sub>3</sub>	3,7 · 10 <sup>-38</sup>	HgS	1,6 · 10 <sup>-52</sup>	Ni <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	5,0 · 10 <sup>-31</sup>

**Suvli eritmalardagi ba'zi kompleks ionlarning  
beqarorlik konstantasi**

Kompleks hosil qiluvchi ion	Kompleks ionning dissotsilanishi	$K$	$pK = \lg K$
$Aq^+$	$[Aq(NH_3)_2] \leftrightarrow Aq^+ + 2NH_3$	$6,8 \cdot 10^{-8}$	7,17
$Aq^+$	$[Aq(CN)_2] \leftrightarrow Aq^+ + 2CN^-$	$1,08 \cdot 10^{-21}$	21
$Al^{3+}$	$[AlF]^{3-} \leftrightarrow Al^{3+} + 6F^-$	$2,0 \cdot 10^{-21}$	20,70
$Cu^{2+}$	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4NH_3$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	12,70
$Cu^{2+}$	$[Cu(CN)_4]^{2-} \leftrightarrow Cu^{2+} + 4CN^-$	$5,0 \cdot 10^{-28}$	27,30
$Fe^{2+}$	$[Fe(CN)_4]^{4-} \leftrightarrow Fe^{2+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-37}$	37
$Fe^{3+}$	$[Fe(CN)_6]^{3-} \leftrightarrow Fe^{3+} + 6CN^-$	$1,0 \cdot 10^{-44}$	44
$Fe^{3+}$	$[Fe(SCN)_6]^{3-} \leftrightarrow Fe^{3+} + 6SCN^-$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,50
$Hg^{2+}$	$[HgI_4]^{2-} \leftrightarrow Hg^{2+} + 4I^-$	$1,5 \cdot 10^{-30}$	29,82
$I^-$	$[I_3]^- \leftrightarrow I_2 + I^-$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2,89
$In^{2+}$	$[In(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow In^{2+} + 4NH_3$	$2 \cdot 10^{-9}$	8,70
$Co^{2+}$	$[Co(SCN)_4]^{2+} \leftrightarrow Co^{2+} + 4SCN^-$	$6,31 \cdot 10^{-2}$	1,20
$Co^{2+}$	$[Co(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Co^{2+} + 6NH_3$	$4,07 \cdot 10^{-5}$	4,39
$Co^{3+}$	$[Co(NH_3)_6]^{3+} \leftrightarrow Co^{3+} + 6NH_3$	$6,17 \cdot 10^{-36}$	35,21
$Cd^{2+}$	$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \leftrightarrow Cd^{2+} + 4NH_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$	6,56
$Cd^{2+}$	$[CdJ_4]^{2-} \leftrightarrow Cd^{2+} + 4J^-$	$7,94 \cdot 10^{-7}$	6,10

**Oksidlovchi va qaytaruvchilarning normal oksidlanish-qaytarilish potensiali  $E^\circ$**

Yuqori oksidlanish darajasi	$+n\bar{e}$	Quyi oksidlanish darajasi	$E^\circ, V$
$F_2$	$+2\bar{e}$	$2F^-$	+2,87
$S_2O_8^{2-}$	$+2\bar{e}$	$2SO_4^{2-}$	+2,05
$NaBiO_3 + 4H^+$	$+2\bar{e}$	$BiO^+ + Na^+ + 2H_2O$	+1,8
$H_2O_2 + 2H^+$	$+2\bar{e}$	$2H_2O$	+1,77
$MnO_4^- + 4H^+$	$+3\bar{e}$	$MnO_2 + 2H_2O$	+1,69
$MnO_4^- + 8H^+$	$+5\bar{e}$	$Mn^{2+} + 4H_2O$	+1,51
$PbO_2 + 4H^+$	$+2\bar{e}$	$Pb^{2+} + 2H_2O$	+1,455
$ClO_3^- + 6H^+$	$+6\bar{e}$	$Cl^- + 3H_2O$	+1,45
$Cl_2$	$+2\bar{e}$	$2Cl^-$	+1,359
$Cr_2O_4^{2-} + 14H^+$	$+6\bar{e}$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
$MnO_2 + 4H^+$	$+2\bar{e}$	$Mn^{2+} + 2H_2O$	+1,23
$O_2 + 4H^+$	$+4\bar{e}$	$2H_2O$	+1,229
$2IO_3^- + 12H^+$	$+10\bar{e}$	$I_2 + 6H_2O$	+1,19
$Br_2$	$+2\bar{e}$	$2Br^-$	+1,087
$HNO_2 + H^+$	$+\bar{e}$	$NO + H_2O$	+0,99
$NO_3^- + 4H^+$	$+3\bar{e}$	$NO + 2H_2O$	+0,96
$O_2 + 4H^+ (10^{-7} M)$	$+4\bar{e}$	$2H_2O$	+0,815
$NO_3^- + 2H^+$	$+\bar{e}$	$NO_2 + H_2O$	+0,80
$Ag^+$	$+\bar{e}$	$Ag$	+0,799
$Fe^{3+}$	$+\bar{e}$	$Fe^{2+}$	+0,771
$MnO_4^- + 2H_2O$	$+3\bar{e}$	$MnO_2 + 4OH^-$	+0,60
$MnO_4^-$	$+\bar{e}$	$MnO_4^{2-}$	+0,56
$H_3AsO_4 + 2H^+$	$+2\bar{e}$	$HAsO_4 + 2H_2O$	+0,56
$I_2$	$+2\bar{e}$	$2I^-$	+0,536

$O_2 + 2H_2O$		$4OH^-$	+0,401
$SO_4^{2-} + 8H^+$	$+6\bar{e}$	$S + 4H_2O$	+0,36
$Cu^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Cu$	+0,337
$SbO^+ + 2H^+$		$Sb + H_2O$	+0,212
$SO_4^{2-} + 4H^+$	$+2\bar{e}$	$H_2SO_3 + H_2O$	+0,17
$Sn^{4+}$	$+2\bar{e}$	$Sn^{2+}$	+0,15
$S + 2H^+$	$+2\bar{e}$	$H_2S$	+0,14
$NO_3^- + H_2O$	$+2\bar{e}$	$NO_2^- + 2OH^-$	+0,01
$2H^+$	$+2\bar{e}$	$H_2$	+0,00
$NO_3^- + 7H_2O$	$+8\bar{e}$	$NH_4OH + 9OH^-$	-0,12
$Pb^{2+}$	$+3\bar{e}$	$Pb$	-0,126
$CrO_4^{2-} + 4H_2O$	$+2\bar{e}$	$Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
$Sn^{2-}$	$+2\bar{e}$	$Sn$	-0,140
$Ni^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Ni$	-0,23
$Co^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Co$	-0,28
$Cd^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Cd$	-0,402
$Fe^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Fe$	-0,440
$Bi_2O_3 + 2H_2O$	$+6\bar{e}$	$2Bi + 6OH^-$	-0,46
$S$	$+2\bar{e}$	$S^{2-}$	-0,48
$Fe(OH)_3$	$+\bar{e}$	$Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56
$Zn^{2+}$	$+2e$	$Zn$	-0,763
$SO_4^{2-} + H_2O$	$+2\bar{e}$	$SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93
$Mn^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Mn$	-1,19
$ZnO_2^{2-} + 2H_2O$	$+2\bar{e}$	$Zn + 4OH^-$	-1,216
$Al^{3+}$	$+3\bar{e}$	$Al$	-1,66
$AlO_2^- + 2H_2O$	$+3\bar{e}$	$Al + 4OH^-$	-2,35
$Mg^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Mg$	-2,37
$Na^+$	$+\bar{e}$	$Na$	-2,713
$Ca^{2+}$	$+2\bar{e}$	$Ca$	-2,87
$K^+$	$+\bar{e}$	$K$	-2,925

5- jadval

## Styudent koeffitsiyenti qiymatlari

$f$	$\alpha = 0,95$	$\alpha = 0,98$	$A = 0,99$
1	12,7	31,82	63,7
2	4,30	6,97	9,92
3	3,18	4,54	5,84
4	2,78	3,75	4,60
5	2,57	3,37	4,03
6	2,45	3,14	3,71
7	2,36	3,00	3,50
8	2,31	2,90	3,36
9	2,26	2,82	3,25
10	2,23	2,76	3,17
11	2,20	2,72	3,1
12	2,18	2,68	3,05

6- jadval

$\theta = \frac{2,3RT}{F}$  ning turli haroratdagi qiymatlari

Harorat, °C	0	5	10	15	20	25	30	35
$\theta = \frac{2,3R \cdot T}{F}$	0,0541	0,055	0,0561	0,0571	0,0581	0,0591	0,0501	0,0611



**Kumush xlorid, xingidron va kalomel elektrodning turli  
haroratdagi standart potentsiallarining qiymati**

Harorat, °C	$E_{KXE}$	$E_{KE}$ 0,1 n KCl	$E_{NKE}$ 0,1 n KCl	$H_{KE}$ to'yin. KCl	$E_{xin/gidr}$
0	0,2365	0,3380	0,2888	0,2601	0,7125
10	0,2314	0,3374	0,2864	0,2536	0,7102
15	0,2285	0,3371	0,2852	0,2503	0,7064
20	0,2256	0,3368	0,2840	0,2471	0,7027
25	0,2223	0,3365	0,2828	0,2438	0,6990
30	0,2190	0,3362	0,2816	0,2405	0,6953
35	0,2156	0,3359	0,2804	0,2373	0,6916
40	0,2121	0,3356	0,2792	0,2340	0,6879
45	0,2083	0,3353	0,2780	0,2308	0,6842

**Ayrim ionlarning cheksiz suyultirilgan suvli eritmalaridagi ekvivalent  
elektr o'tkazuvchanlik qiymatlari ( $t = 25^\circ \text{C}$ )**

Kation	$\lambda_0$	Anion	$\lambda_0$
$\text{H}^+$	349,8	$\text{OH}^-$	198,3
$\text{NH}_4^+$	73,6	$\frac{1}{4} [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	110,5
$\text{K}^+$	73,5	$\frac{1}{4} [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	100,9
$\frac{1}{2} \text{Pb}^{2+}$	70	$\frac{1}{2} \text{CrO}_4^{2-}$	85
$\frac{1}{2} \text{Fe}^{3+}$	68	$\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$	80,0
$\frac{1}{2} \text{Ba}^{2+}$	63,6	$\text{J}^-$	78,8
$\frac{1}{3} \text{Al}^{3+}$	63,0	$\text{Br}^-$	78,1
$\text{Ag}^+$	61,9	$\text{Cl}^-$	76,4
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$	59,5	$\frac{1}{2} \text{CrO}_4^{2-}$	74,0
$\frac{1}{2} \text{Sr}^{2+}$	59,5	$\text{NO}_3^-$	71,5
$\frac{1}{2} \text{Cu}^{2+}$	56,5	$\frac{1}{2} \text{CO}_3^{2-}$	69,3
$\frac{1}{2} \text{Cd}^{2+}$	54	$\text{ClO}_4^-$	67,4
$\frac{1}{2} \text{Fe}^{2+}$	53,5	$\text{F}^-$	55,4
$\frac{1}{2} \text{Mg}^{2+}$	53,1	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	40,9
$\text{Na}^+$	50,1		
$\text{Li}^+$	38,7		

## 20 °C da saxaroza eritmasining sindirish ko'rsatkichi

Saxaroza, %	$n_D^{20}$	Saxaroza, %	$n_D^{20}$	Saxaroza, %	$n_D^{20}$
0	1,3390	30	1,3811	60	1,4418
2	1,3359	32	1,3847	62	1,4464
4	1,3388	34	1,3883	64	1,4509
6	1,3417	36	1,3920	66	1,4555
8	1,3448	38	1,3958	68	1,4608
10	1,3478	40	1,3997	70	1,4651
12	1,3509	42	1,4036	72	1,4700
14	1,3541	44	1,4076	74	1,4749
16	1,3573	46	1,4117	76	1,4799
18	1,3605	48	1,4151	78	1,4850
20	1,3638	50	1,4200	80	1,4901
22	1,3672	52	1,4242	82	1,4954
24	1,3706	54	1,4285	84	1,5007
26	1,3740	56	1,4329		
28	1,3775	58	1,4373		

## TEZKOR NAZORAT JAVOBLARI

1.	D	16.	B	31.	A	46.	B	61.	D	76.	A	91.	D
2.	D	17.	D	32.	C	47.	A	62.	D	77.	A	92.	A
3.	D	18.	A	33.	D	48.	B	63.	A	78.	A	93.	A
4.	D	19.	A	34.	C	49.	D	64.	A	79.	A	94.	A
5.	A	20.	C	35.	A	50.	D	65.	A	80.	A	95.	A
6.	D	21.	D	36.	A	51.	A	66.	A	81.	B	96.	D
7.	B	22.	D	37.	A	52.	B	67.	C	82.	A	97.	C
8.	B	23.	D	38.	A	53.	C	68.	C	83.	A	98.	A
9.	A	24.	D	39.	C	54.	D	69.	D	84.	A	99.	C
10.	D	25.	D	40.	D	55.	A	70.	B	85.	A	100.	A
11.	C	26.	D	41.	B	56.	C	71.	C	86.	A		
12.	C	27.	D	42.	A	57.	D	72.	A	87.	A		
13.	D	28.	C	43.	A	58.	C	73.	D	88.	B		
14.	A	29.	D	44.	D	59.	C	74.	D	89.	D		
15.	C	30.	D	45.	A	60.	B	75.	A	90.	A		

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Васильев В.П.* Аналитическая химия. Ч. 1, 2. — М., «Высшая школа», 1989. -312 с.
2. *Алексеев В.Н.* Курс качественного химического полумикроанализа. 5-е изд. — М., «Химия», 1973. -584 с.
3. *Алексеев В.Н.* Количественный анализ. 4-е изд. — М., «Химия», 1972. -504 с.
4. *Жванко Ю.Н., Панкратова Г.В., Мамедова З.И.* Аналитическая химия и техно-химический контроль в общественном питании. — М., «Высшая школа», 1989. -271 с.
5. *Nazarov Sh.N., Aminov Z.A.* Analitik ximiya. — Т., «O'qituvchi», 1984. 352-б.
6. Физико-химические методы анализа. Под ред. *В.Б.Алексовского.* — Л., «Химия», 1988. -372 с.
7. *Коренман Я.И.* Практикум по аналитической химии. — Воронеж, 1986. -243 с.
8. *Чариков А.К.* Математическая обработка результатов химического анализа. — Л., «Химия», 1984. -168 с.
9. Практикум по физико-химическим методам анализа. (Под ред. *О.М.Петрухина.*) — М., «Химия», 1987. -245 с.
10. Сборник вопросов и задач по аналитической химии. (Под ред. проф. *Васильева В.П.*) — М., «Высшая школа», 1976. -213 с.
11. *Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В.* Аналитическая химия физико-химические методы анализа. — М., «Высшая школа», 1991. -256 с.
12. *Fayzullaev O.* Elektrokimyoviy tekshirish usullari. — Т., «O'qituvchi», 1995.
13. *Крешков А.П.* Основы аналитической химии. Т.1. — Л., «Химия», 1976, -472 с.
14. *Крешков А.П.* Основы аналитической химии. Т. 2. — Л., «Химия», 1976, -480 с.
15. *Крешков А.П.* Основы аналитической химии. Т. 3. — Л., «Химия», 1976, -471 с.
16. *Ляликов Ю.С.* Физико-химические методы анализа. — М., «Химия», 1973. -536 с.
17. *Булатов М.И., Калинин И.И.* Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. — Л., «Химия», 1986. -432 с.
18. *Цитович И.К.* Курс аналитической химии. — М., «Высшая школа», 1972. -400 с.
19. *Зверьева Л.Ф., Черняков Б.И.* Технохимический контроль хлебопекарного производства. — М., «Пищевая промышленность», 1975. -431 с.
20. *G'ulamova M.T., Turabov N.T., Tojimuhamedov X.S.* Analitik kimyo. Kationlarning sifat analizi usullari. — Т., 2006. 64-б.

## MUNDARIJA

Kirish .....	3
--------------	---

### I QISM

#### 1- mavzu. SIFAT ANALIZI ASOSLARI

1.1. Sifat analizi usullari .....	4
1.2. Analitik reaksiyalarning bajarilish usullari .....	4
1.3. Analitik reaksiyalarni amalga oshirishning shart-sharoitlari, reaksiyalarning sezgirligi, o'ziga xosligi .....	6
1.4. Eritmani bo'lib-bo'lib va sistematik analiz qilish .....	8
1.5. Guruh reagenti. Kationlarning analitik guruhlariga bo'linishi .....	9
1.6. Kationlar analitik klassifikatsiyasining D.I.Mendeleyevning davriy sistemasiga bog'liqligi .....	11
1.7. Analitik kimyo laboratoriyasida ishlash qoidalari .....	12
1.8. Birinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi .....	13

#### 2- mavzu. GOMOGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT

✓ 2.1. Massalar ta'siri qonuni va undan analitik kimyoda foydalanish .....	17
✓ 2.2. Elektrolitik dissotsilanish .....	19
2.3. Brensted - Lourining protolitik nazariyasi .....	21
2.4. Aktivlik. Aktivlik koeffitsiyenti va ion kuchi .....	25
✓ 2.5. Suvning ionlanishi. Vodorod ko'rsatkich pH .....	27
2.6. Bufer eritmalar .....	29
2.7. Tuzlarning gidrolizi .....	32
2.8. Amfoterlik .....	42
2.9. Ikkinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi .....	44
2.10. Guruh reagentining ta'siri .....	46
2.11. Birinchi va ikkinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analizi ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ ) .....	48

#### 3- mavzu. GETEROGEN SISTEMALARDA MUVOZANAT

3.1. Cho'ktirish – kimyoviy analiz usuli .....	52
3.2. Eruvchanlik ko'paytmasi .....	53
3.3. Cho'kmalarning hosil bo'lishi va ularga ta'sir qiluvchi omillar .....	56
✓ 3.4. Kompleks birikmalar .....	57
3.5. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari .....	63
3.6. Uchinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi .....	67
3.7. Guruh reagentining ta'siri .....	68
3.8. Uchinchi guruh kationlari aralashmasining analizi .....	74
3.9. To'rtinchi analitik guruh kationlariga umumiy tavsif .....	75
3.10. Guruh reagentining ta'siri .....	76
3.11. To'rtinchi analitik guruh kationlari aralashmasining tahlili .....	82
3.12. Beshinchi analitik guruh kationlarining umumiy tavsifi .....	82
3.13. Guruh reagentining ta'siri .....	82

3.14. Beshinchi analitik guruh kationlari aralashmasining analizi .....	87
3.15. Anionlarning umumiy tavsifi .....	87
<b>4- mavzu. MIQDORIY ANALIZ</b>	
4.1. Tortma (gravimetrik) analiz .....	98
4.2. Miqdoriy analizdagi xatolar .....	99
4.3. Tajriba mashg'ulotlari .....	110
1- ish. $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ tarkibidagi kristallangan suv miqdorini aniqlash .....	110
2- ish. Bariy xlorid tarkibidagi bariyning miqdorini aniqlash .....	112
<b>5- mavzu: TITRIMETRIK ANALIZ</b>	
5.1. Eritmalar konsentratsiyasini ifodalash .....	117
5.2. Titrimetrik analizning mohiyati .....	118
5.3. Titrangan eritmalarni tayyorlash .....	120
5.4. Kislota-asosli titrlash (neytrallash) usuli .....	121
5.5. Indikatorlar .....	122
5.6. Titrlash egri chiziqdari .....	125
5.7. Indikatorni tanlash .....	131
5.8. Tajriba mashg'ulotlari .....	131
1- ish. $NaOH$ eritmasining titrini aniqlash .....	131
2- ish. Eritmadagi $H_2SO_4$ miqdorini aniqlash .....	133
3- ish. Sutning kislotaliligini aniqlash .....	135
4- ish. Qatiqning kislotaliligini aniqlash .....	135
5- ish. Muzqaymoqning kislotaliligini aniqlash .....	136
6- ish. Pivoning kislotaliligini aniqlash .....	137
7- ish. Sirkadagi sirka kislota miqdorini aniqlash .....	137
8- ish. Nonning kislotaliligini aniqlash .....	138
9- ish. Moy yoki yog' tarkibidagi yuqori molekular yog' kislota miqdorini aniqlash .....	139
<b>6- mavzu. TITRIMETRIK ANALIZNING OKSIDLANISH-QAYTARILISH USULI</b>	
6.1. Oksidlovchi va qaytaruvchilarning molyar ekvivalent massasini hisoblash .....	143
6.2. Titrlash egri chizig'i .....	144
6.3. Ekvivalent nuqtani aniqlash .....	149
6.4. Permanganometrik usul .....	150
6.5. Xromatometrik usul .....	153
6.6. Yodometrik usul .....	154
6.7. Tajriba mashg'ulotlari .....	156
1- ish. $KMnO_4$ ning ishchi eritmasini tayyorlash va titrini aniqlash .....	156
2- ish. Mor tuzi tarkibidagi $Fe(II)$ ionlari miqdorini aniqlash .....	159
3- ish. Yodometrik titrlashda standart va ishchi eritmalarni tayyorlash .....	159
4- ish. Mis kuporosi tarkibidagi misni aniqlash .....	162
5- ish. Meva sharbati tarkibidagi askorbin kislota miqdorini aniqlash .....	163

## **7- mavzu. CHO'KTIRISH VA KOMPLEKS HOSIL QILISH USULLARI**

7.1. Cho'ktirish usulining mohiyati .....	167
7.2. Argentometrik (Mor) usul .....	167
7.3. Kompleks hosil qilish usuli .....	168
7.4. Tajriba mashg'ulotlari .....	171
1- ish. Trilon-B eritmasining titrini aniqlash .....	171
2- ish. Suvning qattiqligini aniqlash .....	172
3- ish. Sut tarkibidagi kalsiy va magniy tuzlari miqdorini aniqlash .....	173

## **II QISM**

### **8- mavzu. FIZIK-KIMYOVIY ANALIZ**

8.1. Fizik-kimyoviy analiz usullari .....	177
8.2. Analiz usullarining tavsifi .....	177
8.3. Analizning potensiomertik usuli .....	180
8.4. Potensiomertik usulning qisqacha nazariy asoslari .....	181
8.5. Potensiomertik usulga oid asosiy tushunchalar .....	182
8.6. Tajriba mashg'ulotlari .....	191
1- ish. Eritmadagi vodorod ionni miqdori $[H^+]$ ni aniqlash (pH-metriya)....	191
2- ish. Noma'lum eritmadagi $[H^+]$ ni aniqlash .....	193
3- ish. Eritmadagi $NO_3^-$ ionlari miqdorini aniqlash .....	194
4- ish. Potensiomertik (kislota-asosli) titrlash.....	195
5- ish. Eritma tarkibidagi kislota miqdorini aniqlash .....	198
6- ish. Pivoning kislotaliligini aniqlash .....	199
7- ish. Xamirturushning kislotaliligini aniqlash .....	200

### **9- mavzu. ANALIZNING KONDUKTOMETRIK USULI**

9.1. Elektr o'tkazuvchanlik .....	206
9.2. Elektr o'tkazuvchanlikka ta'sir qiluvchi omillar .....	208
9.3. Yuqori chastotali titrlash .....	212
9.4. Tajriba mashg'ulotlari .....	214
1- ish. Aralashmadagi kislota, asos va tuz eritmalarining miqdorini aniqlash .....	214
2- ish. Kuchli kislota (asos) ni kuchli asos (kislota) bilan titrlash .....	215

### **10- mavzu. OPTIK ANALIZ USULLARI**

10.1. Yorug'lik nuri yutilishining asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni) .....	219
10.2. Nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti .....	223
10.3. Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanishlar .....	224
10.4. Optik analiz usullari yordamida eritma konsentratsiyasini aniqlash yo'llari .....	225
10.5. Refraktometrik analiz usuli .....	227
10.6. Polyarimetrik analiz usuli .....	230

10.7. Tajriba mashg'ulotlari .....	233
1- ish. Yorug'lik filtrini tanlash .....	233
2- ish. Eritmadagi $Fe^{3+}$ ion miqdorini aniqlash .....	233
3- ish. Tabiiy suv tarkibidagi temir miqdorini aniqlash .....	235
4- ish. Qaytaruvchi qand miqdorini aniqlash .....	235
5- ish. Tiniq sharbatlar tarkibidagi saxaroza miqdorini aniqlash .....	236
6- ish. Un yoki bug'doy tarkibidagi kraxmalning miqdorini aniqlash .....	238

### **11- mavzu. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULI**

11.1. Analizning xromatografik usuli .....	242
11.2. Xromatografik analiz usulining sinflari .....	243
11.3. Adsorbsiyalanish xromatografiyasi .....	245
11.4. Qog'oz xromatografiyasi .....	246
11.5. Ion almashinish xromatografiyasi .....	248
11.6. Ionlarning almashinish xususiyatiga ta'sir qiluvchi omillar .....	250
11.7. Ionitning ion almashinish sig'imi .....	250
11.8. Xromatografik analiz usulining qo'llanilishi va afzalliklari .....	251
11.9. Tajriba mashg'ulotlari .....	252
1- ish. Ion almashinish xromatografiyasida ionitlarni tayyorlash .....	252
2- ish. $CuSO_4$ tarkibidagi mis (II) miqdorini ion almashinish xromatografik usuli bilan aniqlash .....	253
3- ish. Eritmadagi NaCl yoki KCl miqdorini ion almashinish xromatografik usuli bilan aniqlash .....	254
4- ish. Qog'oz xromatografiyasi usuli bilan aminokislotalar aralashmasini identifikatsiyalash .....	256
11.9. Ekstraksion analiz usulining nazariy asosi .....	258
11.10. Ekstraksion analiz usulining qo'llanilishi va afzalliklari .....	263
11.11. Asosiy ekstragentlar .....	263
11.12. Tajriba mashg'ulotlari .....	264
1- ish. Ekstraksiyalash usuli .....	264
2- ish. Choy tarkibidagi kofeinni ajratib olish .....	265

### **12- mavzu. MUSTAQIL ISHLAR**

12.1. Mustaqil ish va uni bajarish tartibi .....	271
12.2. Mustaqil ishlarga oid mavzular .....	272
12.3. Mustaqil ishlarni rasmiylashtirish tartibiga doir namunalar .....	280

### **13- mavzu. TEZKOR NAZORAT** .....

288

<b>Ilovalar</b> .....	307
<b>Foydalanilgan adabiyotlar</b> .....	315

24.4  
G 79

**Gulamova M.T.**

**Analitik kimyo:** Oliy o'quv yurtlarining oziq-ovqat texnologiyasi fakultetlari uchun o'quv qo'l./M.T.Gulamova, Sh.Q.Norov, N.T.Turobov: O'zR Oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi. – T.: «Voris-nashriyot», 2009. – 320 b.

**I. Norov Sh.Q. II. Turobov N.T.**

BBK 24.4ya73

*GULAMOVA MAVJUDA TASHPULATOVNA,  
NOROV SHARIF KAHAROVICH,  
TURABOV NURMUHAMMAT*

## **ANALITIK KIMYO**

*Oliy o'quv yurtlarining oziq-ovqat texnologiyasi fakultetlari  
uchun o'quv qo'llanma*

*Toshkent – «Voris-nashriyot» – 2009*

Muharrir *D.Abbosova*  
Musahhih *M.Ibrohimova*  
Badiiy muharrir *B.Ibrohimov*  
Sahifalovchi *Sh.Rahimqoriyev*

Original-maketdan bosishga 09.07.2009 da ruxsat etildi.  
Bichimi 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t. 20,0.  
Shartli b.t. 18,60. Nashr t. 17,4. Adadi 500. Buyurtma № 335.

«Voris-nashriyot» MChJ, Toshkent, Shiroq ko'chasi, 100.

«Niso poligraf» ShK bosmaxonasida chop etildi.  
100182, Toshkent, H.Boyqaro, 41.