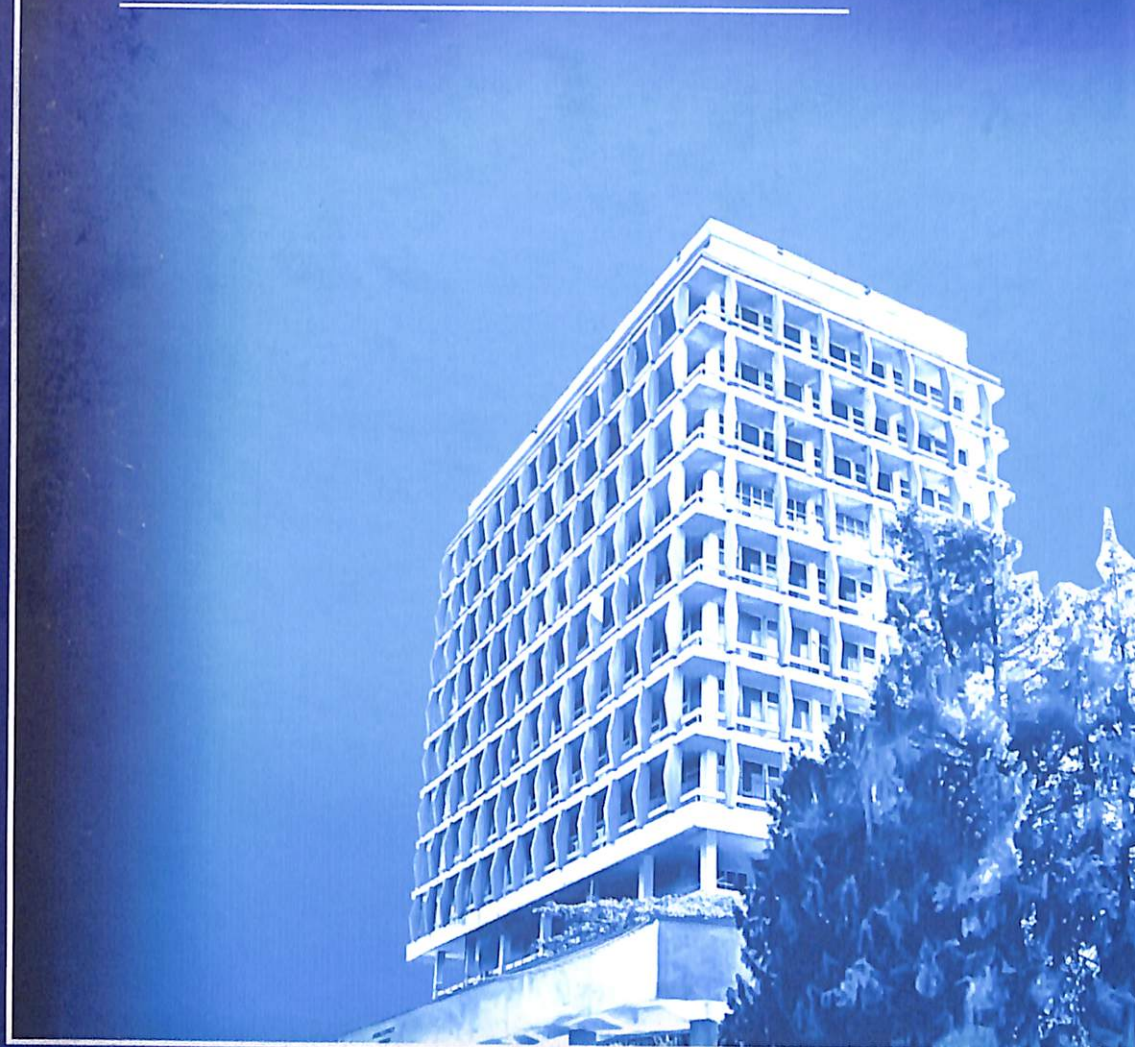


MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI  
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

---



N.T. TURABOV, J.N. TODJIYEV

**KIMYOVIIY AJRATISH  
VA KONSENTRLASH**

---

Ki  
mi

O'ZBEKIKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM, FAN VA  
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI  
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI  
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

N.T.TURABOV, J.N.TODJIYEV

## KIMYOVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH

70530101-Kimyo (fan yo'nalishi bo'yicha) mutaxassisligida  
ta'lim oluvchi magistratura talabalari uchun

**o'quv qo'llanma**

Toshkent  
"Fidokor Yosh Avlod"  
2023

UDK: 54-145.5(075.8)

KBK: 24.4ya73

T 87

N.T.Turabov, J.N.Todjiyev. Kimyoviy ajratish va konsentrlash. O'quv qo'llanma. T.: "Fidokor Yosh Avlod" 2023-176 bet.

O'quv qo'llanma universitetlarning 70530101-Kimyoviy (fan yo'nalishi bo'yicha) mutaxassislik beradigan magistratura talabalariga mo'ljallangan. Har bir mavzu xorijiy adabiyotlardan foydalangan holda kimyoviy ajratish va konsentrlash usullari fanining oxirgi yutuqlari bilan boyitib borilgan. Undan boshqa oliy o'quv yurtlarning magistratura talabalarini, shu fanga qiziquvchilar, tayanch doktorantlar va doktorantlar, mustaqil izlanuvchilar hamda o'qituvchilar foydalanishlari mumkin.

UDK: 54-145.5(075.8)

KBK: 24.4ya73

T 87

#### Taqrizchilar:

X.X.To'rayev - Termiz davlat universiteti kimyo va texnologiya fakulteti dekani, kimyo fanlari doktori, professor;

Z.A.Smanova - O'zbekiston Milliy universiteti kimyo fakulteti analitik kimyo kafedrasini mudiri, kimyo fanlari doktori, professor;

ISBN 978-9943-6744-8-5

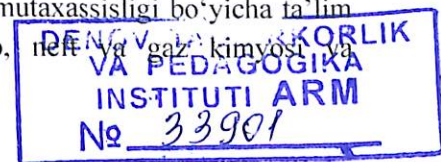
©"Fidokor Yosh Avlod" nashriyoti  
Toshkent-2023

## SO'Z BOSHI

Kimyoviy ajratish va konsentrlash fani kimyoviy analizning nazariy asoslari va usullari haqidagi fan bo'lib, oliy o'quv yurtlarining kimyo mutaxassislik beradigan magistratura talabalarini tomonidan o'rganiladigan mutaxassislik fanlari ichida asosiylaridan biri hisoblanadi. Kitobda ajratish va konsentrlashning asosiy usullari, usullarining umumiy tavsiflari, asosiy miqdoriy tavsiflari, fizikaviy va kimyoviy usullari, elektrokimyoviy usullari, ekstraksiya elementlari konsentrlash va ajratish usuli, ajratishning xromatografik usuli, ion almashinish xromatografiyasi, gaz va gaz suyuqlik xromatografiyasi haqida batafsil ma'lumotlar keltirildi.

Har qanday analizning muvaffaqiyatli tekshirish uchun namuna olish, uni analizga tayyorlash, zarur hollarda tekshiriladigan moddani boshqalaridan ajratish va konsentrlash amallarining qay darajada mukammal bajarilishiga bog'liq. Analitik uchun namuna olish, moddalarni ajratish, konsentrlash, analizni bajarishgina ahamiyatli bo'lib qolmasdan, o'lchash, olingan natijalarni matematik usullar yordamida qayta ishlash, baholash, ularni talqin qila bilish juda muhimdir. Shuni unutmaslik kerakki, analizning har bir bosqichi, har bir amali aniq bajarilishi kerak. Aks holda arzimaday tuyulgan amal katta xatolarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun kimyoviy ajratish va konsentrlash fanini o'rganish barcha kimyoviy bilimlarni tatbiq etish, mayda-chuyda amallarni ham diqqat bilan egallashni taqozo etadi. Ushbu o'quv-qo'llanmada kimyoviy ajratish va konsentrlashning, jumladan, kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy analiz usullarining nazariy va amaliy asoslari atroflicha yoritilgan. O'quv-qo'llanmadagi o'quv materialining o'zlashtirilishini osonlashtirish maqsadida unga dasturiy talablar, tayanch iboralar, savollar va laboratoriya ishlari kiritildi. Agar talaba har bir dasturiy talab, tayanch ibora va savollar ustida jiddiy mulohaza qilsa, materialni puxta o'zlashtirishga shubha qolmaydi. Tayanch iboralarni chuqur o'zlashtirish uchun qo'shimcha adabiyotlarga murojaat qilish tavsiya qilinadi. O'quv-qo'llanmaning oxirida tavsiya qilinadigan adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

Ushbu o'quv-qo'llanma universitetlarning 70530101-Kimyoviy (fan yo'nalishi bo'yicha) mutaxassisligi dasturi asosida tayyorlandi, undan 70530101-Kimyoviy (fan yo'nalishi bo'yicha) mutaxassisligi bo'yicha ta'lim oladigan talabalardan tashqari radiokimyoviy va gaz kimyosi



texnologiyasida ta'lim oluvchi magistratura talabalari foydalanishlari mumkin. O'quv-qo'llanma shuningdek, bakalavriat talabalari, tayanch doktorantlar, doktorantlar, mustaqil izlanuvchilar va oliy ta'lim sohasidagi o'qituvchilar uchun foydalidir.

Mualliflar kitobni sinchiklab o'qib chiqib, qimmatli maslahatlar berganliklari uchun Termiz davlat universiteti kimyo fakulteti dekani, kimyo fanlari doktori, professor X.X.Turayev va O'zbekiston Milliy universiteti kimyo fakulteti analitik kimyo kafedrasini mudiri, kimyo fanlari doktori, professor Z.A.Smanovalarga o'z minnatdorchiligini izhor etadi. Muallif kitobxonlarning o'quv-qo'llanmani takomillashtirishga qaratilgan har bir fikr-mulohazalarini mamnuniyat bilan qabul qiladi.

## KIRISH.

### 1. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI.

*Tayanch iboralar:* Ajratish va konsentrlash usullariga kirish, moddalar aralashmasini analiz qilishdagi analitik sikl, ajratish va konsentrlash usullarining asosiy tushunchalari, konsentrlash turlari, ajratish va konsentrlashning miqdoriy tavsiflari, konsentrlashning afzalliklari va kamchiliklari, ajratish va konsentrlash, kimyoviy, fizikaviy va fizik-kimyoviy usullar, ajratish va konsentrlash darajasi, ajratish va konsentrlash omili, taqsimlanish, konstantasi va koeffitsiyenti, niqoblash, komplekslarga bog'lash, oksidlanish darajasini o'zgartirish, cho'ktirish, eritma pH qiymatini o'zgartirish, gibrid usullar, analiz uchun usul tanlash.

#### 1.1. Ajratish va konsentrlash usullarining umumiy tavsifi

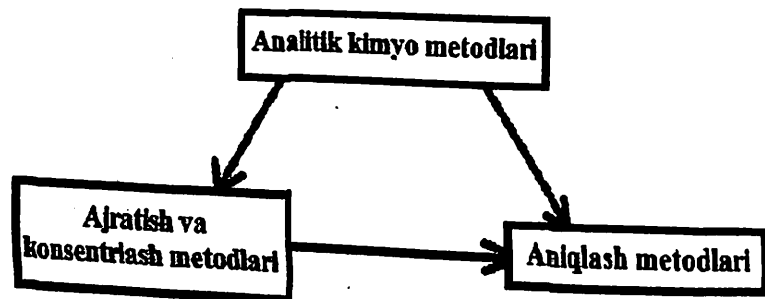
Analitik kimyoda kamdan-kam hollardagina aniqlanadigan tarkibiy qismni bevosita aniqlash mumkin. Tabiatda toza moddalar deyarli yo'q, ko'pchilik hollarda bir moddani aniqlashga ikkinchi modda xalaqit beradi. Shuning uchun xalaqit beradigan tarkibiy qismni aniqlanadigan moddadan ajratishga to'g'ri keladi. Xalaqit beruvchi tarkibiy qismni aniqlanadigan moddadan ajratishning ikki usuli mavjud: ulardan biri, xalaqit beruvchi tarkibiy qismni tekshiriladigan eritmaning o'zida niqoblash, ikkinchisi, uni tekshiriladigan eritmadan chiqarib olishni nazarda tutadi.

Agar tekshiriladigan obyekt tarkibidagi moddalar bir-birini aniqlashga xalaqit bersa, ularni bir-biridan kimyoviy, fizikaviy yoki fizik-kimyoviy usullar yordamida ajratish talab etiladi. Kimyoviy ajratish usullarida ajratish uchun biror yordamchi reagent tekshiriladigan eritmaga qo'shiladi. Bunda cho'ktirish, komplekslash, Oksidlanish - qaytarilish reaksiyalaridan biri yoki bir nechta natijasida moddaning bir qismi ikkinchi (cho'kma, gaz, niqoblanish holati) fazaga o'tkaziladi. Ajratish uchun yuqoridagilardan tashqari filtrlash, tsentrifugalash, haydash, kristallash va boshqalar ishlatilishi mumkin. Fizikaviy va fizik-kimyoviy usullarda tekshiriladigan modda biror ta'sir tufayli ikki fazaga ajratilishi mumkin. Masalan, qattiq modda - eritma; qattiq modda - gaz; eritma - gaz; eritma I - eritma II va hokazo.

Ajratish jarayonida muvozanat o'rnatilishi uchun har ikkala faza astoydil aralashtiriladi. Buning natijasida birinchi fazadagi bir yoki bir

necha modda ikkinchi fazaga o'tadi. Bunda bir fazadan ikkinchisiga o'tkazishning imkon boricha to'liq bo'lishiga e'tibor beriladi va aniqlanadigan tarkibiy qism bir fazada, xalaqit beruvchi tarkibiy qism ikkinchi fazada bo'lishi zarur.

Analitik kimyo fani-kimyoviy moddalarni analiz qilish haqidagi fandır. Analitik kimyo usullarini quyidagicha ikkiga bo'lish mumkin:

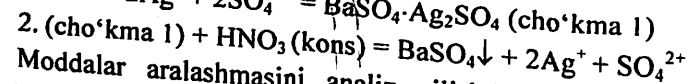
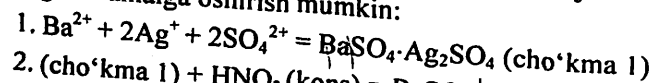


Bu usullar o'z navbatida bir necha turga bo'linadi. Bu haqda keyinroq to'xtalib o'tiladi.

Biror obyektдан moddani aniqlashda usulning sezgirligining kamligi, tanlab ta'sir etuvchanligi va selektivligining kamligi tufayli ajratish va konsentrlash usulining zarurati tug'iladi.

Masalan  $Pb^{2+}$  va  $Ba^{2+}$  ionlari aralashmasini aniqlashda tanlab ta'sir etuvchan usul bo'lmaganligi tufayli ularni bir-biridan ajratish zarur.

Shuningdek  $Ba^{2+}$  va  $Ag^+$  ionlarini bir-biridan ajratishda, jarayonni quyidagicha amalga oshirish mumkin:



Moddalar aralashmasini analiz qilishda quyidagi analitik sikl amalga oshiriladi.

1. Namunani tanlash, ya'ni namunani analiz uchun tanlab olish:
2. Namuna tayyorlash, ya'ni namunani analiz uchun tayyorlash:
  - a) quruq yoki ho'l zolga aylantirish:
  - b) kislotaliligini (pH ini) keltirish:
  - d) so'ngra ajratish va konsentrlash:
3. Miqdoriy aniqlash:
4. Analiz natijalarini matematik statistika usulida qayta hisoblash.

Ajratish va konsentrlash analitik kimyoning bir bo'limi bo'lib XX asrning 60-yillaridan shakllangan.

## 1.2. Ajratish va konsentrlash usullarining tasnifi

Ajratish va konsentrlash usullari tahlil etiluvchi aralashma tarkibiy qismlarini eruvchanligi, qaynash temperaturasi, tashqi elektr maydonida zarralar harakat tezligi, sorbsiya va boshqa xossalari farqidan foydalanishga asoslangan. Ajratish va konsentrlash usullarini eng ko'p tarqalgan turlariga quyidagilar kiradi.

Konsentrlanuvchi modda bo'lgan eritmani *bug'latish usullari* (bug'latish, xaydash, sublimatlash). Bu usullarning ikki turi mavjud bo'lib, *qisman bug'latishda* makrotarkibiy qismni (erituvchini) bir qismi aralashmada qoladi. To'liq bug'latishda - aralashmadan quruq qoldiq qolguncha bug'latiladi va makrotarkibiy qism - erituvchi aralashmada qolmaydi.

*Kulni ajratish usulida* dastlabki aralashma (ashyo) tarkibidagi tahlil etiluvchi modda, qizdirish usulida mineral qoldiq - kul holda ajratib olinadi. Bu usul aniqlanuvchi tarkibiy qism (masalan, metallar, mikroelementlar) yonuvchan makrotarkibiy qismning (masalan, o'simlikning) katta hajmida mavjudligini aniqlash uchun qo'llanadi. Bu usul dorivor o'simlik xom ashyosini tahlil etishda qo'llanadi. Buning uchun quruq xom ashyo namunasi havoda tamoman kulga aylanguncha sekin yoqiladi.

Namunani kulga aylanishining quruq va ho'l usullari bo'lib, ularning mohiyati quyidagicha tushuntiriladi.

*Quruq usulda* 1-5 g namuna chinni, kvarts yoki platinadan yasalgan tigel (kosachaga) solinib, sekin isitila boshlanadi, yonish shiddatli bo'lib yonish mahsuloti zarralari tigeldan chiqib ketmasligi kerak. Uchuvchan moddalar uchib, namuna batamom yonib bo'lgach, tigeldagi qoldiq turg'un massaga kelguncha (ya'ni massa kamayishi to'xtaguncha) ( $\sim 500^\circ C$ ) cho'g'latiladi, har gal tortishdan avval eksikatorida xona xaroratigacha sovutiladi. Uglerodli zarrachalar to'la yonmay qolgan holatlarda unga ozroq suv yoki  $NH_4NO_3$  to'yingan eritmasidan qo'shib, suvni suv hammomida bug'latgach, qoldiq cho'g'latiladi. Bu amal kerak bo'lsa takrorlanadi.

**Ho'l usulda** (Farmakopeya tahliliga xos sulfatli kulni aniqlashda) chinni, kvars yoki platina tigelga joylangan dastlabki aniqlanuvchi moddaning namunasi tegishli reagent (masalan, konsentrlangan sulfat kislotasi) bilan namlanadi, erituvchi va uchuvchan moddalar uchib tamom bo'lguncha sekin isitiladi va qoldiq ( $\sim 500^{\circ}\text{C}$ ) doimiy (turg'un, o'zgarmas) massaga kelguncha cho'g'latiladi. Lozim bo'lsa shu amal takrorlanadi.

Hosil bo'lgan kul qoldig'idan tegishli usullar vositasida u yoki bu tarkibiy qismlar ochiladi va aniqlanadi.

**Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish usullari** kimyoviy tahlilda keng qo'llaniladi: keyingi boblarda buning mohiyati batafsil ko'rib chiqiladi.

**Kristallash** usuli qo'shimcha moddalarni konsentrlash maqsadida (masalan, zonali suyuqlantirish) ishlatiladi.

**Ekstraksiya**-ajratiluvchi tarkibiy qismni ikki xil o'zaro aralashmaydigan fazalarda (ikki suyuq yoki suyuq va qattiq) eruvchanligining farqlanishiga asoslangan usuldir.

**Sorbtsion usullar** ajratiluvchi yoki konsentrlanuvchi moddalarni sorbentga shimilish xususiyatlarini farqlanishiga asoslangan. Bunda *adsorbtsiya* (sorbent sirtiga shimilish), *absorbtsiya* (sorbentning butun hajmiga shimilish), *xemosorbtsiya* (shimilish kimyoviy reaksiya bilan bevosita bog'liq bo'lsa) hodisalaridan foydalaniladi. Ko'p hollarda sorbtsioning uchchala turi ham bir vaqtda namoyon bo'lishi mumkin.

Moddani mikro miqdorini konsentrlash uchun aksariyat hollarda *tanlab adsorbtsiyalash* usulidan foydalaniladi. Sorbent sifatida g'ovak qattiq moddalar - faollashtirilgan ko'mir, gilmoya (silikagel), metall oksidlari va gidroksidlari, sintetik yuqori molekulyar birikmalar va boshqa moddalar ishlatiladi.

Tanlab adsorbtsiyalanishga ichimlik yoki suv havzalaridagi suv tarkibidagi metall kationlarini mikromiqdorini faollashtirgan ko'mirga sorbtsiyalab keyin ularni miqdorini aniqlash misol bo'la oladi. Buning uchun tahlil qilinayotgan suvning katta hajmiga ( $\sim 11$ ) pH 8-10 bo'lguncha ammiakli bufer va suvda juda oz miqdorda bo'lishi mumkin bo'lgan mis, rux, kadmiy, simob, alyuminiy, qo'rg'oshin, xrom, marganets, temir, kobalt, nikel va boshqa metall ionlari bilan barqaror oksixinolinat kompleksini hosil qiluvchi 8-oksixinolinni atsetondagi eritmasidan o'zgina

qo'shiladi. So'ngra suvni faollashtirilgan ko'mir to'ldirilgan filtdan o'tkaziladi. Filtrlash vaqtida metallarni oksixinolinatli komplekslari faollashtirgan ko'mirga amalda to'liq adsorbtsiyalanadi (konsentrlanish koeffitsienti  $\sim 10^4$ ). Sorbtsiyalangan ionlarni desorbtsiyalash uchun  $10\text{ sm}^3$  nitrat kislotasi eritmasi bilan yuviladi. Hosil bo'lgan nitrat kislotali konsentrat tarkibidagi metallar turli (masalan, optik) usullarda aniqlanadi.

Sorbtsion usullarni tabiiy suv yoki turli eritmalaridagi kumush, oltin, platina guruhiga oid - ruteniy, osmiy, rodiy, iridiy, palladiy, platina kabi nodir metallarni juda oz miqdorini konsentrlash, ajratish va aniqlashda qo'llash mumkin. Bunda aniqlanuvchi metall sorbentga sorbtsiyalanishi sababli katta hajmli eritmadan kichik massali sorbentga o'tib konsentrlanadi. Sorbent sifatida organik polimer, ion almashtiruvchi yoki kompleks hosil qiluvchi guruhlar (to'rtlamchi ammoniy yoki fosfoni asoslari, tiomochevina xosilalari) bilan kimyoviy modifikatsiyalangan silikagel sirtiga payvandlangan birikmalar ishlatiladi.

Yuqorida ko'rsatilgan nodir metallarni kislotali (sulfat, xlorid) eritmalaridan tanlab sorbtsiyalash mumkin. Konsentrlash jarayoni tugallangach, metallar sorbentdan kichik hajmli eritmaga desorbtsiyalanadi va shu eritmadagi metall miqdori, masalan, optik usullarda aniqlanadi.

**Elektrokimyoviy usullar.** Aralashma tarkibiy qismlarini ajratish va ochish uchun eritmadagi zaryadlangan zarrachalarni tashqi elektr maydonda harakatlanish (siljish) tezligini farqiga asoslangan *elektroforez* usullaridan (elektroforetik usullardan) foydalaniladi. Tashqi elektr maydoni ta'sirida turli tezlik bilan harakatlanuvchi ionlar bir-biridan ajrab, tabiatiga ko'ra turli ionlar zonalarini hosil qiladi. Bu zona (sohalar) ni turli usullarda ochish mumkin.

Elektroforez erkin bog'lanmagan muhitda (erkin harakatlanuvchi suyuqlikda) olib borilsa - *frontal elektroforez*, yoki bog'langan muhitda, ya'ni g'ovak asosga (filtr qog'oz, sellyuloza, kukunsimon plastmassa, kraxmal, alyuminiy oksidi, silikagel, poliakrilamid geli, agar atsetilsellyuloza, shisha kukuni) shimdirilgan holda, *zonali elektroforez*, deb ataladi.

Elektroforez uskunasi tok manbai, elektroforez kamerasi, kamerani tok manbai bilan bog'lovchi ikki elektrod aralashmadagi ajralgan tarkibiy

qismlarni yig'ib oluvchi va ochuvchi moslamalardan iborat. Elektroforetik uskunaning turli variantlari ishlab chiqarilgan.

Harakatchan faza (gaz, suyuqlik) tarkibida harakatlanuvchi moddalarni qo'zg'almas (statsionar) fazaga nisbatan, moyilliklarini farqiga asoslangan usullar turkumi - ajratish va konsentrlashning *xromatografik usullari* deyiladi. Keyingi boblarda bu usullar batafsil ko'rib chiqiladi.

### 1.3. Ajratish va konsentrlash usullarining asosiy tushunchalari

Mikroelement yoki mikrokomponentning miqdoriy tarkibi  $C < 10^{-2}\%$ , bo'lsa, uni mikroelement deb hisoblash qabul qilingan.

Makrokomponent yoki matritsa komponenti (yoki matritsa), analiz qilinayotgan namunaning asosi. Ya'ni matritsa - bu asosiy komponent hisoblanadi.  $C_{\text{makro}} \gg C_{\text{mikro}}$

**Namuna** - analiz qilinadigan aralashmaning bir qismi.

**Konsentrat** - bu namuna tayyorlashning hamma jarayonlaridan o'tkazilgan (ajratish va konsentrlashni ham birga qo'shib hisoblaganda) namunadir.

**Ajratish.** Bu jarayonda yoki usulda aralashmani tashkil etuvchi moddalar bir-biridan ajratiladi. Bunda qaysi moddani qaysinisidan ajratishning ahamiyati yo'q.

**Konsentrlash.** Bu jarayon yoki usulda mikroelementning konsentratdagi miqdorining uning namunadagi miqdoriga nisbatan ortishi kuzatiladi. Bunda makro - va mikroelementlarning konsentratsiyalaridagi farqi muhim ahamiyatga egadir.

**Ajratib olish.** Bunda kerakli komponentlar mustaqil faza yoki uning bir qismi sifatida ajratib olinadi.

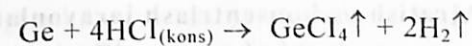
Ajratish va konsentrlash bir - biri bilan uzviy bog'liq, shuning uchun ularni ajratish va konsentrlash usullari deyiladi.

#### Konsentrlash turlari.

1. Absolyut konsentrlash.
2. Nisbiy konsentrlash
3. Individual konsentrlash
4. Gruppaviy konsentrlash

1. **Absolyut konsentrlash.** - Mikroelementni katta hajmdan kichik hajmga o'tkazish. Bunda mikroelementning konsentratsiyasi oshadi.

2. **Nisbiy konsentrlash.** Bu usul natijasida matritsa komponenti ajratiladi va matritsaning ajratilishi, ya'ni uning halaqit berish ta'siri yo'qotilishi hisobiga usulning tanlab ta'sir etuvchanligi ortadi. Matritsasi ajratib olingan eritma qo'shimcha ravishda bug'latiladi va natijada eritma konsentrlanadi. Masalan, germaniy elementi bilan Cu, Zn, Ni - mikroelementlari ( $10^{-7}\%$ ) uchraganda (bunda germaniy matritsa), namuna konsentrlangan xlorid kislotada eritiladi va haydaladi. Haydash germaniyning xloridlarining uchuvchanligiga asoslangan



Qolgan eritma bug'latilib Cu, Zn, Ni konsentrlanadi.

3. **Individual** (yoki tanlab ta'sir etuvchan) konsentrlash. Bunda faqat bitta element ajratib olinadi yoki ketma-ket bir necha element ajratib olinadi. Masalan, geologik obyektlarda oltin, simob va boshqalar.

4. **Gruppaviy konsentrlash.** Bunda bir yo'la bir necha element ajratib olinadi va konsentrlanadi.

Gruppaviy konsentrlashda analitik kontrol soddalashadi, reaktiv sarfi kamayadi va analiz uchun sarflanadigan vaqt kamayadi.

Bu usul emission-spektral, rentgen - fluoressent, atom-emission analizlar uchun, yani ko'p elementli analiz uchun qulaydir. Masalan oqava suvlaridan Be, Cd, Bi, Pb, Hg va boshqa elementlar, ba'zi obyektlardan Co, Mn, Mo va boshqalarni ajratib konsentrlash va miqdoriy aniqlashda.

Konsentrlashni ikki usul bilan olib borish mumkin.

1. Matritsani yo'qotish (ya'ni ajratib tashlash)

2. Mikroelementlarni ajratib olish

Amaliyotda ikkala usul ham qo'llaniladi. Ularni qaysi biriga afzallikni berish murakkabdir. Bu aniqlanadigan obyektning xarakteriga (qo'yiladigan masalaga, analiz qilinadigan obyekt tabiatiga, mikroelementlarni soniga) bog'liq bo'ladi.

Agar matritsa oddiy ya'ni bir elementli bo'lsa, birinchi usulni qo'llaniladi, bu sharoit bajarilmasa ikkinchi usuldan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Birgalashib cho'kish usuli mikroelementlarni ajratib olish bilan har doim uyg'unlashadi. Matritsani ajratishda esa mikroelementlarni bir qismi yo'qotiladi. Shuning uchun matritsani ajratish unchalik maqsadga muvofiq emas.

Ajratish va konsentrlash analitik kimyoning bir bo'limi bo'lib XX asrning 60-yillaridan shakllangan.

#### 1.4. Ajratish va konsentrlash jarayonlarining asosiy miqdoriy tavsiflari

Hozirgi vaqtda materiallarning tozaligiga qo'yiladigan talabning ortishi, atrof-muhitni nazorat qilish muammolarining ko'ndalang bo'lib turishi mikroaralashmalarni aniqlash masalasining dolzarbligiga olib keldi. Zamonaviy analiz usullarining sezuvchanligi har xil bo'lib, sezuvchanligi yuqori usullar maxsus asboblari talab qilgani, analiz tannarxining qimmatligi, ulardan foydalanishni ancha cheklaydi. Tannarxi arzon va qulay usullarning esa sezuvchanligi yetarli emas, bundan tashqari, aniqlanadigan modda miqdori qancha kam bo'lsa, aniqlash xatosi shuncha katta bo'ladi. Moddalarning juda kam miqdorlarini (asarini) aniqlash uchun zaruriy miqdor sifatida  $10^{-7} \div 10^{-8} \text{ mol/l}$  olingan, ayrim hollarda, bu miqdor ancha kam bo'lishi ( $10^{-14} \text{ mol/l}$ ) ham mumkin. Bunday kam miqdor moddani aniqlash uchun, ko'pincha, atom-absorbsion, neytron-aktivatsion, rentgen-fluorescent singari fizikaviy usullar ishlatiladi.

Mikrotarkibiy qismlarni aniqlash, asosan, ikki masalaga qaratilishi mumkin:

- 1) asosiy tarkibiy qismlar miqdorini kam massa yoki hajmdagi namunalardan aniqlash;
- 2) kam miqdordagi moddani massasi yoki hajmi ancha katta bo'lgan namunalardan aniqlash.

Birinchi masalani hal qilish uchun ultramikroanaliz usullari, jumladan, ultramikrokimyoviy tahlil ishlatilishi mumkin. Bunda moddaning massasi mikrotarozilarda o'lchanadi, cho'kmalar mikroskop yordamida kuzatiladi. Eritmalarning hajmi mikrobyuretkalar va mikropipetkalar yordamida o'lchanadi. Ikkinchi masalani hal qilish uchun tekshiriladigan modda

tarkibidagi aniqlanadigan modda konsentrlanadi, aks holda, uni ajratish, topish va aniqlashning iloji bo'lmaydi.

Konsentrlash mutlaq (absolyut) va nisbiy bo'lishi mumkin. *Mutlaq konsentrlashda* aniqlanadigan mikrotarkibiy qism ko'p hajmdan kam hajmga o'tkaziladi. *Nisbiy konsentrlashda* mikrotarkibiy qismning makrotarkibiy qismdan ajratilishi natijasida mikrotarkibiy qism konsentratsiyasining makrotarkibiy qism konsentratsiyasiga nisbati ortadi. Konsentrlash doimo ajratish bilan bog'liq bo'ladi, shuning uchun ham barcha ajratish usullari konsentrlashda ishlatiladi. Konsentrlashning cho'ktirish, birgalashib cho'kish, elektroliz, haydash, ekstraksiya, xromatografiya, flotatsiya, zonalab suyuqlantirish va shular singari boshqa usullarini sanab o'tish mumkin.

Har qanday ajratish va konsentrlash topish va aniqlash bilan bog'liq bo'lganligi uchun u gravimetriya, titrimetriya va boshqa aniqlash usullari bilan tugaydi. Bunday usullar *gibrid* usullar deb yuritiladi. Aytib o'tilgan konsentrlash usullaridan qaysi birini tanlash masalasi juda muhimdir. Bu masalani hal qilish tekshiriladigan obyektning tabiati, uning kimyoviy tarkibi, moddani aniqlash uchun qo'llanilishi ko'zda tutilgan usul, tahlilning qancha cho'zilishi, laboratoriya sharoitida mavjud bo'lgan asbob va jihozlar, reaktiv va erituvchilar singarilarga bog'liq. Ayrim hollarda bir necha usul ketma-ket qo'llanilishi mumkin. Odatda, konsentrlash guruhlab yoki ayrim-ayrim bo'lishi mumkin. Guruhlab konsentrlashda bir amal davomida bir necha mikrotarkibiy qism ajratiladi. Ayrim-ayrim konsentrlashda tekshiriladigan obyekt tarkibidagi moddalardan bittasi aniqlanadigan konsentrlanadi. Konsentrlashda boshqa tarkibiy qismlar, ya'ni negiz yo'qotilishi yoki mikrotarkibiy qism ajratilishi mumkin. Guruhlab ajratish negiz bir elementdan, masalan, metallardan iborat bo'lganda yoki kimyoviy tarkibi sodda bo'lganda qulay bo'ladi.

Ajratish va konsentrlash bir yoki ko'p bosqichli bo'lishi mumkin. Ko'pchilik hollarda, bir bosqichli ajratish va konsentrlashda ajratiladigan va konsentrlanadigan modda to'lig'icha ajralmaydi, shuning uchun ko'p bosqichli ajratishdan foydalanishga to'g'ri keladi. Bir bosqichli ajratish va konsentrlashda ham, ko'p bosqichli ajratish va konsentrlashda ham ajratishning to'laligi tekshirilishi kerak. Buning uchun kimyoviy, spektral, radiokimyoviy, elektr kimyoviy va boshqa sezgir usullardan

foydalanadilar. Ajratishning to'raligini tekshirish uchun tanlanadigan usul qulay, tezkor va aniq bo'lishiga alohida e'tibor beriladi. Ajratish va konsentrlash to'la bo'lgandan so'ng moddani analiz qilishga kirishiladi. Buning uchun esa tegishli usul tanlanadi.

Analiz usulini tanlash va baholashda aniqlanadigan moddaning xossalari, uni analizga tayyorlash va analiz qilish uchun sarflanadigan vaqt, analiz qilinuvchi obyektning tabiati, laboratoriya jihozlari, ularning zaruriy sezuvchanligi va aniqlik chegarasi kabilarga e'tibor beriladi. Analiz qilish uslubini tanlash va baholashda o'rtacha namuna olish, uni analizga tayyorlash, moddani analiz uchun qulay agregat holatga (eritma, gaz) o'tkazish, analiz uchun zaruriy sharoit yaratish va analizni bajarish asosiy mezonni tashkil etadi.

**1. Ajratib olish darajasi.**  $R$  - u quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$R = \frac{q_k}{q_n} \text{ yoki } R = \frac{q_k}{q_n} \cdot 100$$

Bunda  $q_k$  - mikroelementning konsentratdagi absolyut miqdori;  
 $q_n$  - mikroelementning namunadagi absolyut miqdori:

$R$ -o'lchovsiz kattalik bo'lib, modda absolyut miqdorining qancha qismi konsentratda ekanligini ko'rsatuvchi kattalik hisoblanadi va birning ulushlarida yoki foizlarda o'lchanadi.

$R$ -ning qiymati oxirgi aniqlash natijasini sistematik xatoni hisobga olgan holda to'g'rilashga imkon beradi. Masalan, temirning tajribada topilgan miqdori 20 mkg va  $R=0,8$  (ya'ni 80%) bo'lsa, ya'ni  $X_{iFe}$  (tajribada topilgani) = 20 mkg;  $R=0,8$  (yoki 80%) u holda

$$\begin{aligned} 20 \text{ mkg} & \text{-----} 80\% \\ X_{\text{to'g'rilangani}} & \text{-----} 100\% \\ X_{\text{to'g'rilangani}} & = \frac{20 \text{ mkg} \cdot 100\%}{80\%} \end{aligned}$$

bundan  $X_{\text{to'g'ri}} = \frac{X_{\text{taj.}}}{R} \cdot 100$  bo'ladi.

Ajratib olish darajasi ( $R$  ni real obyekt tarkibiga o'xshash yoki shu tarkibga yaqinlashtirilgan) tarkibdagi standart namuna komponentlarini aniqlash sharoitidagidek aniqlanadi.

**2. Konsentrlash koeffitsienti** -  $K$  quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$K = \frac{q_k}{Q_k} \cdot \frac{q_n}{Q_n} = \frac{q_k \cdot Q_n}{Q_n \cdot Q_k} = R \frac{Q_n}{Q_k}$$

$k$ -o'lchovsiz kattalik bo'lib, konsentratdagi element va matritsa absolyut miqdorlari nisbati dastlabki namunadagi element va matritsa absolyut miqdorlari nisbatiga nisbatan necha marta o'zgarganligini ko'rsatadi.

Bunda  $Q_n$  - makroelementning namunadagi absolyut miqdori.

$Q_k$  - makroelementning konsentratdagi absolyut miqdori.

Agar  $Q_n \gg q_n$ ,  $Q_k \gg q_k$ ,  $R=1$  bo'lsa, u holda  $K = \frac{Q_n}{Q_k}$  bo'ladi.

Konsentrlash koeffitsientini darajalangan grafik tuzishda va elementni miqdorini aniqlashda hisobga olinadi.

$K$  ning qiymati qanchalik katta bo'lsa usulning effektivligi shunchalik yuqori bo'ladi.

Masalan birgalashib cho'kish. Sorbsiya usullarida  $K$  ning qiymati  $10^3$  -  $10^4$  kabi bo'lsa bunday usullar effektiv hisoblanadi.

$$K = \frac{C_{\text{mikroelement (konsentratda)}}}{C_{\text{mikroelement (namunada)}}} = \frac{V_{\text{boshlang'ich}}}{V_{\text{oxirgi}}}$$

**3. Ajratish darajasi** -  $S$ . Ajratish darajasi konsentrlash koeffitsientiga teskari bo'lgan kattalikdir va u quydagicha aniqlanadi.

$$S = \frac{Q_k}{q_k} \cdot \frac{Q_n}{q_n} = \frac{1}{K}$$

Bu kattalik kamdan kam ishlatiladi. Odatda bu kattalikning kichik bo'lgani yaxshi.

Har bir usul o'zining xarakteristikasiga ega. Lekin bu yuqorida ko'rilgan uchta kattalikni istagan usulning xarakteristikasi (xususiyati) (ajratish va konsentrlash) sifatida foydalanish mumkin.

Konsentrlashning afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Aniqlanish quyi chegarasini ikki - uch tartibga (ya'ni 100 va hatto 1000 martagacha) kamaytiradi, sezgirlikni esa keskin oshiradi

2. Tanlab tasir etuvchanlikni oshiradi.

3. Analitik usullarning analitik imkoniyatlarini kengaytiradi.
4. Ajratish va halaqit beruvchi tasirlar yo'qotilishi hisobiga usulning metrologik xarakteristikasini yaxshilaydi.

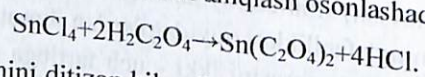
Konsentrlashning kamchiliklari esa quydagilardan iborat;

1. Aniqlash uchun sarflanadigan vaqtning uzayishi
2. Qo'shimcha reagentlar sarflanishi
3. Matritsani ajratish jarayonida birgalashib cho'kish hisobiga mikroelementlar bir qismining yo'qotilishi xatoliklarga olib keladi.

### 1.5. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblash

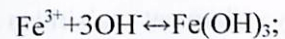
Niqoblash deganda, xalaqit beruvchi tarkibiy qismni analiz qilinadigan moddani topish va aniqlash reaksiyasiga ta'sir ko'rsatmaydigan, boshqa kimyoviy ko'rinishga o'tkazish tushuniladi. Niqoblash orqali analitik amallarning selektivligini oshirish ancha samarali bo'ladi. Niqoblashning boshqa ajratish usullaridan afzalligi uning tez bajarilishidir.

Niqoblash uchun ishlatiladigan reagent aniqlanadigan modda bilan ta'sirlashmasligi yoki juda kam ta'sirlashishi kerak. Agar reagent aniqlanadigan modda bilan ta'sirlashsa, analiz vaqtida uning ta'sirlashish mahsulotini aniqlash uchun qulay holatga o'tkazish, xalaqit beruvchi modda hosil qilgan mahsulotnikiga nisbatan oson bo'lishi kerak. Niqoblash uchun komplekslanish, oksidlanish darajasini va eritmaning  $pH$  qiymatini o'zgartirish, cho'ktirish singarilardan foydalaniladi. Xalaqit beruvchi moddani komplekslashda uning tegishli ligand bilan hosil qilgan kompleksining barqarorligi yuqori bo'lishi kerak. Buning uchun barqarorligi yuqori komplekslar hosil qilishga harakat qiladilar. Ko'plab ionlar tsianid, rodanid va EDTA (etilendiamintetraatsetat) bilan barqaror komplekslar hosil qiladi. Masalan, qalay (IV) va surma (III) ionlari vodorod sulfid ta'siridan sulfidlar holida cho'kkanligi uchun ularni aniqlash murakkab bo'ladi. Agar oksalat kislotaga qo'shib, qalay ionini kompleksga bog'lansa, surma ionini aniqlash osonlashadi:



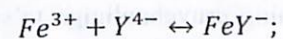
Simob (II) ionini ditizon bilan fotometrik aniqlashga mis, qo'rg'oshin va vismut ionlari xalaqit beradi. Agar shu eritmaga EDTA qo'shilsa, bu ionlar kompleksga bog'lanadi va simobni aniqlashga xalaqit berolmaydi.

Katta konsentratsiyali xrom (III), mis (II), kobalt, nikel va marganets (II) singari ionlarni EDTA bilan niqoblash analizni ancha qiyinlashtirishi mumkin, chunki bu ionlar EDTA bilan rangli komplekslar hosil qiladi. Bunday hollarda boshqa komplekslovchilardan foydalanadilar. Niqoblash uchun qo'shiladigan komplekslovchi moddaning miqdori qancha bo'lishi kerak? degan savol ham tug'ilishi tabiiy. Bunday vaqtda asosiy va niqoblash reaksiyalarining konstantalarini bilishga to'g'ri keladi. Ushbu masalani temir (III) ionini gidroksid holida ( $pH=10$ ) cho'ktirish misolida ko'rib chiqamiz. Asosiy reaksiyada



$$K_s^o = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = 1 \cdot 10^{-38}$$

va niqoblash reaksiyasida



$$\beta = \frac{[\text{FeY}^-]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{Y}^{4-}]} = 1 \cdot 10^{25}$$

hosil bo'ladi.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  hosil bo'lishining oldini olish uchun eritmadagi  $[\text{Fe}^{3+}]$  qiymatning mumkin qadar kam bo'lishini ta'minlash zarur. Tajribalar va hisoblashlarning ko'rsatishicha, buning uchun

$$[\text{Y}^{4-}] \geq 10 C_{\text{Fe}}$$

bo'lishi kerak.

Niqoblash samaradorligini baholashni osonlashtirish uchun Cheng mezonidan ( $M_R$ ) foydalanish qulay:

$$M_R = \frac{(pM)_n^2}{(pM)_{ch}}$$

Bu yerda:  $n$  - niqoblash, cho'ktirishdir.  $M_R > 7$  bo'lganda niqoblash samarali hisoblanadi. Ayrim hollarda, niqoblash uchun cho'ktirish reaksiyasidan ham foydalanadilar. Masalan, magniyni EDTA yordamida kompleksonometrik aniqlashda eritmada bo'lgan bariy ionini analizga xalaqit beradi, chunki bariy ham EDTA bilan kompleksga bog'lanadi. Agar eritmadagi bariy ionini bariy sulfat shaklida cho'ktirilsa, u magniyni aniqlashga xalaqit berolmaydi. Niqoblash maqsadlarida oksidlanish darajasini o'zgartirish amali ancha keng qo'llaniladi. Masalan, kobaltni

tetradanokobaltat (ko'k rangli) shaklida fotometrik aniqlashga temir (III) ionidan bilan qizil rangli kompleks hosil qilgani uchun xalaqit beradi. Agar temir (III) temir (II) ga aylantirilsa, kobaltni aniqlashga xalaqit berolmaydi. Shuningdek, temir (III) ionini gravimetrik aniqlashga xrom (III) ionini xalaqit beradi, chunki xrom (III) ham gidroksid hosil qilib cho'kadi. Agar xrom (III) ion xrom (VI) ionga aylantirilsa, u analizga xalaqit berolmaydi. Biz yuqorida analitik reaksiyalar o'tkazish uchun zarur bo'lgan  $pH$  qiymatini bufer aralashmalar yordamida hosil qilishni ko'rib o'tgan edik. Bu reaksiyalar ham ionlarni niqoblashning bir turi sanaladi. Masalan, bariyni kaliy dixromat ta'siridan bariy xromat shaklida cho'ktirishda hosil bo'ladigan kislota cho'kmaning talay qismini eritib yuboradi. Agar shu eritmaga cho'ktirishni boshlashdan oldin natriy atsetat qo'shilgan bo'lsa, hosil bo'ladigan kuchli kislota kuchsiz sirka kislotaga aylanadi va u cho'kmaning eruvchanligiga ta'sir ko'rsata olmaydi. Agar eritmada temir (III) va mis (II) ionlari bo'lsa, ular gidrofosfatlar ta'siridan fosfatlar hosil qilib cho'kadi. Agar eritmaning  $pH$  qiymati 4-5 bo'lishi ta'minlansa, mis temirni cho'ktirishga xalaqit berolmaydi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ajratish va konsentrlashning qanday usullari bor?
2. Ajratish va konsentrlash analizda qanday maqsadlarni nazarda tutadi?
3. Ajratish olish darajasi nima va u qanday ahamiyatga ega?
4. Ajratish va konsentrlashning samaradorligi deganda nimani tushunasiz?
5. Ajratish darajasi analitik kimyoda qanday ahamiyatga ega?
6. Konsentrlash koeffitsiyenti nima?
7. Ajratish va konsentrlash omili nima va u qanday ifodalanadi?
8. Mutlaq va nisbiy konsentrlash deganda nimalarni tushunasiz?
9. Ajratish va konsentrlashning to'laligi qanday tekshiriladi?
10. Gibril usullar nima? Ular qanday qo'llaniladi? Misollar keltiring.
11. Niqoblashning qanday turlari bor?
12. Nima uchun halaqit beruvchi moddalarni ajratish yoki niqoblashga to'g'ri keladi?
13. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblash usullari nimaga asoslangan?
14. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblashda qanday xavf tug'ilishi mumkin? Bu xavfning oldini olish uchun nima qilish kerak?

15. Komplekslash orqali niqoblashga misollar keltiring. Bunday niqoblash boshqalaridan nimasi bilan farq qiladi? Uning qanday afzallik va kamchiliklari bor?

16. Cho'ktirish orqali niqoblash qanday amalga oshiriladi? Bu usulning qanday afzallik va kamchiliklarini bilasiz?

17. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblashga misollar keltiring.

18. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblash uchun oksidlovchi yoki qaytaruvchi qanday tanlanadi?

19. Eritmaning  $pH$  qiymatini o'zgartirish orqali niqoblash nimaga asoslangan? Bu usul yordamida qanday moddalarni niqoblash mumkin?

20. Konsentratsiyasi juda kam va ko'p tarkibli moddalar aralashmasini analiz qilish uchun analiz usuli va analiz sxemasi qanday tanlanadi? Bunda ajratish va konsentrlash usullariga qanday o'rin beriladi?

21. Qanday hollarda ajratish va konsentrlash usullaridan foydalaniladi?

22. Moddalar aralashmasini analiz qilishda amalga oshiriladigan sikl nimalardan iborat?

23. Ajratish va konsentrlash usullarining asosiy tushunchalari nimalardan iborat?

24. Ajratish va konsentrlashning uzviy bog'liqligi nimada?

25. Gruhli konsentrlashning ahamiyati nimalardan iborat?

26. Konsentrlash jarayoni necha turga bo'linadi?

27. Konsentrlash usuli qanday afzalliklarga ega?

## 2. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARINING KLASSIFIKATSIYASI VA TANLASH MEZONI.

**Tayanch iboralar:** *ajratish va konsentrlash usullarining klassifikatsiyasi, mohiyati, kimyoviy hamda fizik-kimyoviy ajratish va konsentrlash, ajratish jarayonidagi bosqichlar soni asosida ajratish va konsentrlash kombinatsiyalangan usullari, gibridli usullar, ajratish va konsentrlash usullarining tanlash mezonlari.*

### 2.1. Ajratish va konsentrlash usullarining klassifikatsiyasi

Ajratish va konsentrlashni umumiy holda uch turga bo'lish mumkin:

1. **Ajratish usullari** - komponentlar konsentratsiyasi bir-biriga yaqin bo'lganda ular bir-biridan ajratiladi

2. **Konsentrlash usullari** - mikrokomponentlarni matritsadan ajratish hisobiga konsentrlash

3. **Tozalash usullari** - bu konsentrlash jarayonining teskarisidir. Bundan asosiy maqsad matritsani (asosni) mikrokomponentlardan ajratishdan iboratdir.

Ajratish va konsentrlash uchun ko'plab usullar qo'llaniladi.

Bug'latish - konsentrlashning birinchi usullari bo'lsa, so'ngra cho'ktirish, birgalashib cho'ktirish, ekstraksiya, elektrokimyoviy usullar va hokozalar.

Usullarning turli-tumanligi (ko'pligi) ning "salbiy" tomoni ham bor, ya'ni ular ajratish va konsentrlash usullarini tanlashni qiyinlashtiradi. Shuning uchun ham ularni klassifikatsiyalab o'rganish maqsadga muvofiqdir. Ajratish va konsentrlash usullarini turli xil xarakteristikalar va prinsiplari asosida bir necha xil *klassifikatsiyalash* mumkin:

#### Jarayonining tabiati asosida 2 turda klassifikatsiyalanadi:

1.1. **Kimyoviy va fizik-kimyoviy ajratish va konsentrlash usullari.** Bular kimyoviy reaksiyaga asoslangan usullardir.

Bularga misol sifatida cho'ktirish, birgalashib cho'ktirish, elektroliz, xromatografiya, ekstraksiya va boshqalarni keltirish mumkin.

1.2. **Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullari.** Bu usullarda kimyoviy reaksiya ketmaydi. Bu usullarga misol sifatida: kiristallanish, haydash, sublimatlanish, distillatsiya, bug'latish, muzlatish, filtrlash, gel-filtrlash va hokozalarni keltirish mumkin.

Ajratish jarayonidagi bosqichlar soni asosida 2 turda klassifikatsiyalanadi

2.1. Bir bosqichli ajratish va konsentrlash usullari. Bu usullarga cho'ktirish, birgalashib cho'ktirish, elektroliz va hokozalar misol bo'la oladi

2.2. Ko'p bosqichli ajratish va konsentrlash usullari. Bu usullarga xromatografiya, distillatsiya va boshqalar misol bo'la oladi.

Ko'p bosqichli ajratish va konsentrlash har doim effektivroq hisoblanadi va ajratish hamda konsentrlash usullarining ideal hollaridan biridir.

**Fazalar soni va xarakteri asosida 3 turda klassifikatsiyalanadi**

3.1. Gaz fazasida

3.2. Qattik faza va uning gaz fazasi bilan kombinatsiyasi asosida.

3.3. Suyuq faza asosida

#### Kinetik omillar asosida

Bir qator platina metallari ligandlar bilan turli labillikda kompleks birikmalar hosil qiladi ya'ni metallar organik reagentlar bilan turli tezlikda o'zaro ta'sir etadi.

### 2.2. Ajratish va konsentrlash usullari qo'llaniladigan asosiy obyektlar

Ajratish va konsentrlash usullari asosan quyidagi murakkab obyektlarni analiz qilishda qo'llaniladi:

1. Qotishmalar.

2. Geologik obyektlar

3. Eng muhim toza moddalar

4. Atrof- muhit obyektlari

5. Biologik obyektlar (to'qimalar, o'simliklar)

### 2.3. Ajratish va konsentrlash usullarining aniqlash usullari bilan o'zaro bog'liqligi

Konsentrlash usullarini tanlashda quyidagi omillarni hisobga olish zarurdir:

1. Obyekt harakteri va obyektidagi bizni qiziqtiruvchi komponentlar harakteri;

2. Obyekt tarixi (kelib chiqishi, olinishi);

3. Komponentning keyingi aniqlanish usuli bilan uyg'unlashuvini hisobga olish;

4. Usulning oddiyligi, osonligi, analizning davom etish vaqti;

5. Laboratoriyaning reaktivlar va asboblari bilan taminlanganligi;

6. Ilmiy xodim va laborantning ixtisosi va malakasi;

7. Texnika xavfsizligining taminlanishi;

8. Murakkablashtiruvchi parametrlarni hisobga olish;

9. Jarayonni amalga oshirish texnikasini bilish: Davriy, uzluksiz bosqichli (agar konsentrlash koefitsienti (K) bir necha tartibga teng bo'lsa bir bosqich, K kichik bo'lsa bosqichlar soni ortadi);

10. Konsentrlash usullarini so'nggi aniqlash usullari bilan ratsional uyg'unlashtirgan holda olib borish kerak:

A) ko'p komponentli analiz usullarini (emission-spektral analiz, atom-emission analiz, rentgen-fluorescent analiz va hokazo) guruhli konsentrlash usullari bilan bog'lash

B) matritsa - kollektorni shunday tanlash kerakki, u keyingi aniqlash usullari talablariga to'la javob beradigan bo'lsin. Masalan sorbsiya uchun ko'mir poroshogi olinsa, aniqlash usuli sifatida emission - spektral analizni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Agar metall ionlari erituvchilar yordamida ekstraksiyalansa, atom emission yoki atom-absorbsion analiz usulini qo'llash kerak bo'ladi va hokazo.

Yuqori aniqlikdagi ajratish va konsentrlash usullarini aniqligi kam bo'lgan aniqlash usullari bilan bog'lash maqsadga muvofiq emas.

Konsentrlash usullari bilan aniqlash usullarini bir-biri bilan bog'lab olib borishda ikki xil usulni keltirish mumkin:

1) kombinatsiyalanuvchi usullar.

2) gibridli usullar:

**Kombinatsiyalangan usullarda** - konsentrlash usullari bilan aniqlash usullari bir-birlari bilan uzviy bog'lanmagan. Bunda bir-biriga bog'liq bo'lmagan konsentrlash va aniqlash usullarini ketma-ket qo'llash mumkin. Konsentratning xossasi aniqlash usuliga sezilarli ta'sir etmaydi. Bunda konsentratni qanday usul bilan olinishining ahamiyati yo'q.

**Gibridli usullar** - ularni qo'llashda ajratish va konsentrlash usullari aniqlash usullariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ular bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'ladi. Bunda yangi sifat paydo bo'ladi, har bir gibridli usul,

ajratish va konsentrlash usullarini aniqlash usullari bilan uzviy bog'laydi, ya'ni yangi usul paydo bo'ladi. Masalan, ekstraksion-fotometrik analiz usuli, ekstraksion-xromatografik usullar, xromato-masspektrometriya, xromatografiyaning hamma turlari va boshqalar.

#### 2.4. Ajratish va konsentrlash usullarining mezoni

Ajratish va konsentrlash usullarini tanlash mezoni quyidagilarga asoslanadi.

1) Mikro va makrokomponentlarning qanchalik aniq va yaxshi ajratilishiga.

2) Ajratib olish darajasi va konsentrlash koefitsientlari qiymatlarining katta-kichikligiga (R va K katta bo'lishi kerak).

3) Namuna tabiatiga (agregat holati, mikroelementlar soni, matritsa tabiati va boshqalar).

4) Bitta aniqlash uchun namunalar soniga.

5) Analizning tejamlilikiga.

6) Usulning oddiyligi va bajarilishining osonligiga, analitikning malakasiga.

7) Ajratish va konsentrlash usulining keyingi miqdoriy aniqlash bilan uyg'unlashuviga (aniqligi va sezgirligi bo'yicha bir-biri bilan solishtirilmiligiga). Bunda bir elementli aniqlash bo'lsa, u holda *individual konsentrlash usuli* qo'llaniladi, ko'p elementli aniqlashda esa *guruhli konsentrlash usuli* qo'llaniladi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ajratish va konsentrlashni umumiy holda necha turga bo'lish mumkin?
2. Qaysi hollarda konsentrlash, qaysi hollarda tozalash usullaridan foydalaniladi?
3. Nima uchun ko'p bosqichli ajratish va konsentrlash usuli bir bosqichli ajratish va konsentrlash usulidan ustun turadi. Javobingizni isbotlang?
4. Konsentrlash usullarini tanlashda qanday omillarga e'tibor qaratiladi?
5. Qanday usullar gibridli usullar deyiladi va bu usul qaysi hollarda qo'llaniladi?
6. Qanday obyektlar analizida emission spektral analiz usulini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi?
7. Ajratish va konsentrlash usullarining tanlash mezoni nimalardan iborat?

3. Komponentning keyingi aniqlanish usuli bilan uyg'unlashuvini hisobga olish;

4. Usulning oddiyligi, osonligi, analizning davom etish vaqti;

5. Laboratoriyaning reaktivlar va asboblari bilan taminlanganligi;

6. Ilmiy xodim va laborantning ixtisosi va malakasi;

7. Texnika xavfsizligining taminlanishi;

8. Murakkablashtiruvchi parametrlarni hisobga olish;

9. Jarayonni amalga oshirish texnikasini bilish: Davriy, uzluksiz bosqichli (agar konsentrlash koefitsienti (K) bir necha tartibga teng bo'lsa bir bosqich, K kichik bo'lsa bosqichlar soni ortadi);

10. Konsentrlash usullarini so'nggi aniqlash usullari bilan ratsional uyg'unlashtirgan holda olib borish kerak:

A) ko'p komponentli analiz usullarini (emission-spektral analiz, atom-emission analiz, rentgen-fluoussent analiz va hokazo) guruhli konsentrlash usullari bilan bog'lash

B) matritsa - kollektorni shunday tanlash kerakki, u keyingi aniqlash usullari talablariga to'la javob beradigan bo'lsin. Masalan sorbsiya uchun ko'mir poroshogi olinsa, aniqlash usuli sifatida emission - spektral analizni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Agar metall ionlari erituvchilar yordamida ekstraksiyalansa, atom emission yoki atom-absorbsion analiz usulini qo'llash kerak bo'ladi va hokazo.

Yuqori aniqlikdagi ajratish va konsentrlash usullarini aniqligi kam bo'lgan aniqlash usullari bilan bog'lash maqsadga muvofiq emas.

Konsentrlash usullari bilan aniqlash usullarini bir-biri bilan bog'lab olib borishda ikki xil usulni keltirish mumkin:

1) kombinatsiyalanuvchi usullar.

2) gibridli usullar:

**Kombinatsiyalangan usullarda** - konsentrlash usullari bilan aniqlash usullari bir-birlari bilan uzviy bog'lanmagan. Bunda bir-biriga bog'liq bo'lmagan konsentrlash va aniqlash usullarini ketma-ket qo'llash mumkin. Konsentratning xossasi aniqlash usuliga sezilarli ta'sir etmaydi. Bunda konsentratni qanday usul bilan olinishining ahamiyati yo'q.

**Gibridli usullar** - ularni qo'llashda ajratish va konsentrlash usullari aniqlash usullariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ular bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'ladi. Bunda yangi sifat paydo bo'ladi, har bir gibridli usul,

ajratish va konsentrlash usullarini aniqlash usullari bilan uzviy bog'laydi, ya'ni yangi usul paydo bo'ladi. Masalan, ekstraksion-fotometrik analiz usuli, ekstraksion-xromatografik usullar, xromato-masspektrometriya, xromatografiyaning hamma turlari va boshqalar.

#### 2.4. Ajratish va konsentrlash usullarining mezoni

Ajratish va konsentrlash usullarini tanlash mezoni quyidagilarga asoslanadi.

1) Mikro va makrokomponentlarning qanchalik aniq va yaxshi ajratilishiga.

2) Ajratib olish darajasi va konsentrlash koefitsientlari qiymatlarining katta-kichikligiga (R va K katta bo'lishi kerak).

3) Namuna tabiatiga (agregat holati, mikroelementlar soni, matritsa tabiati va boshqalar).

4) Bitta aniqlash uchun namunalar soniga.

5) Analizning tejamlliligiga.

6) Usulning oddiyligi va bajarilishining osonligiga, analitikning malakasiga.

7) Ajratish va konsentrlash usulining keyingi miqdoriy aniqlash bilan uyg'unlashuviga (aniqligi va sezgirligi bo'yicha bir-biri bilan solishtirilmiligiga). Bunda bir elementli aniqlash bo'lsa, u holda *individual konsentrlash usuli* qo'llaniladi, ko'p elementli aniqlashda esa *guruhli konsentrlash usuli* qo'llaniladi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ajratish va konsentrlashni umumiy holda necha turga bo'lish mumkin?
2. Qaysi hollarda konsentrlash, qaysi hollarda tozalash usullaridan foydalaniladi?
3. Nima uchun ko'p bosqichli ajratish va konsentrlash usuli bir bosqichli ajratish va konsentrlash usulidan ustun turadi. Javobingizni isbotlang?
4. Konsentrlash usullarini tanlashda qanday omillarga e'tibor qaratiladi?
5. Qanday usullar gibridli usullar deyiladi va bu usul qaysi hollarda qo'llaniladi?
6. Qanday obyektlar analizida emission spektral analiz usulini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi?
7. Ajratish va konsentrlash usullarining tanlash mezoni nimalardan iborat?

### 3. AJTARISH VA KONSENTRLASHNING KIMYOVIY USULLARI. KISLOTALIGI NAZORAT QILINADIGAN AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI.

*Tayanch iboralar: qo'llaniladigan kollektorlar, matritsa komponentini cho'ktirish, mikrokomponentni cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish, bir vaqtning o'zida bir va bir necha (17 ta va undan ortiq) mikrokomponentlarni birgalashib cho'ktirish, bir yo'la bir necha kollektorlar qo'shish bilan birgalashib cho'ktirish, usulning afzalliklari va kamchiliklari, ajratish va konsentrlashda cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish.*

#### 3.1. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish usullari

Cho'ktirish usuli eng eski ajratish va konsentrlash usullaridandir. *Birgalashib cho'kishni* - ilgari maqsadga muvofiq bo'lmagan, ya'ni cho'ktirishga xalaqit beradigan holat deb qaralar edi. Keyinchalik esa, u konsentrlashning effektiv usullaridan biriga aylandi. Ular orasida juda ko'p umumiylik bor, shuning uchun ularni birgalikda ko'rib chiqamiz.

Cho'ktirish va birgalashib cho'kish ajratish va konsentrlash usuli sifatida komponentlarning asarlari (yuqi) ni kollektor (tashuvchi) lar qo'llash bilan ajratiladi.

Cho'ktirishda, ayniqsa birgalashib cho'ktirishda organik va anorganik kollektor bilan amalga oshirilganda konsentrlashning yuqori effektiv darajasi ta'minlanadi. Birgalashib cho'kish ayniqsa qattiq numunalar qo'llaniladigan usullar uchun juda qulaydir. Chunki namunadagi mikrokomponentlarni bir yo'la rentgen-fluorescent yoki emission-spektral analiz usuli yordamida aniqlash mumkin bo'ladi.

Birgalashib cho'kishda kollektorlar sifatida ishlatiladigan moddalar:

- 1) Alyuminiy gidroksidi, temir (III) gidroksidi.
- 2) Oksidlar ( $MnO_2$ )
- 3) Sulfidlar ( $HgS$ )
- 4) Fosfatlar ( $Ca_3(PO_4)_2$ )
- 5) Oksalatlar ( $CaC_2O_4$ )
- 6) Elementar oltingugurt tutgan moddalar.
- 7) Organik birikmalar.

Moddalarni bir-biridan ajratishda ko'p miqdorda sarflash bilan bog'liq, jarayon uzoq davom etadi va bundan mikrokomponentlarning bir qismi birgalashib cho'kish natijasida eritmada qolgan mikrokomponent noto'g'ri aniqlanishi mumkin (ya'ni mikrokomponentlarning bir qismi yo'qotiladi.)

Qo'rg'oshin tarkibidagi begona moddalar asarlarini aniqlashda juda kamdan-kam hollarda kollektor qo'llaniladi, uni qo'rg'oshin sulfat holida cho'ktiriladi va mikrokomponentlar (Ag, Al, As, Ca, Cd, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sb, Ti, V va Zn) miqdorini ximiko-spektral aniqlashda qo'rg'oshin ionini qo'rg'oshin sulfat holida cho'ktiriladi. Bunda mikrokomponentlarni konsentrlash koeffitsienti namuna miqdoriga qarab 40 dan 300 gacha boradi. Aniqlanish chegarasi  $10^{-5}$ - $10^{-7}$  % ga teng.

Mikrokomponentlarni cho'ktirishda organik cho'ktiruvchilar katta ahamiyatga ega. Bu maqsadda fenilfluoron, alizarin ko'ki, tenoiltrifloratseton va boshqalar ishlatiladi. Masalan, alizarin ko'ki yordamida  $pH < 2$  bo'lganda Ag, Bi, Co, Cu, Fe, Ga, In, Pd, Th, Ti, V, W cho'ktirib konsentrlanadi va rentgen fluoressent analiz yordamida aniqlanadi.

Mikrokomponentlarni aniqlashda cho'ktirishga qaraganda kollektorlardan birgalashib cho'kish ko'proq qo'llaniladi. Birgalashib cho'kish mikrokomponentlarning kollektor sirtiga adsorbilanishi (ionalmashinishi ham) hisobiga, aralash kristallar va kimyoviy izomorf birikmalar, *okklyuziya* hisobiga, mexanik holda birga olib cho'kish hisobiga yuz beradi. Bu hamma faktorlar bir vaqtning o'zida sodir bo'ladi.

Birgalashib cho'kishga komponentning kimyoviy va kristallokimyoviy xossalari, eritmada komponentning birgalashib cho'kish holati, eritmalarning quyilish tartibi va tezligi, cho'kmalarning eskirish jarayoni, eritmaning kislotaliligi, temperatura va boshqalar ta'sir etadi. Mikrokomponentlarning birgalashib cho'kishida matritsaning bir qismi ham birgalashib cho'kadi. Bu kamchilik berilgan moddaga kollektor bo'lgan boshqa modda kiritish (matritsani almashtirish) bilan bartaraf etiladi.

#### Kollektorlarga qo'yiladigan talablar:

- 1) Birgalashib to'la cho'ktirish-sirt yuzasining kattaligi, amorf cho'kmaning hosil bo'lishi.
- 2) Tanlab ta'sir etuvchanlikning ta'minlanishi.
- 3) Komponentning eritmadan oson ajralishining ta'minlanishi.
- 4) Keyingi aniqlashlar uchun kerak bo'lgan sharoitni yaratilishi.
- 5) Kollektorni ishlash uchun topilishi osonligi.

### 3. AJTARISH VA KONSENTRLASHNING KIMYOVIY USULLARI. KISLOTALIGI NAZORAT QILINADIGAN AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI.

*Tayanch iboralar:* qo'llaniladigan kollektorlar, matritsa komponentini cho'ktirish, mikrokomponentni cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish, bir vaqtning o'zida bir va bir necha (17 ta va undan ortiq) mikrokomponentlarni birgalashib cho'ktirish, bir yo'la bir necha kollektorlar qo'shish bilan birgalashib cho'ktirish, usulning afzalliklari va kamchiliklari, ajratish va konsentrlashda cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish.

#### 3.1. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish usullari

Cho'ktirish usuli eng eski ajratish va konsentrlash usullaridandir. Birgalashib cho'kishni - ilgari maqsadga muvofiq bo'lmagan, ya'ni cho'ktirishga xalaqit beradigan holat deb qaralar edi. Keyinchalik esa, u konsentrlashning effektiv usullaridan biriga aylandi. Ular orasida juda ko'p umumiylik bor, shuning uchun ularni birgalikda ko'rib chiqamiz.

Cho'ktirish va birgalashib cho'kish ajratish va konsentrlash usuli sifatida komponentlarning asarlari (yuqi) ni kollektor (tashuvchi) lar qo'llash bilan ajratiladi.

Cho'ktirishda, ayniqsa birgalashib cho'ktirishda organik va anorganik kollektor bilan amalga oshirilganda konsentrlashning yuqori effektiv darajasi ta'minlanadi. Birgalashib cho'kish ayniqsa qattiq numunalar qo'llaniladigan usullar uchun juda qulaydir. Chunki namunadagi mikrokomponentlarni bir yo'la rentgen-fluorescent yoki emission-spektral analiz usuli yordamida aniqlash mumkin bo'ladi.

Birgalashib cho'kishda kollektorlar sifatida ishlatiladigan moddalar:

- 1) Alyuminiy gidroksidi, temir (III) gidroksidi.
- 2) Oksidlar ( $MnO_2$ )
- 3) Sulfidlar ( $HgS$ )
- 4) Fosfatlar ( $Ca_3(PO_4)_2$ )
- 5) Oksalatlar ( $CaC_2O_4$ )
- 6) Elementar oltingugurt tutgan moddalar.
- 7) Organik birikmalar.

Moddalarni bir-biridan ajratishda ko'p miqdorda sarflash bilan bog'liq, jarayon uzoq davom etadi va bundan mikrokomponentlarning bir qismi birgalashib cho'kish natijasida eritmada qolgan mikrokomponent noto'g'ri aniqlanishi mumkin (ya'ni mikrokomponentlarning bir qismi yo'qotiladi.)

Qo'rg'oshin tarkibidagi begona moddalar asarlarini aniqlashda juda kamdan-kam hollarda kollektor qo'llaniladi, uni qo'rg'oshin sulfat holida cho'ktiriladi va mikrokomponentlar (Ag, Al, As, Ca, Cd, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Sb, Ti, V va Zn) miqdorini ximiko-spektral aniqlashda qo'rg'oshin ionini qo'rg'oshin sulfat holida cho'ktiriladi. Bunda mikrokomponentlarni konsentrlash koeffitsienti namuna miqdoriga qarab 40 dan 300 gacha boradi. Aniqlanish chegarasi  $10^{-5}$ - $10^{-7}$  % ga teng.

Mikrokomponentlarni cho'ktirishda organik cho'ktiruvchilar katta ahamiyatga ega. Bu maqsadda fenilfluoron, alizarin ko'ki, tenoiltrifloratseton va boshqalar ishlatiladi. Masalan, alizarin ko'ki yordamida  $pH < 2$  bo'lganda Ag, Bi, Co, Cu, Fe, Ga, In, Pd, Th, Ti, V, W cho'ktirib konsentrlanadi va rentgen fluoressent analiz yordamida aniqlanadi.

Mikrokomponentlarni aniqlashda cho'ktirishga qaraganda kollektorlardan birgalashib cho'kish ko'proq qo'llaniladi. Birgalashib cho'kish mikrokomponentlarning kollektor sirtiga adsorbilanishi (ionalmashinishi ham) hisobiga, aralash kristallar va kimyoviy izomorf birikmalar, *okklyuziya* hisobiga, mexanik holda birga olib cho'kish hisobiga yuz beradi. Bu hamma faktorlar bir vaqtning o'zida sodir bo'ladi.

Birgalashib cho'kishga komponentning kimyoviy va kristallokimyoviy xossalari, eritmada komponentning birgalashib cho'kish holati, eritmalarning quyilish tartibi va tezligi, cho'kmalarning eskirish jarayoni, eritmaning kislotaliligi, temperatura va boshqalar ta'sir etadi. Mikrokomponentlarning birgalashib cho'kishida matritsaning bir qismi ham birgalashib cho'kadi. Bu kamchilik berilgan moddaga kollektor bo'lgan boshqa modda kiritish (matritsani almashtirish) bilan bartaraf etiladi.

#### Kollektorlarga qo'yiladigan talablar:

- 1) Birgalashib to'la cho'ktirish-sirt yuzasining kattaligi, amorf cho'kmaning hosil bo'lishi.
- 2) Tanlab ta'sir etuvchanlikning ta'minlanishi.
- 3) Komponentning eritmadan oson ajralishining ta'minlanishi.
- 4) Keyingi aniqlashlar uchun kerak bo'lgan sharoitni yaratilishi.
- 5) Kollektorni ishlatishtirish uchun topilishi osonligi.

Ko'pincha organik kollektorlar - gidrofob kationlar yoki anionlar gruppasi (ion assotsiatlari) yoki xelat - tashuvchilar hamda suyuq organik birikmlar ishlatiladi.

Organik kolektorlar quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) Ifloslanish darajasining kamligi;
- 2) Konsentratni organik erituvchilarda eritish yoki yoqish mumkinligi.
- 3) Juda suyultirilgan eritmalaridan birgalashib cho'ktirish mumkinligi.

Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullari-elektrocho'ktirish (elektroliz), sementatsiya, elektrodializ, elektroforez, elektrodifuziya, elektroosmos turli tabiiy va sanoat obyektlarining analizi uchun ishlatiladi. Elektrkimyoviy konsentrlash elektrokimyoviy jarayonning borish sharoitlarini o'zgartirib konsentratning element tarkibini o'zgartirish imkonini beradi. Bu usullarda ko'p "reaktiv" sarflanmaydi va istalgan amaliy laboratoriyalarda o'tkazish mumkin. Bunda asosiy reaktiv elektr "toki" dir.

Elektrokimyoviy konsentrlash usullarining turli aniqlash usullari bilan kombinatsiyalash mumkin. Elektrokimyoviy konsentrlashni ko'pincha polyarografiya bilan bog'lashadi. Bundan elektrokimyoviy konsentrlashni fotometriya, rentgen-fluorescent, neytron-aktivatsion, emisson - spektral va atom-absorbsion analiz usullari bilan ham bog'lash mumkin. Ularda o'z sirtiga qo'shimcha operatsiyalarsiz metallar o'tiradigan qattiq elektrodlar qo'llash mumkin.

Keyinchalik turli elektrokimyoviy konsentrlash usullarining asosiy xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qaysi hollarda ajratish va konsentrlashning birgalashib cho'kish usulidan foydalaniladi?
2. Birgalashib cho'kishda kollektorlar qo'llanilishining afzalliklari nimadan iborat?
3. Moddalarni bir-biridan ajratishda makrokomponentni cho'ktirish maqsadga muvofiqmi yoki mikrokomponentlarni cho'ktirishmi? Javobingizni asoslang.
4. Eng ko'p ishlatiladigan anorganik kollektorlarga misollar keltiring.
5. Organik kollektorlarning afzalliklari nimalardan iborat?
6. Birgalashib cho'kishda kollektorlarga qanday talablar qo'yiladi?
7. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.

## 4. SORBSIYA

*Tayanch iboralar.* sorbsiya jarayoni, absorbsiya, fizikaviy sorbsiya, adsorbsiya, xemosorbsiya, kapilyar kondensatlanish, konsentrlashning sorbsion usullari, Freyndlix tenglamasi, elyuirlash egrilari, sorbsiya izotermasi, tashqi diffuziya, ichki diffuziya, aktivlangan ko'mirdagi sorbsiya

### 4.1. Sorbsiya konsentrlash usuli sifatida, sorbsiyaning o'ziga xosligi

Konsentrlashning sorbsion usullari sorbsiya jarayonidan tayyor sorbentdan foydalanishga asoslangan. Gazlarning, bug'larning qattiq moddalar va suyuqliklarga yutilgan erigan moddalarning yutilishiga asoslangan konsentrlashning sorbsion usullarida sorbsiyaning turli tuman mexanizmlari qo'llanilishi mumkin: Sorbsiya jarayoni mexanizmi bo'yicha quyidagilarga bo'linadi.

1. Fizikaviy sorbsiya
2. Absorbsiya
3. Adsorbsiya
4. Xemosorbsiya
5. Kapilyar kondensatlanish.

**Fizikaviy adsorbsiya** sorbent bilan sorbsiyalanadigan modda orasidagi molekular aro o'zaro ta'sir kuchiga asoslangan (uni molekulyar sorbsiya ham deyiladi).

**Absorbsiya** - bu gazlar, bug'lar yoki erigan moddalarni suyuq yoki qattiq fazaning butun hajmi bo'ylab yutilishidir.

**Adsorbsiya** - bu qattiq yoki suyuq jism sirtiga moddalarning yutilishidir.

**Xemosorbsiya** - bu qattiq yoki suyuq sorbent va sorbillanadigan modda orasidagi o'zaro kimyoviy (kimyoviy birikma hosil qilishi bilan moddalarni yutishi) ta'sirning borishiga asoslangan (bu ion almashinish, kompleks hosil qilish, oksidlanish-qaytarilish va boshqalar). Sorbsiyani statik, dinamik va xromatografik variantlarda amalga oshirish mumkin.

**Kapilyar kondensatlanish** - bu qattiq sorbentning g'ovakliklarida va kapilyarlarida modda bug'larining yutilishida suyuq fazalarning hosil bo'lishidir.

Ammo, amaliyotda ularning har birini toza holatda alohida uchratish mumkin: ular odatda bir-biri bilan birgalikda uchraydi. Adsorbsiya odatda xemosorbsiya bilan birga uchraydi. Mikroelementlarni konsentrlashda ko'pincha adsorbsion va xemosorbsion usullar ko'proq tarqalgan, keyingilari orasida ion almashinish, kompleks hosil qilish, xelat smolalarini hosil qilish va foydalanish mumkin. Umuman bunday klassifikatsiyalash moddaning sorbent bilan o'zaro ta'sir mexanizmiga asoslangan.

Shuningdek jarayonni amalga oshirish usuliga asoslangan klassifikatsiyani ko'rib chiqish mumkin. U holda statistik va dinamik (xromatografik) usullarni ajratish mumkin. Agar harakatsiz fazaning geometrik shakllari bo'yicha klassifikatsiyalash kiritilsa u holda xromatografik usullarni kolonkali va yupqa qavatli (qog'oz va yupqa qavat xromatografiyasi) ga ajratish mumkin.

Konsentrlashning sorbsion usullari, xususan ion almashinish usuli effektivroq hisoblanadi, agarda mikroelementlarni keyingi aniqlashlarda bitta namunaning yoki konsentrantning o'zida, o'zaro xalaqit beruvchi mikroelementlari bo'lsa - bu masalan neytron-aktivatsion, spektrofotometrik, voltamperometrik usullariga tegishlidir. Konsentrlashning sorbsion usuli odatda ajratishning yaxshi tanlanuvchanligini, konsentrlash koeffitsientining yuqori qiymatlarini ta'minlaydi. Konsentrlashni nisbatan oson boshqarish mumkin, chunki sorbsion-desorbsion jarayon ko'pincha qaytar bo'ladi va boshqarish oson. Sorbsion jarayonlarni amalga oshirish uchun, yuqori temperatura va murakkab asboblarni talab etilmaydi, shuning uchun bunday gramma-usullari dala sharoitida ishlarni bajarish uchun qulay. Sorbsiya guruhli konsentrlash uchun juda qulay. Mikrokomponentlarni konsentrlash uchun qo'llanilishi bo'yicha turli sorbentlardan foydalaniladi. Ular juda yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lishi, imkoni boricha oson regeneratsiyalanadigan bo'lishi, kimyoviy va mexanik mustahkam bo'lishi kerak.

Keng tarqalgan sorbentlar- aktivlangan ko'mirlar, alyuminiy oksidi, modifikatsiyalangan selluloza, ionalmashtirgichli va xelatli sintetik smolalar, ayrim hollarda silikagel-suvli eritmalardan sorbsiya uchun qulay bo'lmagan.

Noorganik analizda ko'pincha sorbsiyani suyuq muhitdan amalga oshiriladi. Bularda molekulyar adsorbsiya bilan bir qatorda ion almashinish va kompleks hosil qilish jarayonlarini amalga oshirish mumkin.

Adsorbsiyada modda adsorbent sirtida molekulararo o'zaro ta'sir kuchlari ta'siri ostida, fazalar chegara sirti ta'siri ostida konsentrlanadi.

Adsorbsion sistema o'z ichiga adsorbent-katta sirt sig'imiga ega modda va adsorbent modda, uning molekularlari yutiladi. Ya'ni adsorbsiya jarayonida adsorbent sirtida molekulararo ta'sir kuchlari ta'sirida fazalar ajralishi sirtida moddalar konsentrlanadi. Adsorbent molekularining qattiq jism sirti bilan o'zaro ta'siri bir necha sabablarga ko'ra sodir bo'ladi, bular fizikaviy (o'zaro tortishish kuchlari) va kimyoviy (birikmalar hosil bo'lishi) sabablardir. Xemosorbsiyadan farqli o'laroq fizikaviy adsorbsiya oson qaytadi.

Turli adsorbsion jarayonlarni hisobga olish uchun Freyndlix tenglamasi qo'llaniladi.

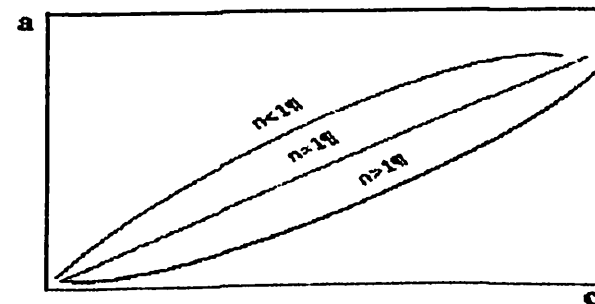
$$a=bc^n$$

bu yerda b va n - konstantalar

Bu tenglama sorbilangan modda miqdori va eritmadagi moddaning muvozanat konsentratsiyasi yoki gazsimon fazadagi modda muvozanat konsentratsiyasini bog'lovchi C va shuningdek sorbent sirtining kimyoviy va geometrik har xilligini hisobga oluvchi bog'lanish hisoblanadi.

Tenglamaga javob beruvchi sorbsiya izotermasi (4.1-rasm) n ning qiymatiga bog'liq ravishda qovariq ( $n < 1$ ) bo'lishi, chiziqli ( $n = 1$ ) va botiq ( $n > 1$ ) bo'lishi mumkin, bunda qovariq izotermali sistemalar maqsadga muvofiqdir.

b va n konstantalar qiymatlari adsorbatning qaynash temperaturasi ortishi bilan ortadi, va adsorbsiya temperaturasi ortishi bilan kamayadi.



4.1-rasm. Sorbsiya izotermasi turlari

Ammo, amaliyotda ularning har birini toza holatda alohida uchratish mumkin: ular odatda bir-biri bilan birgalikda uchraydi. Adsorbsiya odatda xemosorbsiya bilan birga uchraydi. Mikroelementlarni konsentrlashda ko'pincha adsorbsion va xemosorbsion usullar ko'proq tarqalgan, keyingilari orasida ion almashinish, kompleks hosil qilish, xelat smolalarini hosil qilish va foydalanish mumkin. Umuman bunday klassifikatsiyalash moddaning sorbent bilan o'zaro ta'sir mexanizmiga asoslangan.

Shuningdek jarayonni amalga oshirish usuliga asoslangan klassifikatsiyani ko'rib chiqish mumkin. U holda statistik va dinamik (xromatografik) usullarni ajratish mumkin. Agar harakatsiz fazaning geometrik shakllari bo'yicha klassifikatsiyalash kiritilsa u holda xromatografik usullarni kolonkali va yupqa qavatli (qog'oz va yupqa qavat xromatografiyasi) ga ajratish mumkin.

Konsentrlashning sorbsion usullari, xususan ion almashinish usuli effektivroq hisoblanadi, agarda mikroelementlarni keyingi aniqlashlarda bitta namunaning yoki konsentrantning o'zida, o'zaro xalaqit beruvchi mikroelementlari bo'lsa - bu masalan neytron-aktivatsion, spektrofotometrik, voltamperometrik usullariga tegishlidir. Konsentrlashning sorbsion usuli odatda ajratishning yaxshi tanlanuvchanligini, konsentrlash koeffitsientining yuqori qiymatlarini ta'minlaydi. Konsentrlashni nisbatan oson boshqarish mumkin, chunki sorbsion-desorbsion jarayon ko'pincha qaytar bo'ladi va boshqarish oson. Sorbsion jarayonlarni amalga oshirish uchun, yuqori temperatura va murakkab asboblarni talab etilmaydi, shuning uchun bunday gruppalar usullari dala sharoitida ishlarni bajarish uchun qulay. Sorbsiya guruhli konsentrlash uchun juda qulay. Mikrokomponentlarni konsentrlash uchun qo'llanilishi bo'yicha turli sorbentlardan foydalaniladi. Ular juda yuqori yutish qobiliyatiga ega bo'lishi, imkoni boricha oson regeneratsiyalanadigan bo'lishi, kimyoviy va mexanik mustahkam bo'lishi kerak.

Keng tarqalgan sorbentlar- aktivlangan ko'mirlar, alyuminiy oksidi, modifikatsiyalangan selluloza, ionalmashtirgichli va xelatli sintetik smolalar, ayrim hollarda silikagel-suvli eritmalardan sorbsiya uchun qulay bo'lmagan.

Noorganik analizda ko'pincha sorbsiyani suyuq muhitdan amalga oshiriladi. Bularda molekulyar adsorbsiya bilan bir qatorda ion almashinish va kompleks hosil qilish jarayonlarini amalga oshirish mumkin.

Adsorbsiyada modda adsorbent sirtida molekullararo o'zaro ta'sir kuchlari ta'siri ostida, fazalar chegarasi sirti ta'siri ostida konsentrlanadi.

Adsorbsion sistema o'z ichiga adsorbent-katta sirt sig'imiga ega modda va adsorbent modda, uning molekullari yutiladi. Ya'ni adsorbsiya jarayonida adsorbent sirtida molekullararo ta'sir kuchlari ta'sirida fazalar ajralishi sirtida moddalar konsentrlanadi. Adsorbent molekullarining qattiq jism sirti bilan o'zaro ta'siri bir necha sabablarga ko'ra sodir bo'ladi, bular fizikaviy (o'zaro tortishish kuchlari) va kimyoviy (birikmalar hosil bo'lishi) sabablardir. Xemosorbsiyadan farqli o'laroq fizikaviy adsorbsiya oson qaytadi.

Turli adsorbsion jarayonlarni hisobga olish uchun Freyndlix tenglamasi qo'llaniladi.

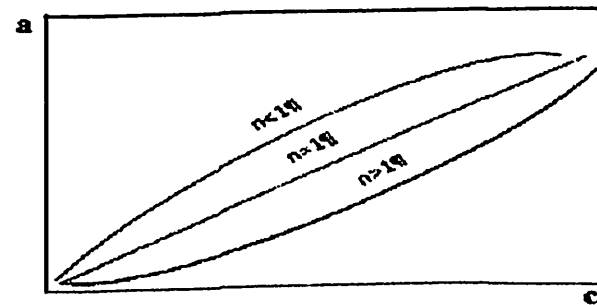
$$a = bc^n$$

bu yerda b va n - konstantalar

Bu tenglama sorbilangan modda miqdori va eritmadagi moddaning muvozanat konsentratsiyasi yoki gazsimon fazadagi modda muvozanat konsentratsiyasini bog'lovchi C va shuningdek sorbent sirtining kimyoviy va geometrik har xilligini hisobga oluvchi bog'lanish hisoblanadi.

Tenglamaga javob beruvchi sorbsiya izotermasi (4.1-rasm) n ning qiymatiga bog'liq ravishda qovariq ( $n < 1$ ) bo'lishi, chiziq ( $n = 1$ ) va botiq ( $n > 1$ ) bo'lishi mumkin, bunda qovariq izotermali sistemalar maqsadga muvofiqdir.

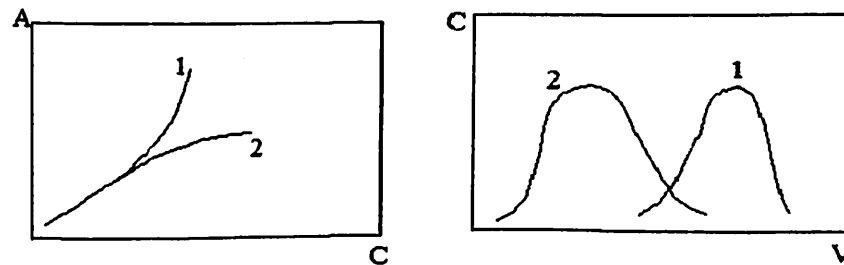
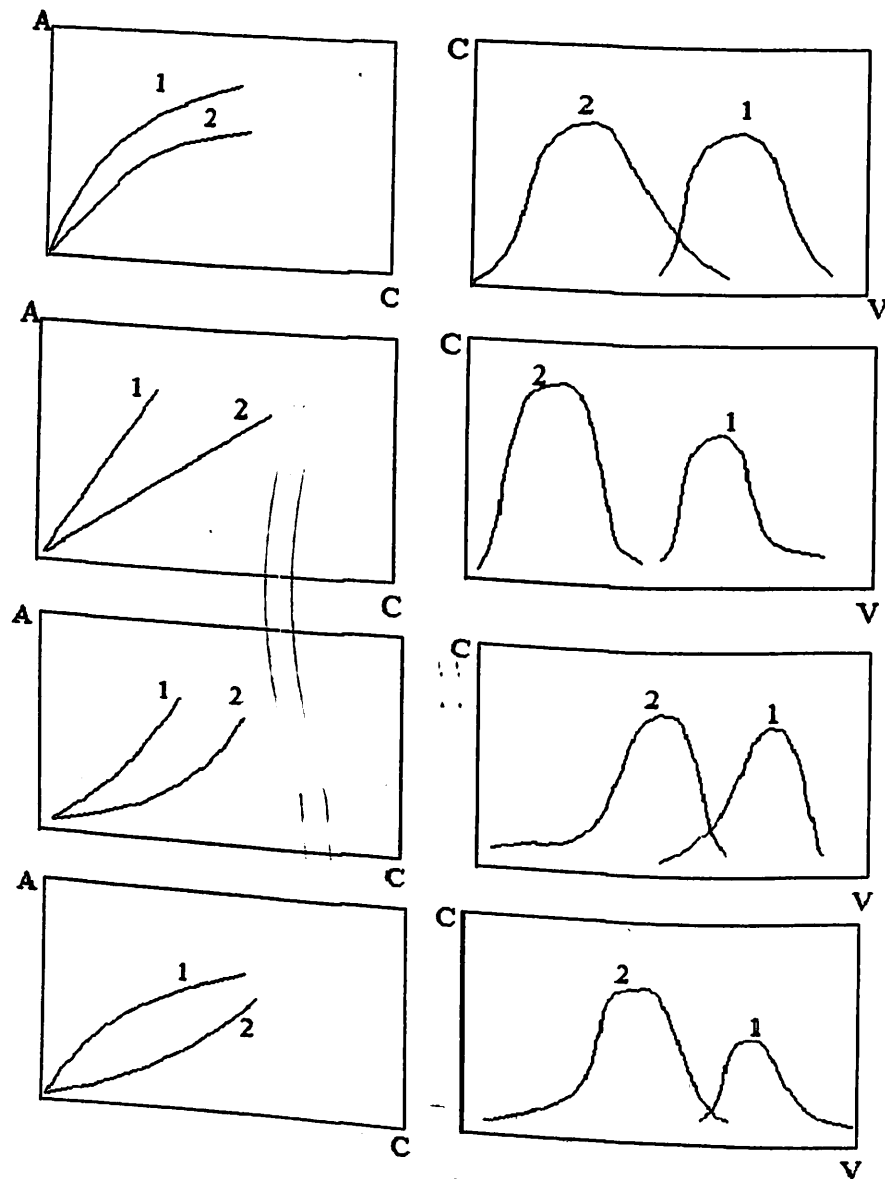
b va n konstantalar qiymatlari adsorbatning qaynash temperaturasi ortishi bilan ortadi, va adsorbsiya temperaturasi ortishi bilan kamayadi.



4.1-rasm. Sorbsiya izotermasi turlari

Har bir adsorbent o'zining izotermasi bilan xarakterlanadi va u yutuvchining adsorbsion qobiliyatining asosiy xarakteristikasi hisoblanadi.

4.2-rasmda izotermalarning asosiy turlariga javob beradigan chiqish xromatografik egrilari keltirilgan.



4.2-rasm. Elyuirlash egrilarining chiziqli, qavariq va botiq izotermalari aralashmasi uchun asosiy turlari (1 va 2-aralashmalar komponenti)

Adsorbsiyani oqimda amalga oshirilganda konsentrlashning effektivligi nafaqat adsorbsiya izotermasi ko'inishiga, balki massa almashinish tezligiga ham bog'liqdir.

Sorbsiya jarayoni uch bosqichdan iborat:

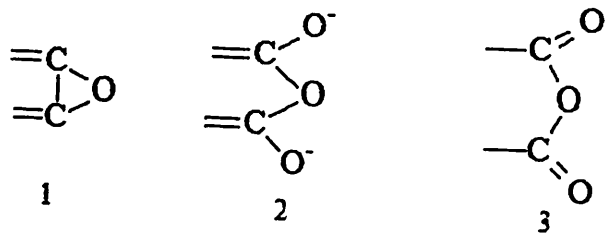
1. Yutiladigan moddani sorbentning tashqi sirtiga keltirishdan (tashqi diffuziya).
2. Molekulaning ichiga va g'ovakliklariga kirishi (ichki diffuziya).
3. Molekulaning sorbent ichki sirtida qayd qilinishi (sorbsiyaning amalga oshishi).

Eng tez bajariladigani bu adsorbsiyadir; tashqi va ichki diffuziyaning ta'siri jarayonni o'tkazish sharoitiga va sistemaga bog'liq. Ko'pchilik hollarda adsorbsiyaning yig'indi tezligi moddaning adsorbent g'ovakliklarining ichki sirtiga o'tkazilishi jarayoniga bog'liq. Shuning uchun adsorbsion usullarda asosiy o'rinni jarayonning dinamikasini o'rganishga qaratiladi.

#### 4.2. Aktivlangan ko'mirdagi sorbsiya

Mikrokomponentlarni konsentrlash uchun aktivlangan ko'mirdan keng foydalaniladi. Ko'mirning sirti gomopolyardir, shuning uchun ularda adsorbsiya dispers kuchlar yordamida aniqlanadi. Ularda geteropolyar sorbentlardan farqli o'laroq juda kichik masofalarda ta'sirlashadi (silikagel, alumogel, seolitlar) sorbsiyaning sababi elektrostatik kuchlardir.

Shuning uchun aktiv ko'mirlarning effektivligi mikropor radiuslari 1 nm dan kichik bo'lgan strukturalariga bog'liq. L.K.Lepinning bu sohadagi ishlari bo'yicha aktivlangan ko'mir sirtida uch tur oksidlar bo'ladi.



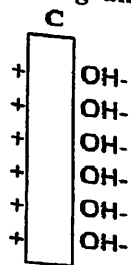
Oddiy xona haroratida asosan aktivlangan ko'mir sirti (2) oksid bilan qoplangan, uni yuqori temperaturalarda qizdirilganda sirtida oksid (3) hosil bo'ladi. Kislotali (3) va asosli (1), (2) oksidlar aktivlangan ko'mirning amfoter xarakterga ega ekanligini ko'rsatadi, kislota va asoslarni yutganda tarkibning (oksidning) har hilligi sababli sirtida fizikaviy adsorbsiya kationalmashinish va anionalmashinish jarayoni amalga oshishi mumkin.

Ayniqsa selektiv polifunksional kationalmashtirgich bo'lgan oksidlangan, aktivlangan ko'mirlar muhim o'rin tutadi, ikkinchidan sintetik kationitlardan farqli o'laroq ularni olish va regeneratsiyalash oson, kimyoviy, termik, va radiatsion ta'sirlarga chidamli.

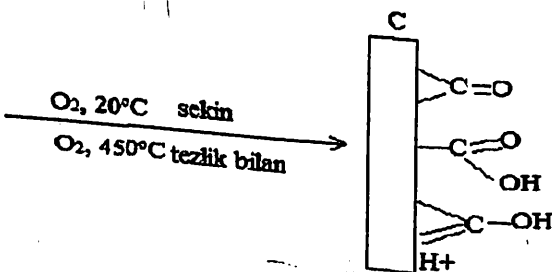
Oddiy va oksidlangan, aktivlangan ko'mirlarda sirtining tuzilish sxemasini va ion almashinishini 4.3-rasmda keltirilgan.

Tarkovskaya va boshqalar oksidlangan aktivlangan ishqor eritmalaridan, ishqoriy metallar va ammoniy tuzlaridan va boshqa birikmalardan Ca, Ba, va Sr mikrokomponentlarini konsentrladilar. So'ngra ko'mirni yuvib mikrokomponentlarni mineral kislotalar eritmalarida desorbsiyaladilar, hosil bo'lgan eritmani tegishli aniqlash usuli yordamida xususiy holda fotometrik usul yordamida aniqlaganlar.

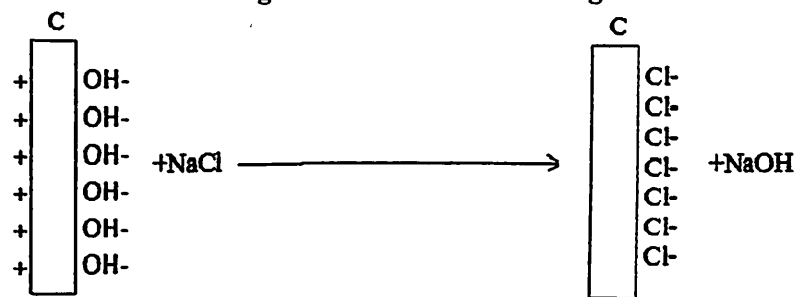
Odatdagi aktivlangan ko'mir



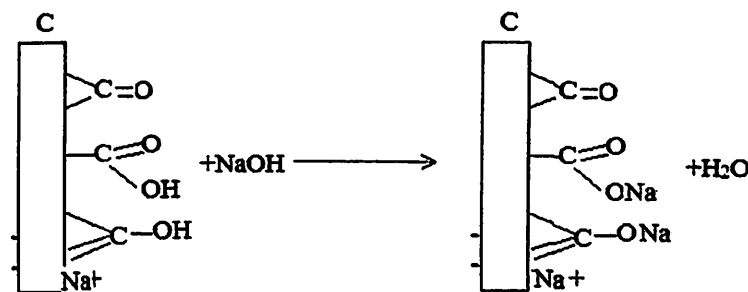
Oksidlangan aktivlangan ko'mir



Odatdagi ko'mir - anionalmashtirgich



Oksidlangan aktivlangan - kationalmashtirgich



4.3-rasm. Oddiy va oksidlangan aktivlangan ko'mir sirtidagi jarayonlar

Aktivlangan ko'mirning sorbsion xossalarini kompleks hosil qiluvchi moddalar qo'shish bilan yaxshilash mumkin, ularni shunday tanlanadiki, bunda makrokomponentning adsorbsiyasi mikrokomponentning kompleksini sorbsiyasiga nisbatan juda kam bo'lishi kerak. Kompleks birikmalarni konsentrlash va ajratishning effektivligi ularning barqarorlik konstantasi bilan, ligandlarning tuzilishi va komplekslar zaryadi bilan aniqlanadi. Uni analiz qilinadigan eritmaga yoki bevosita aktivlangan ko'mirga kompleks hosil qiluvchi agent qo'shish bilan effektivligi oshiriladi. Masalan Yakvert kumush metalli va talliy nitrat tarkibidagi Bi, Co, Cu, Fe, Zn va Pb mikromiqdorlarini atom-absorbsion aniqlash uslubini taklif etgan. Bunda bu mikroelementlar ksilenol zarg'aldog'i bilan barqaror xelatlar hosil qilingan va filtrga o'rnatilgan aktivlangan ko'mir qavati adsorбилangan. Kiritilgan konsentrat nitrat kislota bilan ishlov berilgan va sentrifuga qilingandan keyingi eritma atsetilen havo aralashmasi

alangasiga kiritilgan. Bunday ishlarni ko'plab keltirish mumkin. Masalan Belgiyalik kimyogarlar Ag, Co, Cr, Cu, Hf, Fe, Al, Nb, Bi, Mn, Ni, Pb, Re, Sc, Tl, Zn, Zr, Ti, V, Mo, Pd, Hg, Ta, Sn va siyrak yer elementlarini konsentrlashda (ularni 8-oksixinolyatlarga aylantirgandan so'ng aktivlangan ko'mirdan foydalanganlar. Bunda konsentrlash koeffitsienti  $10^4$  darajagacha etgan, aniqlash rentgenfluouessent analiz orqali amalga oshiriladi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Sorbsiya jarayoni mexanizmi bo'yicha necha turga bo'linadi?
2. Fizikaviy sorbsiya deb qanday jarayonga aytiladi?
3. Absorbsiya deb nimaga aytiladi?
4. Adsorbsiya jarayonini tushuntiring.
5. Xemosorbsiya deb nimaga aytiladi?
6. Kapilyar kondensatlanishni misollar asosida tushuntiring.
7. Konsentrlashning sorbsion usullarini tushuntiring.
8. Sorbsiya jarayoni nechi bosqichdan iborat?
9. Freyndlax tenglamasini keltiring.
10. Elyuirlash egrilari, sorbsiya izotermasi, tashqi diffuziya, ichki diffuziya, aktivlangan ko'mirdagi sorbsiya jarayonlari haqida nimani tushunasiz?
11. Noorganik analizda sorbsiyani qanday muhitda amalga oshiriladi.
12. Keng tarqalgan sorbentlarga misollar keltiring.

## 5. FIZIKAVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI

*Tayanch iboralar:* molekulararo o'zaro ta'sir kuchlari, haydash, bug'latish, distilyatsiya, filtrlash, konsentrlash, gelfiltrlash, sublimatsiya, vozgonka, rektifikatsiya, nazariy tarelkalar, azeotrop arulashma, Rouz-Klaypeyron tenglamasi, Truton qoidasi, oddiy haydash, Raul qonuni.

### 5.1. Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullari.

#### Ularning amaliyotda qo'llanilishi

Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullarida kimyoviy reaksiyalar amalga oshmaydi. Bunda ajratish va konsentrlash usullarining molekulararo o'zaro ta'sir kuchlari, Vander-vals kuchlari hisobiga amalga oshadi.

Bu usullarga misol qilib haydash, bug'latish, distilyatsiya, filtrlash, konsentrlash, gelfiltrlash, sublimatsiya, vozgonka, rektifikatsiya va boshqalarni keltirish mumkin.

Distilyatsion ajratish va konsentrlash uchuvchan moddalarni haydashga asoslangan. Ma'lumki moddalar turli haroratlarda haydaladi. Suyuq moddalar gazga (bug'ga) aylanib haydalsa, ayrim qattiq moddalar suyuqlanmasdan birdaniga bug'ga aylanib haydaladi. Bunday hodisa sublimatsiya deyiladi. Gaz holatiga o'tgan modda sovutilib kondensatlanadi va ajratib olinadi. Gaz holatidagi moddalarni kondensatlanishidan tashqari yuttirib ham ajratish mumkin. Ayrim hollarda uchuvchan modda haydalib, qoldiq tekshiriladi. Agar suyuqliklar aralashmasini ajratish talab qilinsa, aralashmadagi har bir moddani qaynash haroratida ketma-ket haydab ajratish mumkin. Buning uchun rektifikatsion kolonnalardan foydalaniladi. Masalan neftni fraksiyalarga ajratish bunga misol bo'ladi. Ayrim moddalar uchuvchan emas, ularni ajratish uchun uchuvchan holatga aylantirish talab etiladi. Masalan borni haydab ajratish uchun uni borat kislotasi efiriga aylantirilib  $[B(OCH_3)_3]$  haydalsa, mishyakni  $AsCl_3$  ga, germaniyani  $GeCl_4$  ga, temirni  $FeCl_3$  ga, kremniyani  $SiF_4$  ga, simobni erkin simob (Hg) ga aylantirilib haydaladi.

Distilyatsion (rektifikatsion) kolonnaning yuqori qismidagi bug'ning tarkibi ajratish samarasini belgilaydi. Rektifikatsion kolonnada maxsus to'siqlar bo'ladi. Bu to'siqlar bug'ni kolonnaning kondensatlanishini ta'minlaydi. Natijada kondensat distilyatorga qaytib tushib yuqoriroq

haroratda bug'lanadigan suyuqlik sovutgichga o'tib ketmaydi. Rektifikatsion kolonnaning eng yuqori qismidagi bug' sovutgichga o'tadi va kondensatlanadi. To'siqlar qancha ko'p bo'lsa, distilyatsiya shunchalik samarali bo'ladi. Aralashma bug'lanishi va kondensatlanishining bosqichlariga *nazariy tarelkalar* deyiladi. Hamma nazariy tarelkalar ham rektifikatsion kolonnalar bilan bog'liq emas. Dastlabki bug'lanish va kondensatlanish suyuqlik solingan idishning o'zida bo'ladi. Agar berilgan distilyatsion qurilmaning samaradorligi  $n$  ga teng bo'lsa, uning nazariy tarelkalari soni  $n-1$  ga teng bo'ladi.

Ko'pchilik suyuqlarning aralashmalarini toza holda ajratish ancha qiyin, chunki ular azeotrop aralashmalarni hosil qiladi. Bir xil tarkibli gaz fazasi bilan muvozanatdagi suyuqlik aralashmasiga *azeotrop aralashma* deyiladi. Masalan, tarkibida 50% (mol) suv bo'lgan etanolni ajratish talab etilsa, 95% (massa bo'yicha) etanol haydab ajratilishi mumkin. 100% lik etanolni haydab ajratib bo'lmaydi. Odatda, azeotrop aralashma toza moddalardan pastroq haroratda qaynaydi. Toza etil spirit  $78,39^{\circ}\text{C}$  da, uning azeotropi esa  $78,17^{\circ}\text{C}$  da qaynaydi. Bu haroratlar farqi toza spirt olish uchun yetarli emas. Agar shu aralashmaga benzol qo'shilsa,  $65^{\circ}\text{C}$  da tarkibida massa bo'yicha 74% benzol, 18,5% etanol va 7,5% suv bo'ladigan azeotrop haydaladi. Shundan so'ng  $68,3^{\circ}\text{C}$  da tarkibida 67,6% benzol va 32,4% etanol bo'lgan azeotrop haydaladi va haydash idishida faqat toza etanol qoladi. Qoldiqni haydab toza holdagi etanol olinadi,  $78,5^{\circ}\text{C}$  da (toza benzolni qaynash harorati  $80,1^{\circ}\text{C}$ ). Amalda azeotrop barcha hollarda ham hosil bo'lavermaydi, ularni hisobga olmaslik ham mumkin emas.

Birinchi suyuqlikni uchuvchanligi  $\gamma_1$  bo'lgan ikki suyuqlik aralashmasi olinsa, uchuvchanlik bug' bosimining shu suyuqlikni mol ulushining ( $\chi_1$ ) nisbatiga teng bo'ladi.

$$\gamma_1 = \frac{P_{1G}}{\chi_1}$$

Raul qonuni bajarilsa,  $P_{1G} = \chi_1 \cdot P_1$   
Bu yerda  $P_1$  toza suyuqlikning bug' bosimi. Nisbiy uchuvchanlik

$$RT = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{P_{1G} \cdot \chi_2}{P_{2G} \cdot \chi_1}$$

Dalton qonuni asosida parsial bug' bosimlari nisbati  $\frac{P_{1G}}{P_{2G}}$  ni bug'ning mol ulushlari nisbati  $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$  bilan almashtirib,

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = RV \cdot \frac{\chi_1}{\chi_2}$$

Rouz-Klaypeyron tenglamasi asosida Truton qoidasini qo'llab, quyidagi tenglamani keltirib chiqardi:

$$\lg RV = 8,9 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1}$$

Bu tenglama  $RV$  qiymatini suyuqliklarning qaynash haroratlari  $T_1$  va  $T_2$  asosida aniqlash imkonini beradi. Truton qoidasi kimyoviy o'xshash suyuqliklarga mos kelgani uchun ushbu formula yordamida kimyoviy o'xshash suyuqliklarning nisbiy uchuvchanligini baholash mumkin.

Masalan: xlorbenzolning qaynash harorati  $132^{\circ}\text{C}$  va brombenzolniki  $156^{\circ}\text{C}$ . Ushbu aralashmaning nisbiy uchuvchanligini baholang va uni  $140^{\circ}\text{C}$  dagi bug' bosimi nisbati (939,5 va 495,8 mm. sim. ust.) bilan taqqoslang.

$$\text{Yechish: } \lg RV = 8,9 \cdot \frac{429-405}{429+405} = 0,256$$

$$RV = 1,80 \cdot \frac{939,5}{495,8} = 1,89$$

Qattiq moddalarni distilyatsion ajratishda sublimatsion usuldan foydalaniladi. *Ge* ning kam miqdorini turli obyektlardan aniqlash uchun uni oldin  $\text{HCl}$  kislotali muhitda  $\text{GeCl}_4$  holda distilyatsiya qilib ajratiladi, so'ng esa aniqlaydilar. Ammoniy tuzlarini kam miqdorini fosfat kislota ishtirokida sublimatlash mumkin.

**Distilyatsion va sublimatsion jarayonlar geterogenli sistemalar:** suyuqlik-gaz (bug') yoki qattiq modda-gaz (bug') dagi taqsimlanish koeffisientlari farqidan foydalanishga asoslangan. Usulning afzalligi uning oddiyliigi, bajarilishi osonligi va ekspressligidir. Bu usullarni analitiklar turli obyektlar uchun qo'llashadi.

Distilyatsiyaga oddiy haydash (bug'latish) rektifikatsiyani molekulyar distilyatsiya (vaakumdagi distilyatsiya) ni sublimatsiya (vozgonka) ni kiritish mumkin.

Bu usullar suyuqlik-bug' tarkibidagi farqdan foydalanishga asoslangan. Bular oddiy haydashni, rektifikatsiyani, molekulyar distilyatsiyani o'z ichiga oladi.

Suyuqlik bug' tarkibidagi farqni ajratish koeffisienti bilan ifodalaydilar

$$\alpha = \frac{X}{1-X} : \frac{Y}{1-Y} \quad (1)$$

Bunda X va Y-mikrokomponentning tegishli suyuqlik va bug'dagi molyar qismlari.

$\alpha$  ning qiymati 1 dan katta bo'lsa, ajratish effektivligi shuncha yuqori bo'ladi. Bu bir martalik ajratishning muhim xarakteristikasi hisoblanadi.

Texnologiyada distilyatsion jarayonlarining boyitish koeffisientidan ham foydalaniladi.

$$\varepsilon = \alpha - 1 \quad (2)$$

$\alpha \gg 1$  bo'lsa,  $\varepsilon \approx \alpha$  bo'ladi.

Ajratish koeffisienti ajratiladigan aralashmaning tabiati, tarkibining, shuningdek haroratning funksiyasidir.

**Oddiy haydash** - bu bir bosqichli jarayon. Boyitish koeffisienti katta bo'lganda mikrokomponentlarni ajratish va konsentrlashda ishlatiladi. Bunda mikrokomponent qoldig'ini Reley formulasi yordamida aniqlanadi.

$$\frac{X}{X_0} = \left(\frac{N_0}{N}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \text{ yoki } \frac{X}{X_0} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \quad (3)$$

N - ajratiladigan komponentning umumiy mol miqdori.

Ajratiladigan komponent past temperaturada qaynaydigan bo'lsa, Reley formulasi quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\frac{X}{X_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{(\alpha-1)} \quad (4)$$

Rektifikatsiya - bu ajratish va konsentrlash usulining ko'p bosqichli distilyatsion jarayonidir. Rektifikatsiya odatda nasadkali tarelkalarda yoki plyonkali kolonkalarda amalga oshiriladi.

Bu usul yordamida xossalari bir biriga yaqin bo'lgan komponentlarni ajratishda ishlatiladi ( $\varepsilon = 0,001-0,005$ )

$$\gamma_1 = \frac{P_{1G}}{\chi_1}$$

$$P_{1G} = \chi_1 P_1$$

$\gamma_1$  - birinchi suyuqlikning uchuvchanligi,  $P_{1G}$  - suyuqlikning partial bug' bosimi,  $\chi_1$  - suyuqlikning mol ulushi,  $P_1$  - toza suyuqlikning bug' bosimi.

Nisbiy uchuvchanlik

$$RV = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{P_{1G}\chi_2}{P_{2G}\chi_1}$$

$\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$  - bug'ning mol ulushlarining nisbati.

$RV$  - nisbiy uchuvchanlik.

$\chi_1, \chi_2$  - suyuqliklarning mol ulushlari.

$\frac{P_{1G}}{P_{2G}}$  ni  $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$  bilan almashtirilsa,

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = RV \frac{\chi_1}{\chi_2}$$

Rouz-Klaypeyron tenglamasi asosida Truton qoidasini qo'llab quyidagi tenglamani keltirib chiqardi.

$$\log RV = 8,9 \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1}$$

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullari deb qanday usullarga aytiladi?
2. Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullariga qanday usullar kiradi?
3. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
4. Nazariy tarelkalar tushunchasini tushuntiring?
5. Distilyatsion va sublimatsion jarayonlarni tushuntiring?

6. Haydash, bug'latish, filtrlash, konsentrlash, gelfiltrlash, vozgonka, rektifikatsiya jarayonlari nimaga asoslangan?
7. Raul qonunini matematik ifodasini tushuntiring?
8. Dalton va Truton qonunini tushuntiring?
9. Rouz-Klaypeyron tenglamasi asosida Truton qoidasi qo'llanilganda qanday tenglama kelib chiqadi?
10. Azeotrop aralashma deb nimaga aytiladi?
11. Oddiy haydash deb nimaga aytiladi?
12. Nisbiy uchuvchanlik qanday tenglama bilan ifodalanadi?
13. Nisbiy uchuvchanlik deb nimaga aytiladi?
14. Rouz-Klaypeyron va Trutonlarning birlashgan tenglamasini keltirib chiqaring?
15. Ajratish koeffisienti qanday tenglama bilan ifodalanadi?
16. Qattiq moddalarni distilyatsion ajratishda qaysi usuldan foydalaniladi.

## 6. AJRATISH VA KONSENTRLASHNING ELEKTROKIMYOVIY USULLARI

*Tayanch iboralar: elektrokimyoviy ajratish va konsentrlashning usullari, elektrocho'ktirish, elektrodializ, ajratish va konsentrlashda ichki elektroliz, sementatsiya, elektroosmos, elektroforez, elektrodifuziya, elektrokimyoviy jarayonning borish shartlari, elektrokimyoviy ajratish va konsentrlashni turli aniqlash usullari bilan bog'lash, potentsiali nazorat qilinadigan elektroliz, tok kuchi doimiy bo'lgandagi ajratish va konsentrlash, elektrokimyoviy individual va guruhli konsentrlash, elektrokimyoviy ajratish va konsentrlashning inversion variantlari, metallarning inversion volt-amperometriyasi, ishlatilish sohalari, o'zgaruvchan valentli metallar voltamperometriyasi.*

### 6.1. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullari

Bu usullar elektrokimyoviy konsentrlashning eng oddiy va bajarilishi oson bo'lgan usullaridandir.

O'z-o'zidan boruvchi sementatsiya jarayonining harakatlantiruvchi kuchi elektrod materiali va eritmada ishtirok etayotgan ionlar real oksidlanish-qaytarilish potentsiallari farqidir. Sementator sifatida ko'pincha oksidlanish-qaytarilish potentsiallari manfiyligi yuqori bo'lgan moddalar kuchi (Mg, Zn, Al) qo'llaniladi. Bular elektro musbatligi yuqori bo'lgan metallarni ajratishni ta'minlaydi. Bunda aralashtirish tezligi va harorat katta ahamiyatga ega. Masalan, qo'rg'oshin tuzlari tarkibidagi Bi, Cu, Sb ni konsentrlash uchun aktiv markazlari (sirtlari) ko'p bo'lgan g'ovak qo'rg'oshindan sementator sifatida foydalaniladi.

Sementatsiyada ikkita elektrokimyoviy jarayon o'zaro bog'liqdir: katodli (metallarning ajratish, sementatsiyalanishi) va anodli (sementatsiyalanadigan metallning erishi) jarayonlar.

**Ichki elektroliz** mikrokomponentlarni ajratish va konsentrlashda kamdan-kam ishlatiladi. bunda elektroaktiv elementlarni eritmadan indikator elektrod sirtiga (katod) o'tilishi galvanik element elektr yurituvchi kuchi hisobiga amalga oshiriladi.

**Elektrodializ** elektrolit emas eritmalar, kolloidlar va kam eriydigan moddalar suspenziyasidan mikroelementlarni bu usul bilan

ajratish effektiv hisoblanadi. Elektrodializning ayniqsa membrana sifatida ion almashtirgich smolalardan foydalanilishi mikroelementlarning konsentrlanish effektivligini orttiradi. Ion almashtirgich smolalar ionlarning elektrod kameralarida teskari diffuziyani keskin kamaytiradi, umumiy kuchlanish taqsimlanishini yaxshilaydi va konsentrlashning selektivligini oshiradi.

**Elektroosmos.** Konsentrlashning bu usuli suyuqliklarning kapilyar bo'ylab, qattiq, g'ovak diafragmalar bo'ylab harakatiga, shu bilan birga mayda dispers zarrachalar qavatlar orasidan tashqi elektr maydoni ta'siri ostidagi harakatiga asoslangan.

**Elektroforez.** Bu usul ionlarning zarrachalar, gaz pufakchalari, suyuqliq tomchisi qattiq, va suyuq, fazadagi kolloid zarrachalar tashqi elektr maydoni ta'siri ostida turlicha harakatlanishiga asoslangan. Asosan ajratish maqsadida ishlatiladi (konsentrlash uchun emas). Elektroforezning qo'llanilish sohasi, organik analizdir. Bu usul organik kislotalar, fenollar, qand, garmonlar, vitaminlar va hokazolarni bir-biridan ajratishda ishlatiladi.

**Elektrodiffuziya.** Elektrodiffuziya hodisasi mikroaralashmalarni konsentrlash uchun ishlatiladi. Oson suyuqlanuvchan, suyuq, metallarda yetarlicha yuqori elektrik harakatchanlikka ega bo'lgan mikrokomponentlarni konsentrlashga asoslanadi. Tok zichligi turli tajribalarda 1800 dan 3700 A/sm<sup>2</sup> gacha o'zgartiriladi va doimiy haroratda ingichka kapilyardan namuna o'tkaziladi. Yacheykaning yuqorigi va pastki qismlariga volframli elektrod o'rnatiladi. Juda kam ishlatiladi, ko'p vaqt talab qilinadi.

## 6.2. Inversion voltamperometriya va ularning turlari

Bu usul *elektrokimyoviy konsentrlashning* eng keng tarqalgan usulidir. Elektrolizda elementning holati uning potentsiali bilan aniqlanadi. Elementning potentsiali esa nafaqat elementning tabiatiga, uning kimyoviy shakliga, balki tokning zichligiga, elektrod materiali va konstruksiyasiga, elektrokimyoviy yacheykaga va hokazolarga bog'liq bo'ladi.

Ko'p komponentli eritmalar elektrolizida elektrodalarda ketadigan jarayonlar, yacheykaga berilgan kuchlanish Nernst tenglamasi bo'yicha hisoblanadigan oksidlanish-qaytarilish sistemalariga muvozanat potentsiallari qiymatlariga nisbatan manfiy (katoddagi jarayonlar) va

musbat (anoddagi jarayonlar) bo'ladi. Elektrod potentsialining muvozanat qiymatidan siljishi natijasida elektrodlarda oksidlanish - qaytarilish jarayonlari ketadi va bu jarayonlarda elektrod sirtida yoki uning butun hajmi bo'ylab bir yoki bir necha komponentlar ajraladi. Konsentrlash uchun katod jarayonlari katta ahamiyatga ega va bular makro hamda mikrokomponentlarni ajratishda muvaffaqiyat bilan foydalanilishi mumkin.

Elektroajratishning eng ko'p tarqalgan varianti, bu nazorat qilinadigan potentsialdagi elektrolizdir (qutblanishning potentsiostatik rejimi). U elektrodlarda aniqlanadigan komponent yoki komponentlarning amaliy jihatidan to'la ajratilishiga imkon yaratadi. Bunda elektrodlarda aniqlanadigan komponent yoki komponentlarning amaliy jihatidan to'la ajratilishiga imkon yaratadi. Bunda elektrod potentsiallari kam farq qilinadigan (0,10-0,15 V) metall ionlari ham birga cho'kmaydi.

Tok kuchi doimiy bo'lgandagi (galvanostatik rejim) elektroliz ham, ko'pincha elementlarni miqdoriy ajratish va konsentrlashga olib keladi. Element eritmada ajratila borishi bilan elektroliz jarayonidagi katod potentsiali o'zgarishiga asoslanib tokni asta-sekin kamaytira borish kerak. Chunki galvanostatik rejimda makrokomponentlarni ajratishda, asosan makrokomponentlar razryadi potentsiali aniqlanadigan mikrokomponentlarni potentsiali razryadiga nisbatan musbat bo'lganda amalga oshirish mumkin, masalan misdagi vismutdagi yoki qo'rg'oshindagi mikrokomponentlarni aniqlashda.

Elektr ajratish nafaqat matritsa va mikrokomponentlarni cho'ktirishga, balki elektrokimyoviy aktiv matritsani eritishga ham asoslangandir. Masalan, simobdagi mikroaralashmalarni aniqlashda simob elektrodni tok zichligi 6-10 A/dm<sup>2</sup> va 40-70°C da uzluksiz aralastiriladigan 20%- li HCl da anodli qutblanadi. Bunda mikroaralashmalar Al, Fe, Pb, Sn, Ni, Cu, Mn matritsadan eritmaga o'tadi va ular eritmada aniqlanadi. Hosil bo'lgan simob (I) ionlari xlorid ionlari bilan bog'lanib, erimaydigan birikmaga (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) aylanadi.

Matritsani elektrokimyoviy konsentrlash usuli yordamida ajratish unchalik qulay emas, shuning uchun bu usul mikrokomponentlarni elektrokimyoviy ajratishga qaraganda kam tarqalgan. Birinchidan, bu variant ko'p komponentli materiallarni yaratish uchun yaroqsiz.

Ikkinchidan, bu holatda matritsa materiali razryad potensialiga nisbatan razryad potentsiali musbat bo'lgan mikrokomponentlarni aniqlab bo'lmaydi. Uchinchidan, razryad potentsiali manfiyligi matritsanikiga nisbatan katta bo'lgan mikrokomponentlarni elektroddagi cho'kma tomonidan mexanik olib ketish hisobiga, qattiq eritmalar yoki intermetallik birikmalar hosil bo'lishi hisobiga bir qismi yo'qotiladi. Shuning uchun keraksiz effektivlarni kamaytirish maqsadida matritsani ajratishni elektrod potentsialini uzluksiz nazorat qilish bilan bajarish kerak bo'ladi.

Elektrokimyoviy konsentrlash usulida mikrokomponentlarni ajratish qulayroq va tabiiy hisoblanadi. Bu variantni amalga oshirishning zarur sharoiti mikro va makrokomponentlarni ajratish faktorining katta qiymatidir. Bu shart analiz qilinadigan moddaning asosiy komponentlari elektroaktiv bo'lmaganda (masalan NaCl, AlCl<sub>3</sub>) yoki analiz qilinadigan modda tarkibida katodda ajraladigan makrokomponentlar bo'lmaganda bajariladi (masalan suvlar, organik kislotalar va boshqalar).

Mikrokomponentlarni elektroajratish elektroliz sharoitiga, elektroliz vaqti, mikroelementlar tabiati va konsentratsiyasi, elektrolit xossasiga, haroratga va aralashtirishga bog'liqdir. Chunki mikroelementlarni elektroajratish juda suyultirilgan eritmalarda amalga oshiriladi.

Individual konsentrlashda elektrod potentsiali ajratiladigan komponent razryad potentsiali bilan aniqlanadi. Elektrokimyoviy konsentrlash sharoitlari elektrolizning inversion usullaridan prinsipial farq qilmaydi. Mikrokomponentlarni gruppaviy aniqlashda boshqacha holat yuzaga keladi, chunki bu variantda iloji boricha katodda mikrokomponentlarning maksimal ko'p sonining ajratilishiga intilish va yacheykadagi kuchlanishni eng katta oraliqlarda o'zgartirish mumkinligidir. Agar matritsa elektroaktiv bo'lmasa, u holda ma'lum bir qiymatli potentsialni olishga to'siq bo'lmaydi. Biroq kuchlanishning ortishi bilan yacheykada ajralish darajasi dastlab ortadi. So'ngra ma'lum bir material uchun kuchlanish barqarorlashadi, sekinlashadi yoki hatto pasayadi.

Mikroelementlar amaliy jihatidan to'la yoki qisman ajratilishi mumkin. Ko'pchilik hollarda to'la bo'lishi uchun juda ko'p vaqt sarflashga to'g'ri keladi. Masalan 3,0·10<sup>-6</sup> % atrofida bo'lgan Pb va Cd ni 98-100% ajralishi uchun 10-15 soat vaqt ketadi. Bunday hollarda mikrokomponentlarni qisman ajratish usuli qo'llaniladi. Bunda to'g'ri natija

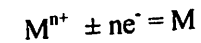
olishning zarur sharti mikroaralashmalar ajratilish darajasining ular konsentratsiyasiga bog'liq emasligidir, ya'ni  $\delta Q_i / \delta t_i = \text{const}$ . Real sharoitda turli yonaki jarayonlar hisobiga  $\delta Q_i / \delta t_i$  qiymati o'zgarishi mumkin. Konsentrlash jarayonida elektrod sirtini ratsional yiriklashtirish ijobiy natija beradi, lekin haddan tashqari yiriklashtirish aniqlash natijasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi (masalan, spektral aniqlash bosqichida). Bundan tashqari harorat, elektr o'tkazuvchanlik, qovushqoqlik, elektrolit zichligi va hokozolar ajratilish darajasiga ta'sir ko'rsatadi va har bir alohida holat uchun sharoit tanlanadi.

Elektroajratish - elektroanalitik kimyo inversion usullarining ajralmas qismidir. Bulardan inversion voltamometriya keng tarqalgan usuldir.

Bu usulda elektroliz o'tkazib bo'lingandan so'ng elektrodga ma'lum qonuniyat asosida vaqt bo'yicha o'zgaradigan o'zgaruvchan kuchlanish beriladi va potentsial funksiyasi sifatida elektroliz mahsulotining erishi natijasida hosil bo'ladigan anod yoki katod toki qayd qilinadi.

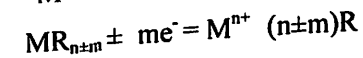
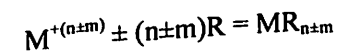
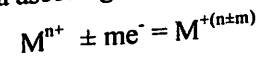
Qattiq fazalarning elektrokimyoviy o'zgarishi bo'yicha inversion voltamometriya uchta asosiy variantga bo'linadi.

**I-varianti.** Qattiq elektrod sirtida elementlarning razryadionizatsiyasini, ya'ni elementlarning cho'kishini o'z ichiga oladi. Bu "*metallarning inversion voltamometriyasi*" deyiladi.



Bu variant davriy sistemaning I va II chi gruppachasi d- elementlari III-, IV-, V-, VI- gruppalarining p-elementlarini suvsiz muhitlarda aniqlash uchun qo'llaniladi.

**II-varianti.** O'zgaruvchan valentli ionlar inversion voltamometriyasi. U elektrod reaksiyalari mahsulotlari va eritmaning tegishli komponentining o'zaro ta'siri natijasida elektrod sirtida qiyin eriydigan birikmalar hosil bo'lishiga asoslangan:



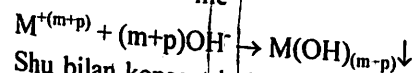
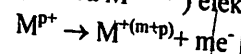
Bu variant yordamida davriy sistemaning I-gruppa elementlari (Cu, Au), III-gruppasidan (Ti), IV-gruppasidan (Sn, Pb) va V-gruppa p-elementlari, VIII-gruppaning d-elementlari o'tish triadalarini aniqlash mumkin.

Qattiq, elektrod sirtida cho'kmaning hosil bo'lishi bir necha bosqichini o'z ichiga oladi. Dastlab metall ionlari eritmadan elektrod sirtiga o'tkaziladi, so'ngra elektronlar o'tishi sodir bo'ladi va oxirida elektrod sirtiga kam eruvchan birikma hosil bo'ladi. Bunda konsentrlashning asosiy sharti shuki, kam eruvchan birikma hosil bo'lish tezligi reaksiyaga kirishayotgan metall ionlarining elektrodan chiqib ketish tezligidan albatta katta bo'lishi kerak. Shu bilan birga cho'kma elektrod sirtiga yaxshi yopishishi kerak.

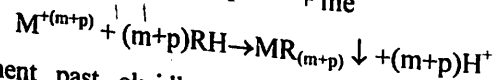
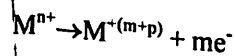
Elektrocho'ktirish jarayonida hosil bo'lgan birikmalar miqdori eritmadagi elektroaktiv ionlar konsentratsiyasi bilan elektroliz vaqtiga ko'paytmasining chiziqli funksiyasidir.

O'zgaruvchan valentli ionlar inversion voltamperometriyasi gidroksil ionlari yoki organik ionlardan reagent sifatida foydalanish bilan ko'p komponentli sistemalar analizidan foydalanish imkonini yaratadi.

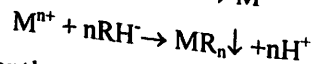
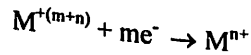
Agar M element uchun ikkita oksidlanish darajasi xarakterli bo'lsa ( $M^{p+}$  va  $M^{(m+p)}$ ) elektrodga quyidagi jarayon boradi.



Shu bilan konsentrlash elektrod sirtida amalga oshadi. Masalan, talliyni aniqlashda elektrodga talliy(I) ni oksidlash bilan va elektrod sirtida gidroliz hisobiga elektrod reaksiyalari asosida  $Tl_2O_3 \cdot nH_2O$  cho'kmasining hosil bo'lishi sodir bo'ladi. Organik reagentlar bilan quyidagi reaksiyalar amalga oshadi.



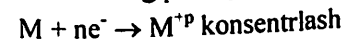
Agar element past oksidlanish darajasida reagent bilan bog'lansa, quyidagicha reaksiya ketadi.



Organik reagentlar sifatida 8-oksixinolin, ditizon, dimetilglioksim,  $\alpha$ -nitrozo- $\beta$ -naftol va boshqa holat hosil qiluvchi reagentlar ishlatiladi.

**III-varianti.** Anionlar inversion-voltapermetriyasi elektrod materiali ionlanishi mahsulotlari bilan aniqlanadigan ionlar o'zaro ta'siriga asoslangan. Bunda ham elektrod sirida kam eriydigan birikma hosil bo'ladi.

Bu usulning prinsipi quyidagi reaksiyalar bilan ifodalanadi:



$xM^{n+} + yR^{m-} \rightarrow M_xR_y$  konsentrlash  $M_xR_y + ne^- \rightarrow xM + yR^-$  aniqlash odatda eritmalar elektrolizida qattiq, elektrodlar sirtida murakkab ko'p komponentli cho'kmalar hosil bo'ladi, ularning tarkibiga individual komponentlar bilan bir qatorda ularning o'zaro ta'sir mahsulotlari, qattiq, eritmalar, intermetallik va kimyoviy birikmalar ham kiradi.

Cho'kmaning holati va uning elektrod sirtida taqsimlanishi inversion usullar uchun katta ahamiyatga ega, chunki analitik signal moddaning ma'lum fazaviy holatidan erishiga asoslangan.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usuli qanday obyektlar analizida qo'llaniladi?
2. Potensialni nazorat qilinadigan elektrolizning afzalliklari nimalardan iborat?
3. Galvonostatik sharoitdagi elektrolizning potentsiostatik sharoitdagi elektrolizdan farqi nimada?
4. Mikrokomponentlarni elektroajratish qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
5. Individual konsentrlashda elektrod potentsiali bilan ajratilayotgan komponent razryad potentsiali orasida qanday bog'lanish mavjud?
6. Mikrokomponentlarni elektroajratishning qanday afzallik va kamchiliklari bo'ladi?
7. Inversion volt - amperometriyaning mohiyati nimadan iborat?
8. Qattiq fazalarning elektrokimyoviy o'zgarishi bo'yicha inversion volt - amperometriyaning qanday variantlarini bilasiz?
9. O'zgaruvchan valentli ionlar inversion volt-amperometriyasi usulida boradigan jarayonlar reaksiyalari sxemalarini keltiring.
10. Metallar inversion volt - amperometriyasidan asosan qanday elementlarni aniqlashda qo'llaniladi?
11. Anionlar inversion volt-amperometriyasi usuli nimaga asoslangan?
12. Sementator sifatida qanday moddalar ishlatiladi?
13. Organik kislotalar, fenollar, aminokislotalar, vitaminlar garmonlar analizida elektrokimyoviy konsentrlashning qaysi turi ko'proq ishlatiladi?

## 7. EKSTRAKSIYA

**Tayanch iboralar:** ajratish va konsentrlashda ekstraksiya, mohiyati, afzalliklari, ekstraksiyon jarayonlar turlari, fizikaviy ekstraksiya, kimyoviy reaksiyaga asoslangan ekstraksiya, ekstraksiya jarayonida qo'llaniladigan terminlar, massalar ta'siri qonuni, ekstraksiya konstantasi taqsimlanish koeffitsenti, ta'sir etuvchi omillar, ajratilish darajasi, Gibbsning fazalar ta'siri qoidasi.

### 7.1. Ekstraksiya-elementlarni ajratish va konsentrlash usuli

Ajratish va konsentrlashning istiqbolli usullaridan biri ekstraksiyadir.

Ekstraksiya deganda moddani suv fazasidan u bilan aralashmaydigan organik fazaga o'tkazishni tushuniladi.

Ekstraksiya quyidagi afzalliklarga ega: ajratishning to'raligi va effektivligi, tanlab ta'sir etuvchanligi, ekstraksiyadan so'ng suvli eritmani undagi boshqa elementlar va komponentlarni aniqlash uchun foydalanish ekstraksiyani avtomatlashtirish mumkinligi, ajratib olinayotgan moddani konsentrlash, rangning intensivligi va organik qavat rangining turi asosida ionlarni sifat va miqdoriy aniqlash mumkinligi va hokazo.

Ekstraksiyani ko'pgina miqdoriy aniqlash (fotometrik, polyarografik, xromatografik va boshqalar) usullari bilan uyg'unlashtirish (bog'lash), orqali ularning tanlab ta'sir etuvchanligini va sezgirligini oshirish mumkin.

Amaliy va anazariy masalalarni yechishda ekstraksiyon usullardan foydalaniladi.

**Ekstraksiya** - bu suyuq va qattiq moddalar aralashmalarini ta'sir etuvchi erituvchilar yordamida ajratish jarayonidir, ya'ni bu ikkita bir-biri bilan aralashmaydigan fazalarda moddalarni taqsimlash jarayonidir.

**Fizikaviy ekstraksiya** - ajratib olinayotgan moddaning bir fazadan (suyuq yoki qattiq) suyuq ekstragent fazasiga ularning o'zaro bir-biriga tegishi natijasida o'tishdir.

Analitik kimyoning suyuqlik ekstraksiyasida ko'pincha bir faza suv va ikkinchisi organik erituvchi bo'lgan holni qo'llaniladi.

### 7.2. Ekstraksiyon jarayonlarning turlari

Ekstraksiya jarayonlari davriy (oddiy), uzluksiz, qarama-qarshi oqimli turlarga bo'linadi. Muvozanat konstantasi (taqsimlanish koeffitsiyenti) yetarli darajada katta bo'lsa va muvozanatning o'rnatilish tezligi ham katta

bo'lsa, moddani bir fazadan ikkinchisiga bir bosqichli ekstraksiya davomida to'liq o'tkazish mumkin. Erituvchining yangi ulushlari bilan tez o'rnatiladigan muvozanatli sistemalar uchun *davriy ekstraksiyani* qo'llash mumkin. Bu usul tarkibiy qismlardan biri bir fazada to'liq qolgan holda, ikkinchisi fazalar orasida tarqalganda, eng samaralidir. Davriy ekstraksiya erigan moddani to'liq ajratishni ko'zda tutadi. Selektiv ekstraksiya bir necha tarkibiy qismlarni o'zaro ajratish imkonini beradi. Agar suv fazasidagi moddani bir karra organik erituvchi bilan ekstraksiyalagandan so'ng organik faza ajratilib, unga yangi organik erituvchi ulushi qo'shilsa (qarama-qarshi oqimli ekstraksiya deb ataladigan usul), moddani ajratish samarasi ortadi. Buni avtomatlashtirish ham mumkin. Jarayonni avtomatlashtirish uchun ko'p nayli qurilmadan foydalaniladi.

**1. Oddiy ekstraksiya** - taqsimlanish konstantalari farqiga asoslanib aralashma komponentlarini bir marta ekstraksiyalanish bilan ekstraksiyon ajratishdir.

**2. Davriy ekstraksiya** - moddaning bir fazaning o'zidan, erituvchining alohida qismlari bilan ekstraksiyalash.

**3. Uzluksiz ekstraksiyalash** - bu ikkala fazani aralashtirish bilan ekstraksiyalash (bunda fazalarning biri harkatsiz bo'lishi kerak).

**4. Qarama-qarshi oqim ekstraksiyasi** - bu ikkala fazaning qarama-qarshi harakati natijasida ekstraksiyalashdir.

Analitik kimyoda birinchi ikki turi keng qo'llaniladi.

Uzluksiz va qarama-qarshi oqim ekstraksiyalari maxsus apparatlar-ekstraktorlar yordamida bajariladi va texnologiyada ishlatiladi. Ekstraksiya jarayonlarini o'rganishda va amalga oshirishda quyidagi terminlardan foydalaniladi.

**1) Ekstraksiyon sistema** - bu ikkita o'zaro bir-birida erimaydigan suyuqliklar va ular orasida taqsimlangan moddalardir.

**2) Ekstraktor** - ekstraksiya o'tkazuvchi apparat (ajratish voronkasi).

**3) Ekstragent** - suyuq faza - erituvchi yoki suvsiz erituvchidagi organik reagent eritmasi yoki suv fazasidan moddani ekstraksiyalash jarayoni uchun foydalanilgan erituvchilar aralashmasi.

**4) Ekstraksiyon reagent** - kompleks hosil qiluvchi reagent, yoki ekstraksiyalanadigan tuzlar yoki boshqa birikmalar hosil qiluvchi reagent (masalan ditizonning  $\text{CCl}_4$  dagi eritmasi).

5) **Suyultirilgan - inert organik erituvchi**, ya'ni ekstragentning ekstraksiyon xossalari yoki fizik xossalari yaxshilash uchun ishlatiladigan erituvchi (zichligi, qovushqoqligi).

6) **Ekstrakt** - o'zida suv fazasidan ekstraksiyalangan moddalar tutuvchi ajralgan organik faza.

7) **Reekstraksiya** - moddani ekstraktdan suv fazasiga qaytadan ajratish jarayoni.

8) **Reekstragent** - moddani organik fazadan suv fazasiga o'tkazish uchun ishlatiladigan suvli eritma (masalan, HCl yoki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasi).

9) **Reekstrakt** - o'zida ekstraktdan ajratib olingan modda tutuvchi suvli faza.

10) **Ekstraksiya izotermasi** - muvozanat sharoitida ekstraktdagi komponentlar konsentratsiyasining ular dastlabki eritmadagi konsentratsiyasiga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rsatuvchi egrisi.

Ekstraksiyaning asosiy qonunlari.

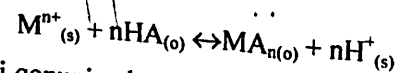
Ikkita o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar orasidagi moddalar taqsimlanishi qaytar bo'lib quyidagi uchta qonun asosida izohlanadi:

1) Massalar ta'siri qonuni

2) Taqsimlanish qonuni

3) Gibbsning fazalar qoidasi

4) Ionning kompleks ko'rinishda ekstraksiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.



Massalar ta'siri qonuniga ko'ra muvozanat konstantasi (xususi holda ekstraksiya konstantasi deyiladi) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$K_{ex} = \frac{[MA_n]_o [H^+]_s^n}{[M^{n+}]_s [HA_n]_o^n}$$

$K_{ex}$  = sistemaning hamma komponentlariga bog'liq bo'ladi.

Taqsimlanish qonuni - empirik ravishda Bertlo va Yungflet tomonidan aniqlangan (1872-yilda), 1891-yilda esa uning termodinamik tenglamasini Nernst chiqargan.

Taqsimlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi; agar modda MA<sub>n</sub> ikkita o'zaro aralashmaydigan erituvchilarda taqsimlansa, u holda doimiy temperatura va muvozanat sharoitida, ikkala fazadagi moddalar

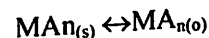
konsentratsiyalari orasidagi nisbat doimiy sonidir va u taqsimlanish konstantasi ("P") bilan xarakterlanadi.

$$P = \frac{[MA_n]_o}{[MA_n]_s}$$

Bu doimiy son taqsimlanish qonunining mohiyatini anglatadi. U taxminan moddani organik va suvli fazalardagi eruvchanliklari nisbatiga teng bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, qaysi modda ushbu organik erituvchida suvdagiga nisbatan yaxshi erisa, o'sha modda ekstraksiyalanadi.

Taqsimlanish konstantasi ekstraksiyalanadigan moddani kimyoviy tabiatiga, temperaturaga, erituvchilarning tabiatiga bog'liq, ammo ekstraksiyalanadigan moddani umumiy konsentratsiyasiga, fazalar hajmiga, hamda muhitning pH o'zgartirilmasa va ekstraksiyalanadigan modda bilan ta'sirlashmasa begona moddalar ishtirokiga bog'liq bo'lmaydi.

Eritilgan modda ikkala fazada ham bir xil shaklda bo'lsagina taqsimlanish qonuni o'rinli bo'ladi. Ya'ni:



Haqiqatda esa ikkala fazada taqsimlangan modda dissotsilanish, gidrolizlanish, kompleks hosil qilish hisobiga har xil formada bo'lishi mumkin.

Shu sababli analitik kimyoda taqsimlanish konstantasi ("P") o'rniga taqsimlanish koeffitsienti "D" ishlatiladi.

$$D = \frac{[MA_n]_o}{[M^{n+}]_s + [M(OH)_m^{(n-m)+}]_s + [MA_n^{(n-2)+}]_s + [MA_n]_s}$$

Taqsimlanish koeffitsienti quyidagi omillarga bog'liq:

a) suvli fazaning pH iga

b) ekstraksiyalanadigan modda konsentratsiyasiga

d) ekstraksiyon reagentga, chunki ular kompleks hosil bo'lish jarayoniga va ekstraksiyalanadigan modda dissotsiasiyasiga ta'sir etadi. Shu bilan birga pH ning ma'lum oraliqlarida D doimiy qiymatdir.

Agar sistema oddiy bo'lsa, masalan, I<sub>2</sub>, u holda P=D bo'ladi.

Ekstraksiya jarayonini miqdoriy baholashni ajratish darajasi kattaligi

(R) yordamida amalga oshirish mumkin.

5) **Suyultirilgan - inert organik erituvchi**, ya'ni ekstragentning ekstraksiyon xossalari yoki fizik xossalari yaxshilash uchun ishlatiladigan erituvchi (zichligi, qovushqoqligi).

6) **Ekstrakt** - o'zida suv fazasidan ekstraksiyalangan moddalar tutuvchi ajralgan organik faza.

7) **Reekstraksiya** - moddani ekstraktdan suv fazasiga qaytadan ajratish jarayoni.

8) **Reekstragent** - moddaning organik fazadan suv fazasiga o'tkazish uchun ishlatiladigan suvli eritma (masalan, HCl yoki H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasi).

9) **Reekstrakt** - o'zida ekstraktdan ajratib olingan modda tutuvchi suvli faza.

10) **Ekstraksiya izotermasi** - muvozanat sharoitida ekstraktdagi komponentlar konsentratsiyasining ular dastlabki eritmadagi konsentratsiyasiga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rsatuvchi egrisi.

Ekstraksiyaning asosiy qonunlari.

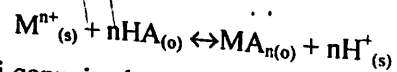
Ikkita o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar orasidagi moddalar taqsimlanishi qaytar bo'lib quyidagi uchta qonun asosida izohlanadi:

1) Massalar ta'siri qonuni

2) Taqsimlanish qonuni

3) Gibbsning fazalar qoidasi

4) Ionning kompleks ko'rinishda ekstraksiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.



Massalar ta'siri qonuniga ko'ra muvozanat konstantasi (xususi holda ekstraksiya konstantasi deyiladi) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$K_{ex} = \frac{[MA_n]_o [H^+]_s^n}{[M^{n+}]_s [HA_n]_o^n}$$

$K_{ex}$  = sistemaning hamma komponentlariga bog'liq bo'ladi.

Taqsimlanish qonuni - empirik ravishda Bertlo va Yungflet tomonidan aniqlangan (1872-yilda), 1891-yilda esa uning termodinamik tenglamasini Nernst chiqargan.

Taqsimlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi; agar modda MA<sub>n</sub> ikkita o'zaro aralashmaydigan erituvchilarda taqsimlansa, u holda doimiy temperatura va muvozanat sharoitida, ikkala fazadagi moddalar

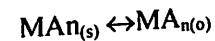
konsentratsiyalari orasidagi nisbat doimiy sonidir va u taqsimlanish konstantasi ("P") bilan xarakterlanadi.

$$P = \frac{[MA_n]_o}{[MA_n]_s}$$

Bu doimiy son taqsimlanish qonunining mohiyatini anglatadi. U taxminan moddaning organik va suvli fazalardagi eruvchanliklari nisbatiga teng bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, qaysi modda ushbu organik erituvchida suvdagiga nisbatan yaxshi erisa, o'sha modda ekstraksiyalanadi.

Taqsimlanish konstantasi ekstraksiyalanadigan moddaning kimyoviy tabiatiga, temperaturaga, erituvchilarning tabiatiga bog'liq, ammo ekstraksiyalanadigan moddaning umumiy konsentratsiyasiga, fazalar hajmiga, hamda muhitning pH o'zgartirilmasa va ekstraksiyalanadigan modda bilan ta'sirlashmasa begona moddalar ishtirokiga bog'liq bo'lmaydi.

Eritilgan modda ikkala fazada ham bir xil shaklda bo'lsagina taqsimlanish qonuni o'rinli bo'ladi. Ya'ni:



Haqiqatda esa ikkala fazada taqsimlangan modda dissotsilanish, gidrolizlanish, kompleks hosil qilish hisobiga har xil formada bo'lishi mumkin.

Shu sababli analitik kimyoda taqsimlanish konstantasi ("P") o'rniga taqsimlanish koeffitsienti "D" ishlatiladi.

$$D = \frac{[MA_n]_o}{[M^{n+}]_s + [M(OH)_m^{(n-m)+}]_s + [MA_n^{(n-2)+}]_s + [MA_n]_s}$$

Taqsimlanish koeffitsienti quyidagi omillarga bog'liq:

a) suvli fazaning pH iga

b) ekstraksiyalanadigan modda konsentratsiyasiga

d) ekstraksiyon reagentga, chunki ular kompleks hosil bo'lish jarayoniga va ekstraksiyalanadigan modda dissotsiasiyasiga ta'sir etadi. Shu bilan birga pH ning ma'lum oraliqlarida D doimiy qiymatdir.

Agar sistema oddiy bo'lsa, masalan, I<sub>2</sub>, u holda P=D bo'ladi.

Ekstraksiya jarayonini miqdoriy baholashni ajratish darajasi kattaligi (R) yordamida amalga oshirish mumkin.

R-moddaning umumiy miqdorini hamma formalaridan ekstraksiyalanadigan moddaning organik fazaga ajratilish foiz miqdorini ko'rsatadi. (R) %

$$R\% = \frac{C_o \cdot V_o}{C_o \cdot V_o + C_s \cdot V_s} \cdot 100$$

$V_o, V_s$  bo'lganda

$$R\% = \frac{C_o}{C_{umum}} \cdot 100 \text{ bo'ladi.}$$

$C_o$ -organik fazadagi analitik konsentratsiya

$C_{umum}$ - moddaning yig'indi analitik konsentratsiyasi

$V_o, V_s$  - lar organik va suvli fazalar hajmi

D va R orasida bog'lanish mavjud:

$$R\% = \frac{D \frac{V_o}{V_s}}{D \frac{V_o}{V_s} + 1} \cdot 100$$

Teng hajmlarda  $V_o, V_s$  bo'lganda

$$R\% = \frac{D \cdot 100}{D + 1}$$

R-organik fazaga qancha foiz modda o'tganligini ko'rsatadi.

Shunday qilib ikkita aralashmaydigan suyuqliklar geterogen muvozanatini tashkil etadi, u holda ekstraksiya jarayoni Gibbsning fazalar qoidasiga bo'ysunishi kerak:

$$N+F=K+2$$

Bunda N- fazalar soni;

F- erkinlik darajasi;

K- komponentlar soni;

Gibbs qoidasiga muvofiq, agar ikki fazali sistema bir komponentni ajratsa, u holda bir fazadagi konsentratsiyani bilgan holda ikkinchi fazadagi konsentratsiyasini hisoblash mumkin.

### 7.3. Ekstraksiyon usullarning umumiy tavsiflari

Tarkibida aniqlanadigan modda bo'lgan suyuqlik bilan boshqa biror o'zida kam eriydigan erituvchi bilan aralashsa, aniqlanadigan modda shu suyuqliklar orasida qayta taqsimlanadi. Hozirgi analitik kimyoda keng

(tarqalgan) qo'llaniladigan ekstarksiya usuli suyuqliklarni shu xossasiga asoslangan. Suyuqliklar o'zaro kam aralashgani uchun ikki faza o'rtasida muvozanat o'rnatiladi. Bu muvozanatda fazalarda taqsimlangan moddalar konsentratsiyalari nisbati doimiy bo'ladi. Moddani suv qavatidan erituvchi qavatiga o'tkazilganda qavatlar miqdoriga ko'ra konsentrlash amalga oshishi mumkin. Odatda suv qavatiga ko'ra organik erituvchi qavati ancha kichik bo'ladi. Bu usulda mutloq (absolyut) konsentrlashdan tashqari nisbiy konsentrlash ham amalga oshadi. Nisbiy konsentrlashda mikro tarkibiy qism makro tarkibiy qismga ko'ra ko'proq organik qavatga o'tadi, natijada makrotarkibiy qismini aniqlashning o'ziga xosligi ortadi.

Ekstraksiya usulida moddalarni ajratish to'laroq va samaraliroq bo'ladi. Agar cho'ktirish usuli bilan ekstraksiya taqqoslanadigan bo'lsa, ekstraksiyada ikki faza orasidagi yuza cho'ktirishdagiga ko'ra ancha kichik bo'lishini ko'ramiz. Yuzaning katta bo'lganligi tufayli cho'ktirishda birgalashib cho'kish (adsorbtsiya) kuzatiladi. Ekstraksiya usulida ham birgalashib cho'ktirishdagi singari birga ekstraksiyalanish kuzatilishi mumkin. Bunda organik fazaga ekstraksiya tufayli o'tayotgan modda bilan shu fazada erimaydigan modda birga bo'lganida o'tishi mumkin. Biroq ekstraksiyon sistemalar to'g'ri tanlansa bunday hodisalar kam uchraydi.

Ekstraksiya usuli universal, sodda va tezkor usuldir. Ekstraksiya usuli yordamida istalgan ionni ajratish uchun sharoit tanlash va tanlangan reaktiv yordamida ajratish mumkin. Ajratish uchun murakkab asboblardan qurilmalar talab etilmaydi, atiga slindr ajratish varonkasi bo'lsa kifoya. Ajratish tez (3-5 min) sodir bo'ladi. Ekstraksiya tufayli ajratilgan moddani quyidagi usullardan biri yordamida aniqlash mumkin.

**1. Reekstraksiya** - ekstraksiyon ajratilgan aniqlanadigan moddani qayta suv muhitiga o'tkazish. Buning uchun ekstrakt kislota, ishqor yoki boshqa biror tegishli reaktiv bilan ishlanadi. Suv muhitiga o'tgan modda biror usul yordamida aniqlanadi.

**2. Ekstraksiyon - fotometrik usulda** organik fazaga ekstraksiya tufayli o'tgan modda rangli bo'lsa, u shu rangning intensivligi asosida aniqlanadi. Agar ekstrakt rangsiz bo'lsa, uni rangli ko'rinishga o'tkazish uchun fotometrik reaktiv qo'shiladi.

3. *Ekstraksiya - atom-absorbsion usulda* ekstrakt alangaga purkaladi, alangada tekshiriladigan moddaning atomlari hosil bo'lib, aniqlash atomlarning yutishi asosida o'tkaziladi.

4. *Ekstraksiya - neytron-aktivatsion usulda* ekstrakt bo'lgan element neytronlar dastasi bilan nurlantirilib, hosil bo'lgan radioaktiv nurlanishning intensivligi o'lchanadi.

5. *Ekstraksiya - spektral usulda* ekstrakt alangaga purkaladi yoki qo'zg'atish manbasiga o'rnatilib, undagi elementning spektri o'rganiladi.

6. *Ekstraksiya - polyarografik usulda* ekstrakt elektrolitik bo'g'inga joylanib, uning tarkibidagi moddaning polyarogrammasi tushiriladi va tushirilgan polyarogramma o'rganiladi.

#### 7.4. Ekstraksiyalanuvchi moddalarning turlari

Ekstraksiyalanuvchi moddalar turli xil bo'lib, ular o'z kimyoviy tuzulishi, hosil bo'lish, organik qavatga o'tish mexanizmlari bilan farqlanadi. Ayrim ekstraksiyalanuvchi moddalar oldin suvda hosil bo'lsa, ayrimlari ekstraksiya jarayonida hosil bo'ladi. Suvda hosil bo'luvchi guruhiga kovalent bog'lanishli oddiy moddalar kiradi. Ikkinchi tur moddalarga xelatlar (bir necha halqali ichki kompleks birikmalar) kiradi. Bulardan tashqari elektroneytral, oson salvatlanish qobiliyatiga ega bo'lgan ion assotsiatlari ham yaxshi ekstraksiyalanadi. Salvatlanish energiyasi qanchalik katta bo'lib, gidratlanish energiyasi qancha kichik bo'lsa, ekstraksiyalanish shuncha to'liq bo'ladi. Erituvchilarning solvatlar hosil qilish qobiliyati vodorod bog'lanish hosil qilishi bilan bog'liq. Masalan kovalent bog'lanishli oddiy birikmalar:  $J_2$ ,  $GeCl_4$ ,  $SbCl_3$ ,  $AsCl_3$ ,  $HgCl_2$ ,  $HgJ_2$  va boshqalar benzolda,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HJ$ ,  $HNO_3$ ,  $HClO_4$ ,  $H_2SO_4$  singari kislotalar, spirtlar, ketonlar va efirlarda,  $HFeCl_4$ ,  $HZnJ_4$ ,  $HSbCl_6$  singari kompleks (birikmalar) kislotalar-kislorodli erituvchilar bilan dietil efirda yaxshi ekstraksiyalanadi.

#### 7.1-jadval

Ayrim metall ionlarini xelat komplekslar shaklida ekstraksiyalash

Ion	Reagent	pH	Erituvchi
$Cu^{2+}$	Ditizon	2	$CCl_4$
$Cd^{2+}$	Ditizon	14	$CHCl_3$
$Bi^{3+}$	Ditizon	9,5	$CHCl_3$
$Pb^{2+}$	Ditizon	10	$CHCl_3$
$Hg^{2+}$	Ditizon	2	$CCl_4$
$As(III)$	Dietilditiokarbamat	> 2 M $HCl$	$CHCl_3$
$Sb(III)$	Dietilditiokarbamat	9	$CCl_4$
$Al^{3+}$	8-Oksixinolin	4,5-11	$CHCl_3$
$Ti^{3+}$	8-Oksixinolin	8-9	$CHCl_3$
$Mn^{2+}$	8-Oksixinolin	12,5	$CHCl_3$
$Ni^{2+}$	Dimetilgioxsim	7,5	$CHCl_3$
$Co^{2+}$	$\alpha$ -Nitrazo- $\beta$ -naftol	3-4	$CHCl_3$
$Cr^{3+}$	Atsetilatseton	$\approx 1 M H_2SO_4$	$CHCl_3$

Agar ajratiladigan modda zaryadli bo'lsa, uning zaryadini neytrallashtirish maqsadga muvofiq. Kichik zaryadli ionlar osonroq ekstraksiyalanadi. Ekstraksiya tufayli ajratiladigan modda tarkibida gidrofil guruhlar ( $-SO_3H$ ,  $-COOH$ ,  $-OH$  va boshqa) bo'lsa, ularning gidrofobligini oshirish kerak bo'ladi. Barqaror komplekslar va katta o'lchamli zarralar yengil ekstraksiyalandi. Yomon ekstraksiyalanadigan moddalarni ajratish uchun ularni komplekslarga bog'lash maqsadga muvofiq. Ekstraksiyalash eritmaning pH ga ko'p jihatdan bog'liq (7.1-jadval). Bu hosil bo'ladigan komplekslar va boshqa birikmalar barqarorligining pH ga bog'liqligi bilan tushuntirilishi mumkin. Moddalarni ekstraksiyalash uchun qulay va selektiv erituvchilarga ekstragentlar deyiladi.

#### 7.5. Ekstraksiya jarayonining qonuniyatlari

Ekstraksiya vaqtida, odatda, moddaning hammasi organik fazaga o'tmasdan, uning biroz qismi suv qavatida qoladi. Moddaning organik fazaga o'tgan qismi bilan suv fazasidagi muvozanat konsentratsiyalari nisbati taqsimlanish konstantasi deb yuritiladi.

$$K_0 = \frac{[A]_0}{[A]_s} \text{ yoki } K = \frac{[HgCl_2]_0}{[HgCl_2]_s}$$

Bu tenglamalar eritmaning ion kuchi nolga teng bo'lganda va modda har ikkala fazada ham bir xil shaklda bo'lganda o'rinni bo'ladi. Bu vaqtda moddalar aktivligi konsentratsiyaga, aktivlik koeffitsienti esa birga teng

3. *Ekstraksiya - atom-absorbsion usulda* ekstrakt alangaga purkaladi, alangada tekshiriladigan moddaning atomlari hosil bo'lib, aniqlash atomlarning yutishi asosida o'tkaziladi.

4. *Ekstraksiya - neytron-aktivatsion usulda* ekstrakt bo'lgan element neytronlar dastasi bilan nurlantirilib, hosil bo'lgan radioaktiv nurlanishning intensivligi o'lchanadi.

5. *Ekstraksiya - spektral usulda* ekstrakt alangaga purkaladi yoki qo'zg'atish manbasiga o'rnatilib, undagi elementning spektri o'rganiladi.

6. *Ekstraksiya - polyarografik usulda* ekstrakt elektrolitik bo'g'inga joylanib, uning tarkibidagi moddaning polyarogrammasi tushiriladi va tushirilgan polyarogramma o'rganiladi.

#### 7.4. Ekstraksiyalanuvchi moddalarning turlari

Ekstraksiyalanuvchi moddalar turli xil bo'lib, ular o'z kimyoviy tuzulishi, hosil bo'lish, organik qavatga o'tish mexanizmlari bilan farqlanadi. Ayrim ekstraksiyalanuvchi moddalar oldin suvda hosil bo'lsa, ayrimlari ekstraksiya jarayonida hosil bo'ladi. Suvda hosil bo'luvchi guruhiga kovalent bog'lanishli oddiy moddalar kiradi. Ikkinchi tur moddalarga xelatlar (bir necha halqali ichki kompleks birikmalar) kiradi. Bulardan tashqari elektroneytral, oson salvatlanish qobiliyatiga ega bo'lgan ion assotsiatlari ham yaxshi ekstraksiyalanadi. Salvatlanish energiyasi qanchalik katta bo'lib, gidratlanish energiyasi qancha kichik bo'lsa, ekstraksiyalanish shuncha to'liq bo'ladi. Erituvchilarning solvatlar hosil qilish qobiliyati vodorod bog'lanish hosil qilishi bilan bog'liq. Masalan kovalent bog'lanishli oddiy birikmalar:  $J_2$ ,  $GeCl_4$ ,  $SbCl_3$ ,  $AsCl_3$ ,  $HgCl_2$ ,  $HgJ_2$  va boshqalar benzolda,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HJ$ ,  $HNO_3$ ,  $HClO_4$ ,  $H_2SO_4$  singari kislotalar, spirtlar, ketonlar va efirlarda,  $HFeCl_4$ ,  $HZnJ_4$ ,  $HSbCl_6$  singari kompleks (birikmalar) kislotalar-kislorodli erituvchilar bilan dietil efirda yaxshi ekstraksiyalanadi.

#### 7.1-jadval

Ayrim metall ionlarini xelat komplekslar shaklida ekstraksiyalash

Ion	Reagent	pH	Erituvchi
$Cu^{2+}$	Ditizon	2	$CCl_4$
$Cd^{2+}$	Ditizon	14	$CHCl_3$
$Br^{3+}$	Ditizon	9,5	$CHCl_3$
$Pb^{2+}$	Ditizon	10	$CHCl_3$
$Hg^{2+}$	Ditizon	2	$CCl_4$
$As(III)$	Dietilditiokarbamat	> 2 M HCl	$CHCl_3$
$Sb(III)$	Dietilditiokarbamat	9	$CCl_4$
$Al^{3+}$	8-Oksixinolin	4,5-11	$CHCl_3$
$Ti^{3+}$	8-Oksixinolin	8-9	$CHCl_3$
$Mn^{2+}$	8-Oksixinolin	12,5	$CHCl_3$
$Ni^{2+}$	Dimetilglioksim	7,5	$CHCl_3$
$Co^{2+}$	$\alpha$ -Nitrazo- $\beta$ -naftol	3-4	$CHCl_3$
$Cr^{3+}$	Atsetilatseton	$\approx 1 M H_2SO_4$	$CHCl_3$

Agar ajratiladigan modda zaryadli bo'lsa, uning zaryadini neytrallash maqsadga muvofiq. Kichik zaryadli ionlar osonroq ekstraksiyalanadi. Ekstraksiya tufayli ajratiladigan modda tarkibida gidrofil guruhlar ( $-SO_3H$ ,  $-COOH$ ,  $-OH$  va boshqa) bo'lsa, ularning gidrofobligini oshirish kerak bo'ladi. Barqaror komplekslar va katta o'lchamli zarralar yengil ekstraksiyalandi. Yomon ekstraksiyalanadigan moddalarni ajratish uchun ularni komplekslarga bog'lash maqsadga muvofiq. Ekstraksiyalash eritmaning pH iga ko'p jihatdan bog'liq (7.1-jadval). Bu hosil bo'ladigan komplekslar va boshqa birikmalar barqarorligining pH ga bog'liqligi bilan tushuntirilishi mumkin. Moddalarni ekstraksiyalash uchun qulay va selektiv erituvchilarga ekstragentlar deyiladi.

#### 7.5. Ekstraksiya jarayoning qonuniyatlari

Ekstraksiya vaqtida, odatda, moddaning hammasi organik fazaga o'tmasdan, uning biroz qismi suv qavatida qoladi. Moddaning organik fazaga o'tgan qismi bilan suv fazasidagi muvozanat konsentratsiyalari nisbati taqsimlanish konstantasi deb yuritiladi.

$$K_0 = \frac{[A]_0}{[A]_s} \text{ yoki } K = \frac{[HgCl_2]_0}{[HgCl_2]_s}$$

Bu tenglamalar eritmaning ion kuchi nolga teng bo'lganda va modda har ikkala fazada ham bir xil shaklda bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu vaqtda moddalar aktivligi konsentratsiyaga, aktivlik koeffisienti esa birga teng

bo'ladi. Suv muhitida biror aralshma bo'lsa, tenglamada konsentratsiya o'rniga aktivlik qo'yiladi. Haqiqatda har ikkala fazada ham moddaning bir xil ko'rinishining bo'lishi kamdan kam uchraydi. Olingan  $HgCl_2$  misolni e'tiborga olsak, eritmada  $HgCl_2$  dan tashqari  $Hg^{2+}$ ,  $HgCl^+$ ,  $HgCl_3^-$ ,  $HgCl_4^{2-}$  ham bo'ladi. Shuning uchun ham konstanta o'rnida taqsimlanish koeffitsienti qo'llaniladi:

$$D = \frac{C_0}{C_s} = \frac{[HgCl_2]}{[Hg^{2+}] + [HgCl^+] + [HgCl_2] + [HgCl_3^-] + [HgCl_4^{2-}]}$$

Taqsimlanish koeffitsienti taqsimlanish konstantasidan faqr qilib, doimiy qiymatga teng emas. Agar eritmadagi  $Cl^-$  ionining konsentratsiyasi o'zgartirilsa,  $D$  ning ortishi yoki kamayishini osongina ko'rsa bo'ladi. Amalda ko'pincha, ekstraksiya darajasi (ajratib olish omili) -  $R$  ishlatiladi.

$$R = \frac{Q_{A,O}}{Q_{A,S}}$$

Bu yerda  $Q_{A,O}$  - moddaning organik fazadagi miqdori

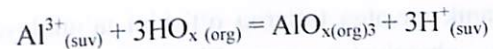
$Q_{A,S}$  - moddaning umumiy miqdori

Bundan ekstarksiya darajasi  $R$  bilan taqsimlanish koeffitsienti  $D$  orasidagi bog'lanishni ko'rsatish mumkin.

$$R = \frac{100D}{D+1} \text{ va } Q = \frac{R}{100-R}$$

Bu tenglamalar faqatgina har ikkala fazalar hajmi teng bo'lganda haqlidir. Miqdoriy to'liq ajratish  $R=99:99,9$  bo'lganda kuzatiladi, deb qabul qilinadi. Ayrim hollarda  $R=90\%$  va undan kam ham bo'lishi mumkin.

Bunday hollarda ekstraksiya 2-3 marta takrorlanadi va shu tariqa to'liq ajratishga erishiladi. Masalan,  $R=90\%$  bo'lsa, eritmada 10% modda bo'ladi, qayta ekstarksiyalanganda  $R=90\%$  bo'lgani uchun yana 9% modda organik fazaga o'tadi va hokazo. Shunday qilib 3 marta qayta ekstraksiyalanganda 99,9% modda ajratiladi. Ko'p hollarda ekstarksiya jarayonini ifodalash uchun ekstraksiya konstantasidan foydalaniladi. Ekstraksiya konstantasi  $K_{eks}$  - taqsimlanish reaksiyasining muvozanat konstantasidir. Misol tariqasida suvli eritmadagi  $Al^{3+}$  ionini eritmadan 8-oksixinolinning xloroformli eritmasi bilan ekstraksiyalashni ko'rib chiqaylik:



muvozanat o'rnatiladi. Bu muvozanatga massalar ta'siri qonuniga tadbiiq etilsa, ekstraksiya konstantantasi:

$$K_{eks} = \frac{[AlOx]_{3(org)} \cdot [H^+]_{(suv)}^3}{[Al^{3+}]_{(suv)} \cdot [HOx]_{(org)}^3}$$

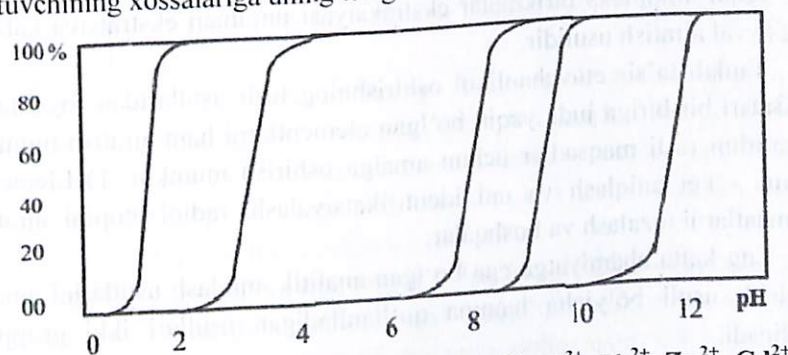
hosil bo'ladi.

Ekstraksiyani  $n$  marta takrorlagandan keyin qoladigan moddaning millimollar soni quydagi formuladan topish mumkin.

$$X_n = \frac{V_2 \cdot a}{(V_1 \cdot K + V_2)^n}$$

Bu yerda  $a-V_2$  hajmli fazadagi  $A$  moddaning millimollar soni.

Ekstraksiya konstantasini bilgan holda ekstraksiya sharoitini, ekstraksiyaning eng maqbul muhitini (pH) va boshqalarni tanlash mumkin. Ajratib olish darajasi, taqsimlanish koeffitsienti, ekstraksiya konstantasi, taqsimlanish konstantasi qiymatlari ajratib olinadigan birikma va organik erituvchining xossalriga uning turiga bog'liq.



7.1-rasm. Ekstraksiya darajasining  $Hg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  ditizonatlarining (mos ravishda) xloroformda ajralishining pH ga bog'liqligi

Odatda, ekstarksiya uchun suv bilan aralashmaydigan yoki kam aralashadigan erituvchilar tanlanadi. Ular ajratilgan moddalar bilan muayyan barqarorlikka ega bo'lgan birikmalar - solvatlar hosil qiladi. Solvatlar hosil bo'lishi ekstraksiya jarayonini yengillashtiradi va

moddaning organik qavatga to'laroq o'tishini ta'minlaydi. Erituvchining zichligi amaliy ahamiyatga ega. Ekstraksiya uchun suvdan og'ir erituvchilar qulayroq bo'lib, ular suvning tagida bo'ladi, ekstraksiyani takrorlaganda ham ular afzal, bundan tashqari ular bug'lanmaydi. Bu zaharlanish va yong'inning oldini oladi. Ekstraksiya faqat suvdan organik erituvchi qavatiga emas, balki organik erituvchi qavatidan suv qavatiga o'tkazish uchun ham ishlatiladi. Masalan, karbon kislotalarni fenol va uning hosilalari aralshmasidan suv fazasiga o'tkazib ajratish mumkin. Buning uchun natriy gidrokarbonatning suyultirilgan suvli eritmasidan foydalaniladi.

**1-misol.** Yodning uglerod (IV) xlorid va suv orasidagi taqsimlanish konstantasi 85 ga teng. Dastlabki konsentratsiyasi  $1 \cdot 10^{-3}$  M bo'lgan yodni har biri 45 ml bo'lgan  $CCl_4$  bilan ikki marta qayta ekstraksiyalaganda, 100 ml suvda qoladigan yodning millimollar sonini toping.

**Yechish.**

$$a = 100 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,100 \text{ m/mol}; x^2 = 100 / (45 \cdot 85 + 100)^2 \cdot 0,1 = 6,49 \cdot 10^{-5} \text{ m/mol}.$$

**7.6. Ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasini elementlar identifikatsiyasi va aniqlash usullari bilan bog'lash**

Ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasi umuman ekstraksiya kabi bu eng avval ajratish usulidir.

Tanlab ta'sir etuvchanlikni oshirishning turli usullaridan foydalanib, xossalari bir-biriga juda yaqin bo'lgan elementlarni ham ajratish mumkin. Ajratishni turli maqsadlar uchun amalga oshirish mumkin. 1) Elementni ketma - ket aniqlash va uni identifikatsiyalash, radioizotopini ajratish, elementlarni tozalash va boshqalar.

Eng katta ahamiyatga ega bo'lgan analitik aniqlash usullarini amalga oshirish usuli bo'yicha hamma qo'llaniladigan usullari ikki gruppaga bo'linadi.

Bir tomondan ekstraktni bug'latgandan so'ng aniqlashni ho'l yoki quruq parchalash bilan yoki reekstraksiyadan so'ng amalga oshirish mumkin. Bu holda ekstraksiya ajratish va aniqlash usullari bir-birlari bilan uzviy bog'liq emas, ya'ni ajratish usuli ekstraksiya usul yoki boshqa biror usul bilanmi baribir. Bunday usullar keng tarqalgan.

Ikkinchidan ekstraksiyalangan elementni to'g'ridan-to'g'ri ekstraktida aniqlash mumkin. Buning uchun masalan, kompleksning nurni yutishidan

yoki fluoressensiyasidan elementning radioaktivligidan va boshqa xossalardan foydalaniladi.

Bundan tashqari ekstraktni to'g'ridan-to'g'ri alangaga purkash (alangali fotometrik aniqlashda) bilan aniqlash mumkin, yoki ekstraktni polyarografiyalash mumkin va boshqalar.

Bunday hollarda aniqlash usullari ekstraksiya bilan uzviy bog'langan bo'ladi. Ya'ni alohida olingan usulning kombinatsiyalangan deb tasavvur etish mumkin.

**7.7. Ekstraksiya fotometrik usullar**

Ichki kompleks birikmalardan foydalanishga asoslangan ekstraksiya fotometrik usullar analitik kimyo amaliyotida jadal ishlab chiqilmoqda va o'rganilmoqda. Bu usullar oddiy fotometrik usulga qaraganda sezgirlikni katta. Ko'pchilik hollarda sezgirlikni organik faza hajmini kamaytirish hisobiga oson amalga oshirish mumkin: organik va suvli fazalar hajmlari nisbatan 1:5 hatto 1:10 gacha etadi.

Sezgirlikni oshirishning ikkinchi imkoniyati kompleksning organik fazadagi dissotsilanishni kamaytirish hisobiga ortadi. Undan tashqari ekstraktni turli rangli moddalardan ajratish (suvli fazadagi) juda oson ajratiladi, masalan, reagentning ortiqcha miqdoridan va boshqalarni misol qilishimiz mumkin.

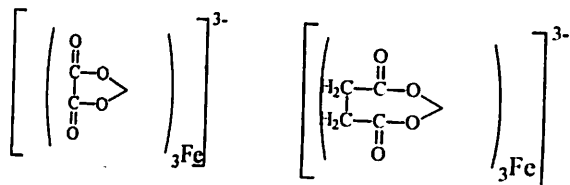
Ekstraksiya fotometrik usulning tanlab ta'sir etuvchanligi yuqori hisoblanadi. Shuningdek, ekstraksiya fotometrik usulni amalga oshirishning oddiyligi, usulni avtomatlashtirish mumkinligi, usulning universalligi. Ko'plab elementlar uchun bu usulni ishlab chiqish mumkinligi uni qo'llash imkoniyatini oshiradi.

Organik reagentlar va ularning holatlari, rangliligi, holatlarning asosiy turlari: neytral, kationli, anionli, bir turli, aralash, koordinatsion to'yingan.

Analitik kimyoda ko'pchilik hollarda polidentant xossalarni hosil qiluvchi ligandlar qo'llaniladi. Organik reagentlarning anorganik birikmalar ionlari bilan hosil qiladigan birikmalari halqa (holat) xarakterga ega. Buning uchun organik reagent bidentant yoki polidentant xarakterga ega bo'lishi kerak. Bunday kompleks birikmalarning barqarorligi halqalar soni va halqa a'zolari soni bilan aniqlanadi. Bunday effektini holat effekti deyiladi. Besh va olti a'zoli halqalar tutgan kompleks birikmalar eng

barqarorligi bilan ajralib turadi, ularda liganddagi valent burchaklar uning deformatsiyalanishi natijasida paydo bo'ladigan kuchlanish eng kamdir.

Masalan  $Fe^{3+}$  ning oksalat kislota bilan kompleksi (5 a'zoli) qahrabo kislotasi bilan hosil qiladigan yetti a'zoli kompleksiga qaraganda barqarordir.



Bitta kompleks hosil qilishga to'g'ri keladigan halqalar sonining ortishi ham kompleks birikmalarning barqarorligini oshiradi. Masalan: EDTA  $Ca^{2+}$  yoki  $Mg^{2+}$  bilan uchta besh a'zoli halqa hosil qiladi va barqaror.

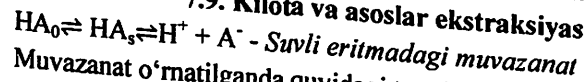
### 7.8. Ekstraksiya-fluorimetrik aniqlash usuli

Ko'pincha ichki kompleks birikmalarda, ayniqsa davriy sistemaning II va III gruppasi elementlari lyuminetsentsiyalash xossasiga ega. Ultrabinafsha nur yordamida qo'zg'algan holatga keltirilganda lyuminetsent xossali qattiq holatda ham, eritmada ham shu jumladan suv bilan aralashmaydigan organik erituvchilarda ham lyuminetsentsiyalanadi. Ekstraksiya lyuminetsent analiz usuli yana shunga asoslangan.

Fluoresentsiya nurlanishining qo'zg'algan momentida sodir bo'ladi, shuning uchun ekstraksiya nurlanishi hisobiga bajariladigan analizni ekstraksiya-fluoresent analiz deyiladi.

Bu usulning sezgirligi yuqori. Ayrim hollarda bir ichki kompleks birikmalarning o'zi sifatida ekstrakda birikmani ekstraksiya-fotometrik usulda aniqlansa, miqdor juda kam bo'lganda xuddi shunday tarkibli ekstraktni ekstraksiya-fluoresent usul bilan aniqlanadi. Bunga misol qilib  $AlOx_3$  yoki berilliy oksidinolinatini ko'rsatishimiz mumkin (xloroform bilan).

### 7.9. Kislota va asoslar ekstraksiyasi



Muvazanat o'rnatilganda quyidagi tenglamalar o'rinni bo'ladi.

$$P_0 = \frac{[HA]_0}{[HA]_s} \text{ va } K_i = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_s}$$

Kuchsiz kislota ekstraksiyasining to'laqonligi suvli eritmaning pH ga sezilarli darajada bog'liq bo'ladi.

$$g = [HA] + [A^-] \text{ g-mol/l}$$

$$K_i = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \text{ dan } K_i [HA] = [H^+][A^-]$$

$$[A^-] = \frac{K_i [HA]}{[H^+]} \text{ bo'ladi, o'rninga qo'ysak}$$

$$g = [HA] + \frac{K_i [HA]}{[H^+]} = [HA] \left( 1 + \frac{K_i}{[H^+]} \right)$$

g ni miqdorini 100% deb hisoblasak u holda

$$[HA]\% = \frac{g}{1 + \frac{K_i}{[H^+]}} = \frac{100}{1 + \frac{K_i}{[H^+]}}$$

Anionlarning nisbiy miqdori.

$$[A^-] = g - [HA] = 100 - [HA] \text{ bo'ladi.}$$

[HA]-kislota umumiy konsentratsiyasi

$$[HA] = [HA]_0 v_0 + [HA]_s v_s + [A^-]_s v_s$$

Unda ekstraksiya darajasi quyidagiga teng bo'ladi.

$$R = \frac{[HA]_0 v_0}{N} = \frac{[HA]_0 v_0}{[HA]_0 v_0 + [HA]_s v_s + [A^-]_s v_s} \text{ bundan}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{[HA]_0 v_0}{[HA]_0 v_0} + \frac{[HA]_s v_s}{[HA]_0 v_0} + \frac{[A^-]_s v_s}{[HA]_0 v_0} = 1 + \frac{[HA]_s v_s}{[HA]_0 v_0} + \frac{[A^-]_s v_s}{[HA]_0 v_0}$$

$\frac{v_s}{v_0}$  ni  $\gamma$  orqali ifodalasak

$$\frac{1}{R} = 1 + \frac{[HA]_s \gamma}{[HA]_0} + \frac{[A^-]_s \gamma}{[HA]_0} = 1 + \frac{[HA]_s \gamma}{[HA]_0} + \frac{K_i [HA]_s \gamma}{[HA]_0 [H^+]} = 1 + \frac{\gamma}{P_0} + \frac{K_i \gamma}{P_0 [H^+]}$$

$$R = \frac{100}{1 + \frac{\gamma}{P_0} \left( 1 + \frac{K_i}{[H^+]} \right)}$$

### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ekstraksiya qanday afzalliklarga ega?
2. Ekstraksiya jarayoni necha turga bo'linadi va qaysi turi analitik kimyoda ko'proq qo'llaniladi?
3. Ekstraksiya jarayonlari amalga oshirishda qanday terminlardan foydalaniladi?
4. Taqsimlanish qonunining mohiyatini tushuntiring.
5. Taqsimlanish konstantasi va koeffitsiyenti nima va ular orasida qanday o'xshashlik va farqlar bor?

6. Qaysi hollarda taqsimlanish qonuni o'rinli bo'ladi?
7. Taqsimlanish koeffisienti qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
8. Taqsimlanish koeffisienti bilan ajratilish darajasi orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi formulani keltiring.
9. Ekstraksiya ajratish va konsentrlashning mohiyati nimada?
10. Ikki suyuqlikning o'zaro aralashishi nimalarga bog'liq?
11. O'zaro aralashmaydigan qanday suyuqliklarni bilasiz?
12. Moddani ekstraksiya ajratishning qanday shartlarini bilasiz?
13. Nima uchun kompleks birikmalar yaxshiroq ekstraksiyalanadi?
14. Ekstraksiya konstantasi va koeffitsiyenti nima, ular orasida qanday o'xshashlik va farqlar bor?
15. Ekstraksiya sistemalar nima va ular qanday tanlanadi? Ekstragentlar nima?
16. Ekstraksiya jarayonlarning turlari: davriy, qarshi oqimli ekstraksiyani ta'riflang.
17. Ekstraksiya qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
18. Xloroform bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $2 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni har biri 30 ml bo'lgan xloroform bilan uch marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
19. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 96. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $5,6 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni 100 ml benzol bilan bir marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
20. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 90. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $6,8 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni hajmlari 70 ml benzol bilan ikki marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
21. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 86. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $3,4 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni hajmlari 40 ml benzol bilan uch marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?

## 8. ICHKI KOMPLEKS BIRIKMALARNING ASOSIY TURLARI

*Tayanch iboralar:* organik reagentlar, ranglili, organik analitik reagentlarning ajratish va konsentrlashdagi roli, ishlatilish sohasi, kompleks hosil qiluvchi funksional guruhlar turi, reagentning dentanligi, halqalar soni, halqa a'zolari soni (xelat effekti), xelatning asosiy turlari, neytral, kationli, anionli, bir turli, aralash, koordinatsion to'yingan va to'yinmagan birikmalar, kompleks birikmaning barqarorligiga fazoviy omillarining va o'rinbosarlarning ta'siri.

### 8.1. Organik analitik reagentlar

Hozirgi zamon analitik kimyosida organik reagentlarning roli beqiyos kattadir. Ular selektiv reagentlar sifatida ajratish, aniqlash, miqdoriy aniqlash (gravimetriya, fotometriya, titrimetriya, ekstraksiya-fotometriya) usullarida keng ko'lamda ishlatiladi. Organik moddalar ekstragentlar, indikatorlar: kislotasosli, oksidlanish-qaytarilish, adsorbsion, metalloxrom indikatorlar sifatida ishlatiladi. Organik reagentlar ta'sirini nazariy asoslash, ularni ma'lum maqsadga yo'naltirilgan sintez olib borishga, reagentlarning xossalari ular ma'lum holatlariga o'rinbosarlar kiritish bilan o'zgartirishga imkon beradi.

Analizda qo'llaniluvchi reagentlar anorganik va organik tabiatli bo'ladi. Keyingi yillarda anorganik ligandli komplekslardan ko'ra organik ligandli komplekslar ko'proq ishlatilmoqda. Bunga ular ishtirokida seziluvchan, selektiv reaksiya bo'lishi, reaksiyalar aniqligining yuqoriligi sabab bo'lmoqda. Organik ligandli komplekslarning ko'pchiligi ichki kompleks birikmalarga kiradi. Masalan, alyuminiy alizarin va 8-oksixinolin, nikelni dimetilglioksim, magniy 8-oksixinolin, kalsiy, stronsiy va bariy natriy rodizonat kabi reaktivlar bilan aniqlash bunga misol bo'la oladi. Dastlab 1884-yilda M.A. Ilinskiy kobalt (II) ionini aniqlash uchun 1-nitrozo-2-naftoldan foydalangan edi. Bunda kobaltning qizil-qo'ng'ir rangli ichki kompleks birikmasi ( $n=6$ ) hosil bo'ladi, bu birikma xlorid va nitrat kislotalarda erimaydi. L.A. Chugayev 1905-yilda nikelni aniqlash uchun ishlatgan dimetilglioksim reaktivi hozirgacha eng yaxshi reagent sifatida qo'llanib kelinmoqda. Ko'pgina organik reagentlar anorganik ionlarni xalaqit beruvchi begona moddalar ishtirokida aniqlashga imkon beradi. Bunga sabab, hosil bo'lgan birikmalarning

6. Qaysi hollarda taqsimlanish qonuni o'rinli bo'ladi?
7. Taqsimlanish koeffitsienti qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
8. Taqsimlanish koeffitsienti bilan ajratilish darajasi orasidagi bog'liqlikni ifodalovchi formulani keltiring.
9. Ekstraksiya ajratish va konsentrlashning mohiyati nimada?
10. Ikki suyuqlikning o'zaro aralashishi nimalarga bog'liq?
11. O'zaro aralashmaydigan qanday suyuqliklarni bilasiz?
12. Moddani ekstraksiya ajratishning qanday shartlarini bilasiz?
13. Nima uchun kompleks birikmalar yaxshiroq ekstraksiyalanadi?
14. Ekstraksiya konstantasi va koeffitsiyenti nima, ular orasida qanday o'xshashlik va farqlar bor?
15. Ekstraksiya sistemalar nima va ular qanday tanlanadi? Ekstragentlar nima?
16. Ekstraksiya jarayonlarning turlari: davriy, qarshi oqimli ekstraksiyani ta'riflang.
17. Ekstraksiya qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
18. Xloroform bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $2 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni har biri 30 ml bo'lgan xloroform bilan uch marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
19. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 96. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $5,6 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni 100 ml benzol bilan bir marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
20. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 90. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $6,8 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni hajmlari 70 ml benzol bilan ikki marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?
21. Benzol bilan suv fazalari orasida moddani taqsimlanish konstantasi 86. Shu moddani dastlabki konsentratsiyasi  $3,4 \cdot 10^{-3}$  M bo'lsa, uni hajmlari 40 ml benzol bilan uch marta ekstraksiyalagandan so'ng 100 ml suv qavatida necha millimol modda qoladi?

## 8. ICHKI KOMPLEKS BIRIKMALARNING ASOSIY TURLARI

*Tayanch iboralar: organik reagentlar, rangliligi, organik analitik reagentlarning ajratish va konsentrlashdagi roli, ishlatilish sohasi, kompleks hosil qiluvchi funksional guruhlar turi, reagentning dentantligi, halqalar soni, halqa a'zolari soni (xelat effekti), xelatning asosiy turlari, neytral, kationli, anionli, bir turli, aralash, koordinatsion to'yingan va to'yinmagan birikmalar, kompleks birikmaning barqarorligiga fazoviy omillarining va o'rinbosarlarning ta'siri.*

### 8.1. Organik analitik reagentlar

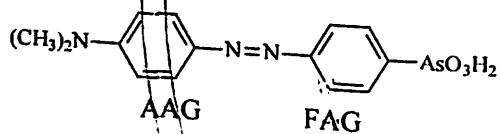
Hozirgi zamon analitik kimyosida organik reagentlarning roli beqiyos kattadir. Ular selektiv reagentlar sifatida ajratish, aniqlash, miqdoriy aniqlash (gravimetriya, fotometriya, titrimetriya, ekstraksiya-fotometriya) usullarida keng ko'lamda ishlatiladi. Organik moddalar ekstragentlar, indikatorlar: kislota-asosli, oksidlanish-qaytarilish, adsorbsion, metalloxrom indikatorlar sifatida ishlatiladi. Organik reagentlar ta'sirini nazariy asoslash, ularni ma'lum maqsadga yo'naltirilgan sintez olib borishga, reagentlarning xossalarini ular ma'lum holatlariga o'rinbosarlar kiritish bilan o'zgartirishga imkon beradi.

Analizda qo'llaniluvchi reagentlar anorganik va organik tabiatli bo'ladi. Keyingi yillarda anorganik ligandli komplekslardan ko'ra organik ligandli komplekslar ko'proq ishlatilmoqda. Bunga ular ishtirokida seziluvchan, selektiv reaksiya bo'lishi, reaksiyalar aniqligining yuqoriligi sabab bo'lmoqda. Organik ligandli komplekslarning ko'pchiligi ichki kompleks birikmalarga kiradi. Masalan, alyuminiy alizarin va 8-oksixinolin, nikelni dimetilglioksim, magniyni 8-oksixinolin, kalsiy, stronsiy va bariyni natriy rodizonat kabi reaktivlar bilan aniqlash bunga misol bo'la oladi. Dastlab 1884-yilda M.A. Ilinskiy kobalt (II) ionini aniqlash uchun 1-nitrozo-2-naftoldan foydalangan edi. Bunda kobaltning qizil-qo'ng'ir rangli ichki kompleks birikmasi ( $n=6$ ) hosil bo'ladi, bu birikma xlorid va nitrat kislotalarda erimaydi. L.A. Chugayev 1905-yilda nikelni aniqlash uchun ishlatgan dimetilglioksim reaktivi hozirgacha eng yaxshi reagent sifatida qo'llanib kelinmoqda. Ko'pgina organik reagentlar anorganik ionlarni xalaqit beruvchi begona moddalar ishtirokida aniqlashga imkon beradi. Bunga sabab, hosil bo'lgan birikmalarning

rangliligidir. Organik va ayrim anorganik reagentlar ishtirokida bir yoki bir necha yadroli komplekslar hosil bo'ladi. Yadrolardagi markaziy ion bir xil bo'lsa, kompleksga *gomopoliyadroli*, har xil markaziy ionlar bo'lsa, *geteropoliyadroli* komplekslar deyiladi. Bundan tashqari, komplekslar bir yoki bir necha ligandli bo'lishi mumkin. Har xil ligandli komplekslarga *aralash ligandli* komplekslar deyiladi. Analizda qo'llaniladigan organik reagentlarga *organik analitik reagentlar* (OAR) deyiladi, ularning molekularida analitik markaz bo'lib, u ikki muhim guruhdan iborat bo'ladi. Ulardan biri *funksional analitik guruh* (FAG) deb yuritiladi. FAG anorganik ionlar bilan ta'sirlashish qobiliyatiga ega bo'lgan spetsifik guruhlardir. Bu guruhlarning ta'sirlashishidan hosil bo'lgan birikmaning analitik effektini *analitik aktiv guruhlar* (AAG) deb ataluvchi guruhlar ta'minlaydi. Shular hisobga olinsa, kompleks hosil qiluvchi OAR molekulasining tuzilishi quyidagicha bo'ladi:

AAG	FAG
-----	-----

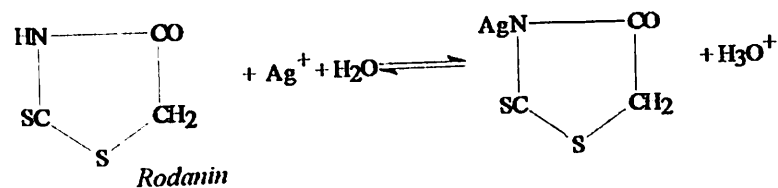
Masalan, sirkoniy ionini bilan jigarrang cho'kma hosil qiluvchi n-dimetilaminobenzolazo-4'-arson kislota qarab chiqilsa, uning tarkibidagi arsenit kislota qoldig'i bilan tutashgan qism FAG, ikkinchi qismi AAG hisoblanadi:



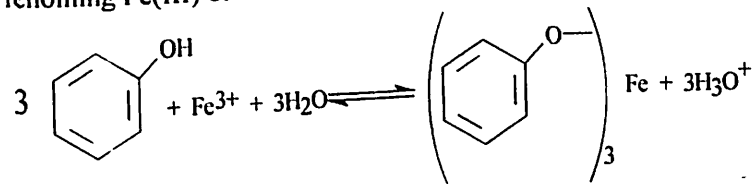
Organik birikma, agar uning molekulasida ma'lum atom guruhlari ya'ni funksional guruhlar yoki kompleks hosil qiluvchi bo'lsa, o'zini reagent sifatida namoyon qiladi.

Organik birikma 1 ta funksional guruh tutgan bo'lsa, kislota-asos xossasini namoyon qiladi va anorganik birikma ionini bilan oddiy birikma yoki monodentantli kompleks birikma hosil qiladi.

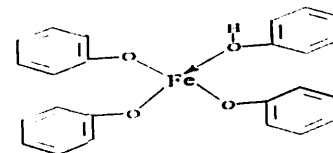
Bunday reagentlarning kislotalari quyidagi guruhlar tutadi:  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{OH}$  va boshqalar: asos rolini o'ynaydiganlariga asosan turli sinf aminlari kiradi va ulardagi azot protonga nisbatan akseptorlik xossasini namoyon qiladi. Bunday reagentlarning reaksiyalariga misol qilib quyidagi reaksiyani keltirishimiz mumkin:



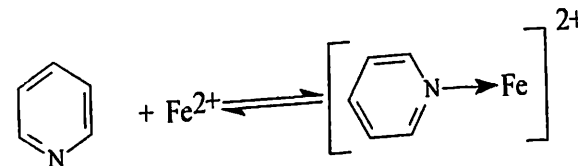
yoki fenolning Fe(III) bilan reaksiyasi



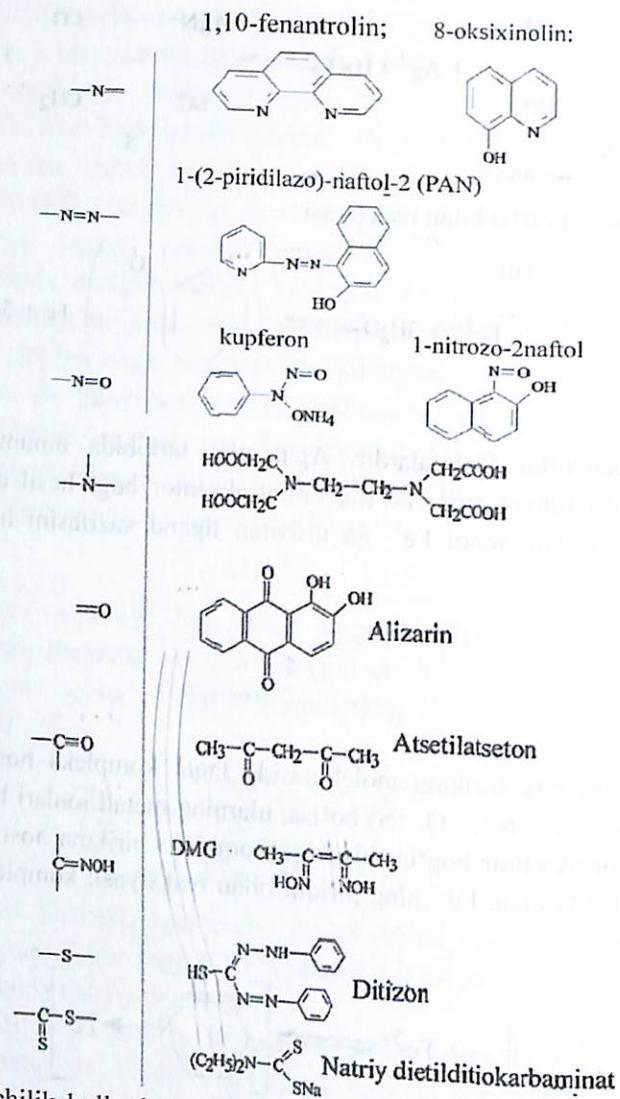
Bu reagentlar kislotalardir. Agar ular tarkibida umumlashmagan elektron jufti tutgan atom bo'lsa, donor-akseptor bog' hosil qilishi ham mumkin, masalan, fenol  $\text{Fe}^{3+}$  ga nisbatan ligand vazifasini ham o'tashi mumkin:



Agar organik birikma molekulasida faqat kompleks hosil qiluvchi guruhlar ( $-\text{N}=\text{N}-$ ,  $-\text{N}=\text{O}$ ,  $=\text{O}$ ,  $=\text{S}$ ) bo'lsa, ularning metall ionlari bilan o'zaro ta'siri donor-akseptor bog'lar hisobiga kompleks birikma hosil bo'lishiga olib keladi. Masalan,  $\text{Fe}^{2+}$  ning piridin bilan reaksiyasi: kompleks birikma hosil qiladi:

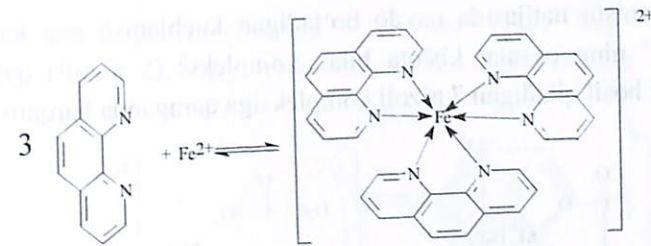


Organik reagentlarda uchraydigan asosiy kompleks hosil qiluvchi guruhlar:



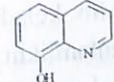
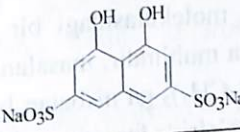
Ko'pchilik hollarda polidentant ligand xossalarini namoyon qiluvchi reagentlar qo'llaniladi. Ularning anorganik birikmalar ionlari bilan hosil qiladigan birikmalari halqa (yoki xelat) xarakterga ega. Masalan, geterohalqali azot tutgan asoslar 2 ta azot atomi bilan (2,2'-dipiridil va 1,10-fenantrolin)  $Fe^{2+}$  bilan piridinga nisbatan barqaror bo'lgan kompleks birikmalar hosil qiladi:

1,10-fenantrolin  $Fe(II)$  bilan barqaror uchta 5 a'zoli halqa hosil qiladi.



8.1-jadval.

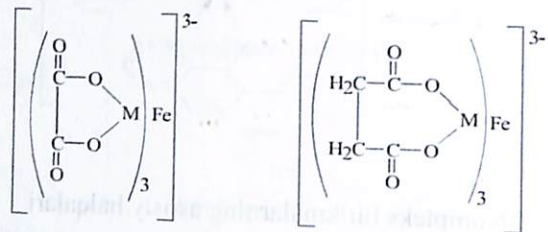
## Kompleks birikmalarning asosiy halqalari

Nomi	formulasi	halqa
DDTK Na	$(C_2H_5)_2N-C(S)SNa$	4
8-oksixinolin		5
xromotrop kislotasi		6
qahrabo kislota	$HOOC-CH_2-CH_2-COOH$	7

Shunday qilib, reagentlar analitik reagentlar xossalariga ega bo'lishi uchun ularda nafaqat tuz hosil qiluvchi yoki kompleks hosil qiluvchining bo'lishi, balki ularning shunday muxtasarliligi va o'zaro joylashuvi, bo'lishi kerakki, bunda ular funksional-analitik guruh (FAG) lar metall ionlari bilan halqali birikma (ya'ni, xelat hosil qiladigan bo'lsin; uning barqarorligi halqalar soni va halqa a'zolari soni bilan ham (xelat effekti) aniqlanadi (8.1-jadval).

5- va 6-a'zoli halqalar tutgan kompleks birikmalar eng barqarorligi bilan ajralib turadi, ularda liganddagi valent burchaklarining

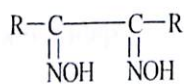
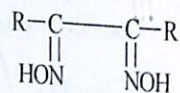
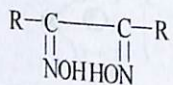
deformatsiyalanishi natijasida paydo bo'ladigan kuchlanish eng kamdir. Masalan,  $Fe^{3+}$  ning oksalat kislota bilan kompleksi (5 a'zoli) qahrabo kislotasi bilan hosil qiladigan 7 a'zoli kompleksiga qaraganda barqarordir.



Bitta kompleks hosil qilishiga to'g'ri keladigan halqalar sonining ortishi ham kompleks birikmaning barqarorligini oshiradi. Masalan, EDTA  $Ca^{2+}$  yoki  $Mg^{2+}$  bilan 3 ta 5 a'zoli halqa hosil qiladi va barqaror.

Fenol molekulasiga 2-chi -OH guruhning kiritilishi ligandning dentantligini oshirishga olib keladi. Ammo, ikkinchi -OH guruhning kiritilishi har doim ham dentantlikni oshiravermaydi. Agar ikkinchi -OH orto-holatda bo'lsagina (fenol uchun), naftol uchun peri-holatda bo'lsagina xelat effekti kuzatiladi.

Organik reagent molekulasidagi bir necha funksional guruhlarining o'zaro joylashishi juda muhimdir, masalan,  $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$  kompleksi  $(CH_3)_2N-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2$  ga nisbatan barqaror bo'ladi. Dioksimlarning metallar bilan o'zaro ta'sirida fazoviy omillarning ta'siri sezilarli bo'ladi.

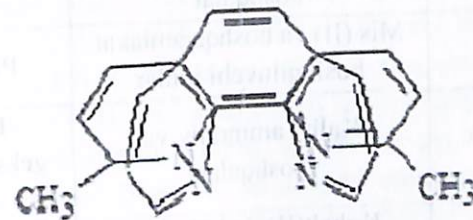


#### Sinshakl

Bular ichida eng barqaror komplekslar beradigani antishakldir, amfishakl bilan barqarorligi kam kompleks birikmalar hosil qilsa, sinformalar esa fazoviy qiyinchiliklar hisobiga umuman kompleks hosil qilmaydi.

Bundan tashqari, markaziy atomning o'lchamiga ham bog'liqdir. O'lchami kichik bo'lgan ion atrofida hajmi kichik bo'lgan ligandlar koordinatlanishi mumkin va ligandlar soni ham oz bo'ladi. Agar o-fenantrolin molekulasining 2 va 9 holatlariga metil radikali kiritilsa,

fazoviy qiyinchilik hisobiga  $Fe^{2+}$  ion bilan faqat 2 ta ligand koordinatlanadi, uchta emas, shuning uchun ham u rangsiz.



$Fe^{2+}$  o'rniga  $Cu^{2+}$  olinsa, metil guruhlarining kiritilishi ligandlarning koordinatlanishiga ta'sir etmaydi.

Bir ligandning bir-biridan o'z o'lchami bilan farq qiladigan ionlar turlicha o'zaro ta'sir reaksiyasiga kirishishidan xossalari bir-biriga yaqin bo'lgan moddalarni ajratishda foydalanish mumkin. Masalan,  $Zn^{2+}$  va  $Al^{3+}$  8-oksixinolin bilan neytral komplekslar hosil qiladi, agar 2-metil-oksixinolin ishlatilsa, o'lchami katta bo'lgan  $Zn^{2+}$  ionlari bu reagent bilan neytral xelat hosil qiladi, o'lchami kichik bo'lgan  $Al^{3+}$  ionlari bilan faqat 2 ta ligand koordinatlanadi.  $Al^{3+}$  ning xelatli birikmasi musbat zaryadli bo'ladi va  $Zn^{2+}$  xelatidan farqli o'laroq, xloroform bilan ekstraksiyalanmaydi.

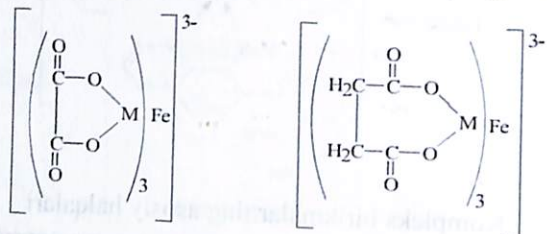
Hozirgi vaqtda OAR lar tarkibiga kiruvchi 40 dan ziyod turli xil FAG lar ma'lum bo'lib, 8.2-jadvalda ulardan namunalar keltirilgan. Ma'lumki, har qanday reagent, shu reaksiyaga kirishuvchi birikmalarining tabiatiga bog'liq ravishda ta'sirlashadi.

#### 8.2-jadval.

Funksional analitik guruhlar tavsifi

FAG	Ta'sirlashadigan ionlar	OAR
$\begin{array}{c} HO-C=C-OH \\ / \quad \backslash \end{array}$	Alyuminiy, surma (III), vismut (III), temir(III), bariy, qo'rg'oshin (II) va boshqalar	Pirokatexin, alizarin, natriy rodizonat, fenilfluoron, atsetilatseton va boshqalar

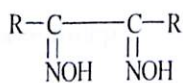
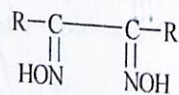
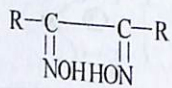
deformatsiyalanishi natijasida paydo bo'ladigan kuchlanish eng kamdir. Masalan,  $Fe^{3+}$  ning oksalat kislota bilan kompleksi (5 a'zoli) qahrabo kislotasi bilan hosil qiladigan 7 a'zoli kompleksiga qaraganda barqarordir.



Bitta kompleks hosil qilishiga to'g'ri keladigan halqalar sonining ortishi ham kompleks birikmaning barqarorligini oshiradi. Masalan, EDTA  $Ca^{2+}$  yoki  $Mg^{2+}$  bilan 3 ta 5 a'zoli halqa hosil qiladi va barqaror.

Fenol molekulasiga 2-chi -OH guruhning kiritilishi ligandning dentantligini oshirishga olib keladi. Ammo, ikkinchi -OH guruhning kiritilishi har doim ham dentantlikni oshiravermaydi. Agar ikkinchi -OH orto-holatda bo'lsagina (fenol uchun), naftol uchun peri-holatda bo'lsagina xelat effekti kuzatiladi.

Organik reagent molekulasidagi bir necha funksional guruhlarining o'zaro joylashishi juda muhimdir, masalan,  $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$  kompleksi  $(CH_3)_2N-CH_2-CH_2-N-CH_3$  ga nisbatan barqaror bo'ladi. Dioksimlarning metallar bilan o'zaro ta'sirida fazoviy omillarning ta'siri sezilarli bo'ladi.



#### Sinshakl

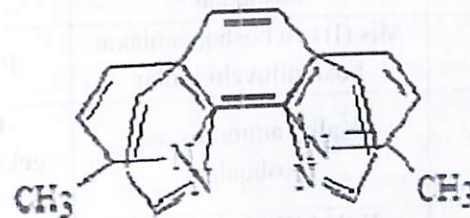
#### Antishakl

#### Amfishakl

Bular ichida eng barqaror komplekslar beradigani antishakldir, amfishakl bilan barqarorligi kam kompleks birikmalar hosil qilsa, sinformalar esa fazoviy qiyinchiliklar hisobiga umuman kompleks hosil qilmaydi.

Bundan tashqari, markaziy atomning o'lchamiga ham bog'liqdir. O'lchami kichik bo'lgan ion atrofida hajmi kichik bo'lgan ligandlar koordinatlanishi mumkin va ligandlar soni ham oz bo'ladi. Agar o-fenantrolin molekulasining 2 va 9 holatlariga metil radikali kiritilsa,

fazoviy qiyinchilik hisobiga  $Fe^{2+}$  ion bilan faqat 2 ta ligand koordinatlanadi, uchta emas, shuning uchun ham u rangsiz.



$Fe^{2+}$  o'rniga  $Cu^{2+}$  olinsa, metil guruhlarining kiritilishi ligandlarning koordinatlanishiga ta'sir etmaydi.

Bir ligandning bir-biridan o'z o'lchami bilan farq qiladigan ionlar turlicha o'zaro ta'sir reaksiyasiga kirishishidan xossalari bir-biriga yaqin bo'lgan moddalarni ajratishda foydalanish mumkin. Masalan,  $Zn^{2+}$  va  $Al^{3+}$  8-oksixinolin bilan neytral komplekslar hosil qiladi, agar 2-metil-oksixinolin ishlatilsa, o'lchami katta bo'lgan  $Zn^{2+}$  ionlari bu reagent bilan neytral xelat hosil qiladi, o'lchami kichik bo'lgan  $Al^{3+}$  ionlari bilan faqat 2 ta ligand koordinatlanadi.  $Al^{3+}$  ning xelatli birikmasi musbat zaryadli bo'ladi va  $Zn^{2+}$  xelatidan farqli o'laroq, xloroform bilan ekstraksiyalanmaydi.

Hozirgi vaqtda OAR lar tarkibiga kiruvchi 40 dan ziyod turli xil FAG lar ma'lum bo'lib, 8.2-jadvalda ulardan namunalar keltirilgan. Ma'lumki, har qanday reagent, shu reaksiyaga kirishuvchi birikmalarning tabiatiga bog'liq ravishda ta'sirlashadi.

#### 8.2-jadval.

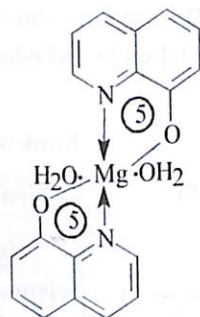
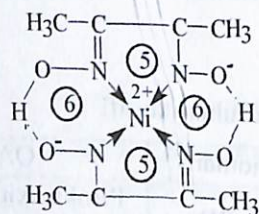
#### Funksional analitik guruhlar tavsifi

FAG	Ta'sirlashadigan ionlar	OAR
$\begin{array}{c} HO-C=C-OH \\   \quad   \end{array}$	Alyuminiy, surma (III), vismut (III), temir(III), bariy, qo'rg'oshin (II) va boshqalar	Pirokatexin, alizarin, natriy rodizonat, fenilfluoron, atsetilatseton va boshqalar

$\begin{array}{c}   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ // \quad   \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \end{array}$	Litiy, mis (II), kalsiy, alyumniy, temir (III) va boshqalar	Sulfosalitsil kislota, alyuminon, xromotrop kislota
$-\text{N}=\text{}$	Mis (II) va boshqa amiakat hosil qiluvchi ionlar	Piridin, xinolin.
$\begin{array}{c}   \quad   \\ \text{O}-\text{N}-\text{O} \\   \quad   \end{array} \text{H}$	Kaliy, ammoniy va boshqalar	Dipikrilamin, geksadifenilgidrazin
$\begin{array}{c} \text{HOC} - \text{CHO} \\   \quad \quad   \end{array}$	Kobalt(II), kobalt(III), palladiy(II), temir(III)	1-Nitrozo-2-naftol, nitrozo-R-tuz
$-\text{N}=\text{C}-\text{C}=\text{N}-$	Temir(II), mis (I)	o-Fenantrolin
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C}=\text{NOH} \\   \\ \text{CH}_3\text{C}-\text{NOH} \end{array}$	Nikel, temir (II), palladiy	Dimetilglioksim

**Neytral xelatlar** - ya'ni, tashqi sferasi bo'lmagan kompleks birikmalar, yoki **ichki kompleks birikmalar**. Ular barqaror, ko'pchilik hollarda kam eruvchan, intensiv rangli (quyuq rangli), organik erituvchilarda yaxshi ekstraksiyalanadi; ularning bu xususiyatlaridan amaliyotda elementlarni ajratish va aniqlashda keng ko'lamda foydalaniladi.

Bunday birikmalarga misol tariqasida Ni (DMG)<sub>2</sub>, magniy-oksixinolinatlarni keltirishimiz mumkin:



Ko'pchilik organik reagentlar ta'siri juda ham spetsifik emas, ammo ozmi-ko'pmi tanlab ta'sir etuvchanlikka ega. **Analogiya nazariyasi** mavjud: bunda ayrim tur organik reagentlar ta'siri bilan suv, ammiak, H<sub>2</sub>S kabi anorganik birikmalar ta'sirida o'xshashlik kuzatiladi.

Bu nazariya bo'yicha suv bilan protolitik reaksiyaga kirishib, kam eruvchan gidroksidlar hosil qiluvchi elementlar ionlari organik reagentlarning ROH turidagi reagentlari bilan ham kam eruvchan birikma hosil qilishi kerak. Xuddi shunday H<sub>2</sub>S bilan kam eruvchan sulfidlar hosil qiladigan metall ionlari R-SH turidagi organik reagentlar bilan cho'kma hosil qilishi kerak, yoki H-NH<sub>2</sub> bilan o'zaro ta'sirlashadigan metall ionlari R-NH<sub>2</sub> bilan o'zaro ta'sirlashishi kerak. Undan tashqari, ko'pincha organik va anorganik reagentlar bilan bir xil turdagi reaksiyalarga kirishuvchi metall ionlari ma'lum qatorga joylashadi va oldingisiga nisbatan keyingi metall ion organik va anorganik reagentlar bilan ko'proq kislotali sharoitda reaksiyaga kirishuvchidir. Ammo bunday qatordan ayrim chetlanishlar ham bor.

Reagentning tanlab ta'sir etuvchanligini turli omillardan foydalanish bilan amalga oshirish mumkin, bunga, eng avvalo, turli o'rinbosarlar kiritish bilan erishish mumkin. Hajmdor o'rinbosar bog' hosil qilishga olib keladigan orbitallarni qoplashga to'sqinlik qiladi. Bunday o'rinbosarlarni kiritishda reagent faqat o'Ichami katta bo'lgan ionlar bilan reaksiyaga kirishadi yoki umuman reaksiyaga kirishmaydi.

Bog' hosil qilishga xalaqit bermaydigan o'rinbosarlar kiritish, hosil bo'lgan birikmaning barqarorligi, rangining intensivligi va eruvchanligiga ta'sir etishi mumkin. -SO<sub>3</sub>H guruhlarini kiritish eruvchanlikni oshiradi, CH<sub>3</sub>- guruhlar kiritilishi yoki aromatik halqalarni kiritilishi ham reagentning, ham uning metall ioni bilan kompleks birikmasining eruvchanligini kamaytirishga olib keladi.

Fazoviy qiyinchilikka olib kelmaydigan va kompleks hosil qilishda ishtirok etmaydigan elektrofil o'rinbosarlar ligand donori atomning asos xossasini oshiradi va barqaror komplekslar hosil qilishga olib keladi.

Masalan, 8-oksixinolin molekulasiga galogenlarning kiritilishi (5,7-holatlar) azot va kislorod atomlarining asosligini oshiradi, bu esa ligandlarning metallar bilan kompleksining barqarorligini oshiradi.

Masalan, 5,7-dibrom oksixinolin Fe(III), Cu(II) va boshqa ionlar bilan 8-oksixinolonga qaraganda barqaror komplekslar hosil qiladi.

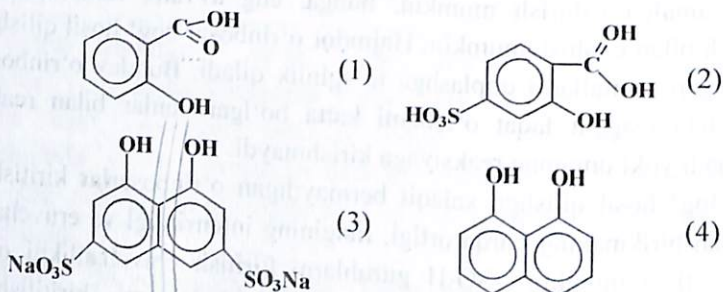
## 8.2. Ichki kompleks birikmalar

Aralash komplekslarni quyidagi reaksiya asosida tushuntiriladi.  $Me^{n+} \rightarrow Am + X^-$ . Bu yerda: Am-trioktilamin (TOA) difenilguanidin, X-galogen,  $-CN^-$ ,  $-SCN^-$  va boshqalar.

$[MeAm_m X_n]$  X<sup>-</sup> ning ichki yoki tashqi sferada bo'lishi pH ga bog'liq bo'ladi. m+n - metallning koordinatsion sonidan katta bo'lmasa aralash kompleks hisoblanadi. Aralash komplekslar asosan ekstraksiyada qo'llaniladi.

Ichki kompleks birikmalarning asosiy turlarini quyidagicha tushuntiriladi.

**1. Polifenollar va oksokislotalar.** Solitsil kislotasi (1) va uning sulfo hosilalari (2), xromotrop kislotasi (3) va hosilalari, dioksinaftalin (4) va boshqalar kiradi.



Bu organik reagentlar o'zi rangsiz, xromofor guruhlar tutmaydi, shuning uchun ularning xromofor xossaga ega bo'lgan metallar bilan rangli birikmalar hosil qiladi (Cu, Cr, Co, Ti, V) va boshqalar. Bularning reaksiyalari yuqori tanlab ta'sir etuvchan ammo sezgirligi kam.

**2. -OH guruhlari tutgan bo'yoqlari.** Trifenilmetan, alizarin, alyuminon, xromazurol S, pirokatexin binafshasi, flouronlar, oksiflavon bo'yoqlari, morin tipidagi va boshqalarning ichki kompleks birikmalari kiradi.

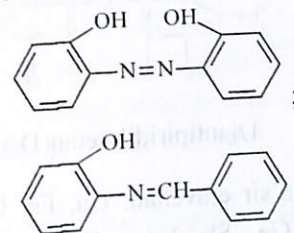
Bunday reagentlar rangli bo'ladi, ya'ni xromofor xossaga ega o'tish metallari va boshqa metallar bilan reaksiyaga kirishadi. Tanlab ta'sir etuvchanligi kam, ammo sezgirligi yuqori  $\epsilon \approx 10^4 - 10^5$ , pH- indikator xossalriga ega (eritma pH i asosida o'z rangini o'zgartiradi). Ularni

kompleksonometriyada metalloxrom indikator sifatida, spektrofotometriyada ishlatiladi.

## 3. O'zida OH - va N tutgan ichki kompleks birikmalar.

Amin azoti tutgan organik reagent (8 oksixinolin, EDTA, KZ) va boshqalar;

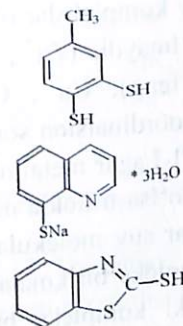
Azo birikmalar



Azometin bo'yoqlari birikmalari juda ko'p metall ionlari bilan birikadi, reaksiyalari sezgir, tanlab ta'sir etuvchanligi kam. Azobirikmalar PAN, PAAF, PAAK va boshqalar bular juda ko'p, anabazin, xinolin, tiazol va boshqalar asosidagi azobirikmalar.

**4. Nitrozo (-N=O) yoki oksim guruhlari (=N-OH) tutgan organik reagentlar.**  $\alpha$ -nitrozo  $\beta$ - naftol, DMG, nitrozo - R-tuzi, Kupferon va boshqalar ko'pincha Cr, Cu, Fe, Ni, Pd ni gravimetrik aniqlashda ishlatiladi. Kupferondan boshqa barcha reagentlar tanlab ta'sir etuvchidir.

**5. Tion (=C=S) va tiol ( $\equiv C-SH$ ) guruhlari tutgan organik reagentlar.** Bularga ditizon, ditiokarbamatlar, ksantogenatlar, tiomochevina, 8- merkaptoxinolin va boshqalar. Bular og'ir metallar bilan Bi, Cu, Cd, Hg, Ag, Pd, Fe, Zn bilan birikib suvda erimaydigan sulfidlar hosil qiladi. Ular komplekslari suvda erimaydi ammo, organik erituvchilarda ekstraksiyalanadi va ajratish-konsentrlash holida fotometriyada qo'llaniladi.

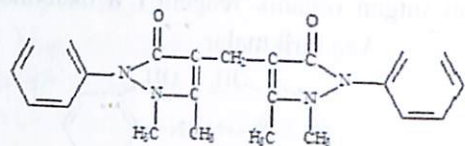


Ditiol (1-metil-3,4-dimerkaptobenzol)

Merkaptoxinolin (tioksin, tioksin)

Merkaptobenzotiazol (kaptaks)

6. Organik asos xossasidagi organik reagentlarning ichki kompleks birikmalari. Dipiridil, 1,10-fenontrolin, Diantipirilmetan va ularning hosilalari:



Diantipiridilmetan(DAM)

Bu yuqori tanlab ta'sir etuvchan: Cu, Fe, Co, Ni,  $\alpha, \alpha$  - Dipiridil va fenantrolin bilan; Ti, Ge, Sb, Sn, DAM bilan birikadi ( $E \approx 60000$ )  
 $Ar-NH_2 + NO_2 + H^+ \rightarrow [Ar-N=N]^+ + H_2O$  diazoniy tuzi

### 8.3. Koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasi

Koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar hosil bo'lishida markaziy atomning reagent bilan valent bog'lar hosil qilish imkoniyati to'la amalga oshgan bo'lsa-yu, ammo koordinatsion bog'lar hosil qilish imkoniyati to'la amalga oshmagan bo'lsa, u holda biz koordinatsion to'yinmagan ichki kompleks birikmalar bilan ish tutayotgan bo'lamiz. Bunday ichki kompleks birikmalarning ekstraksiyalanish qobiliyati u gidratlangan yoki gidratlanmaganligiga bog'liq bo'ladi.

Agar markaziy atomning koordinatsion soni metall kationinig ikkilangan zaryadiga teng bo'lsa, asosan koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar hosil bo'ladi va ularda koordinatsion o'rinlar bo'lmaydi. Bunday komplekslar o'zida gidratlangan (metallga koordinatsiyalangan) suvi bo'lmaydi. ( $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pt^{4+}$ ,  $Cr^{3+}$ , -koordinatsion soni 6 ga teng);  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Au^{3+}$  koordinatsion soni 4 ga teng;  $Au^+$ ,  $Cu^+$  koordinatsion soni 2 ga teng.  $Ca^{2+}$  koordinatsion soni 8 ga teng  $[Ca(NH_3)_6Cl_2]$  agar metallning koordinatsion soni uning ikkilangan zaryadidan katta bo'lsa u holda neytral IKB o'zida bo'sh koordinatsion o'rinlar tutadi va ular suv molekullari bilan to'lishi mumkin. Bunday gidratlangan ichki kompleks birikmalarni koordinatsion to'yinmagan birikmalar deyiladi. Chunki kompleks bunda holat hosil qiluvchi reagentga nisbatan to'yinmagan, haqiqatda esa bu koordinatsion

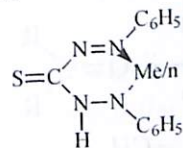
sferasi to'lgan (suv hisobiga oddiy aralash komplekslardir). Koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar ekstraksiyalash uchun koordinatsiyalanishga faol bo'lgan (yoki vodorod bog'lar hosil qilishga faol bo'lgan) organik moddalar yordamida suvni siqib chiqarish kerak. Bunday modda sifatida o'zida kislorod tutgan organik erituvchilar, spirtlar, ketonlardan foydalanish mumkin. Masalan, spirtlar suvni siqib chiqaradi yoki ular bilan mustahkam vodorod bog'lar hosil qiladi. Bunday hollarda ekstraksiya erituvchining tabiatiga bog'liq bo'ladi.

Koordinatsion to'yingan ichki kompleks birikmalar hosil qilish mumkin:

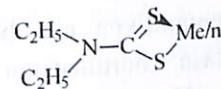
3 va 4 valentli metallar koordinatsion to'yingan ichki kompleks birikmalar hosil bo'lishiga olib keladi. Masalan,  $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$  va to'rt valentli  $Zr^{4+}$ ,  $Hf^{4+}$ ,  $Th^{4+}$ ,  $U^{4+}$ ,  $Pu^{4+}$ ,  $Np^{4+}$ .

Bidentatli organik reagentlar bilan quyidagi kationlar to'yinmagan koordinatsion ichki kompleks birikmalar hosil qiladi:  $Tl^+$ ,  $Li^+$ ,  $NpO_2^+$  va ularning aktinoidlar qatoridagi analoglari. Ikki zaryadli kationlar:  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ .

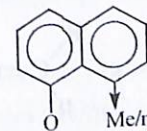
Uch valentli kationlar: Siyrak yer elementlari ionlari va aktinidlar. Masalan, ditizon bilan, 8-oksixinolin bilan, dietilditiokarbominat bilan, atsetilatseton bilan:



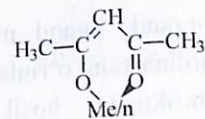
Ditizonat



Dietilditiokarbominat



8 oksixinalinat

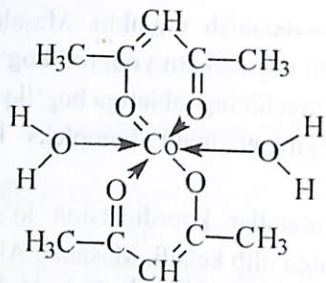


Atsetilatsetonat

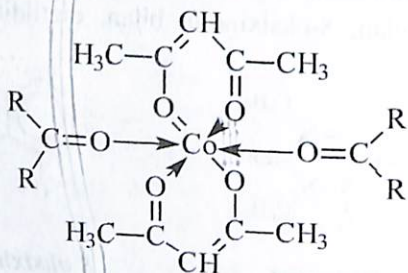
Bunday ichki kompleks birikmalarni ekstraksiyalashda quyidagi xarakterli muvozanat o'rnatilishiga bog'liq bo'ladi:

1. Kompleks hosil bo'lishi  $Me^{n+} + nA^- = MeAn \beta_n = \frac{[MeAn]}{[M^{n+}] \cdot [A^-]^n} \cdot \beta_n$   
 qanchalik katta bo'lsa, shunchalik  $K_{ex}$  katta va ichki kompleks birikmalar shunchalik kuchli kislotali eritmada ekstraksiyalash mumkin.

Masalan: atsetilatsetonat Co(II) barqaror digidrat hosil qiladi.



Bu kompleks benzol bilan ekstraksiyalanmaydi, spirtlar va ketonlar bilan ekstraksiyalanadi. Spirtlar bilan ekstraksiyalanganda gidrat suvi spirt bilan almashinadi yoki suvning aktivligini blokda qilinadi (o'rab oladi) chunki gidrat suvi boshqa suv molekulari bilan yana vodorod bog'i hosil qiladi va kompleks ekstraksiyalanmaydi



Agar organik ligand ma'lum dentantlikga ega bo'lib metallning hamma koordinatsion o'rinlarini egallasa koordinatsion to'yingan ichki kompleks birikmalar hosil bo'ladi. Koordinatsion to'yingan ichki kompleks birikmalar aktiv kislorod tutgan va aktivligi kam bo'lgan kislorod tutmagan ekstragentlar yordamida ham ekstraksiyalanaveradi. Bunday hollarda ekstraksiyada erituvchining tabiati hal qiluvchi rol o'ynamaydi, lekin ba'zi hollarda koordinatsion to'yingan ichki kompleks birikmalarni kislorod tutmagan aktivligi kam bo'lgan organik erituvchilar

(xloroform,  $CCl_4$  va boshqalar) bilan ekstraksiyalash tanlab ta'sir etuvchi bo'ladi.

### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

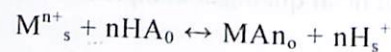
1. Organik reagentlarning analitik kimyoda roli nimalardan iborat?
2. Qanday organik birikmalar o'zini reagent sifatida namoyon qiladi?
3. Organik reagentlarda qanday asosiy kompleks hosil qiluvchi guruhlar uchraydi?
4. Nima sababdan ko'pincha polidentant ligand xossalarini namoyon qiluvchi organik reagentlar qo'llaniladi?
5. Kompleks birikmaning barqarorligi organik reagentning qanday xossalariga bog'liq bo'ladi? Bunda organik reagentlarning funksional guruhlarning joylashuvi qanday rol o'ynaydi?
6. Necha a'zoli halqa hosil qiladigan kompleks birikmalarning barqarorligi yuqori bo'ladi?
7. Analogiya nazariyasi nima? Misollar asosida tushuntiring.
8. Aromatik xossaga ega bo'lgan organik reagentlar molekulasiga galogenlarning kiritilishi qanday ta'sir ko'rsatadi? Misollar asosida tushuntiring.
9. Organik analitik reagentlar, ularning selektivligi va sezuvchanligi qanday ta'riflanadi?
10. Funksional analitik va analitik aktiv guruhlarning ahamiyati nimada?
11. Organik analitik reagentlar, ularning selektivligi va sezuvchanligi qanday ta'riflanadi?
12. Koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasini tushuntiring?
13. Ichki kompleks birikmalarning asosiy turlari nechiga bo'linadi? Misollar asosida tushuntiring.
14. Xelatlarining asosiy turlarini izohlang?
15. Benzol, spirtlar va ketonlar bilan qanday birikmalar ekstraksiyalanadi?

## 9. EKSTRAKSION MUVOZANATGA TURLI OMILLAR TA'SIRI

**Tayanch iboralar:** ekstraksiyon muvozanatga ta'sir etuvchi omillar, suvli faza pHning ta'siri, ekstraksiya tenglamasi, komponentni ajratishni to'raligining reagent konsentratsiyasiga, haroratga, ekstragent ekstraksiyalanadigan modda tabiatiga bog'liqligi, pH ekstraksiyaning optimal sharoitini tanlash, kompleks birikmaning barqarorligi, reagentning dissotsilanish konstantasi, ekstraksiyalashni kislotali sohaga siljitish usullari.

### 9.1 Ekstraksiyon muhitga suvli faza pH ning ta'siri

Ekstraksiya jarayoniga vodorod ionlari ta'sir etadi. Biror -bir birikmaning (masalan, ichki kompleks birikmaning) hosil bo'lishi va ekstraksiya tenglamasini quydagicha tasvirlash mumkin:



Bundan

$$K_{ex} = \frac{[MAn]_0 [H^+]_s^n}{[M^{n+}]_s [HA]_0^n}, \quad \frac{[MAn]_0}{[M^{n+}]_s} = D$$

$M^{n+}$  ion holida organik fazaga o'tmaydi. Shuning uchun

$$K_{ex} = D \frac{[H^+]_s^n}{[HA]_0^n}, \text{ bundan}$$

$$D = K_{ex} \frac{[HA]_0^n}{[H^+]_s^n} \text{ ni logarifmlasak,}$$

$$\lg D = \lg K_{ex} + n \lg [HA]_0 - n \lg [H^+]_s$$

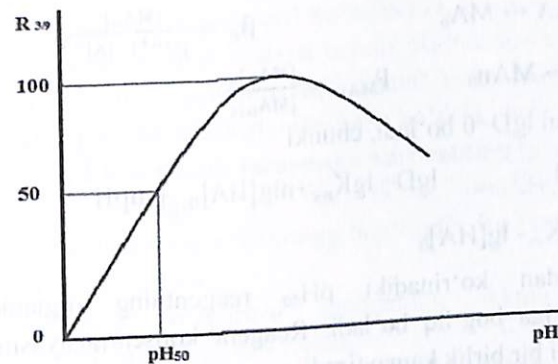
$$\lg D = \lg K_{ex} + n \lg [HA]_0 + npH \text{ bo'ladi.}$$

Demak, kompleks birikmani ajratishning to'laqlonligi muhitning kislotaligiga va reagentning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Kompleks birikmalar ekstraksiyasi jarayoniga pH ta'sirini o'rganish, bu jarayonni ximizmini o'rganishga imkon beruvchi eng muhim masalalardan biridir. Metall ioninig holati pH ga, kompleks hosil bo'lishiga, gidrolizga bog'liq bo'ladi. Shu bilan birga pH ning qiymati reagentning holatini aniqlaydi, chunki ko'pchilik hollarda ekstraksiyon reagent - bu kuchsiz organik kislotadir (8-oksixinolin, dimetilglioksim, ditizon, atsetilatseton, natriy dietilditiokarbominat va boshqalar).

Shuning uchun ekstraksiyon jarayonni o'rganishda, uni ajratish va konsentrlash hamda ekstraksiyon fotometrik aniqlash usullarida qo'llashda elementning suv fazasidan ekstraksiyalanishining optimal pH sohasini aniqlash zarur bo'ladi.

Odatda kislotali eritmalaridan ekstraksiyalash tanlab ta'sir etuvchanroqdir, chunki pH ni kamayishi bilan ekstraksiyalanadigan eritmaning gidrolizlanishi kamayadi, polimerlanishning oldi olinadi (ayniqsa yuqori valentli ionlarda W, Mo, Nb, Ta, Tl va h.k.). Shuning uchun kislotali eritmalaridan ekstraksiyalashga imkon beradigan ekstraksiyon reagent tanlash lozim, hech bo'lmaganda ionning gidroliz boshlanishi kichik bo'lgan pH qiymatlaridan boshlash kerak. pH ning ekstraksiya darajasiga ta'siri grafik tarzda ifodalanishi 9.1-rasmda keltirilgan.



9.1-rasm. Ekstraksiya darajasining (R %) pH ga bog'liqligi

R % ning pH ga bog'liqligi sohasida shunday bir qismi borki, bunda ekstraksiya maksimaldir.

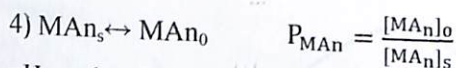
Solishtirish uchun  $pH_{50}$  kattaligidan foydalaniladi. Bu fazalar muvozanat hajmi teng bo'lgandagi sharoitda ekstraksiya eritmasining yuqorilab borayotgan qismining holatini xarakterlaydi. pH qiymatining dastlabki sohasida ekstraksiyalanish darajasi ortib boradi va maksimal holatga etadi. Ekstraksiya darajasining pH ga bog'liq bo'lmagan sohasida (eritmaning gorizantal qismi) ekstraksiyalanayotgan modda asosan elektroneytral xelat MAn dan iboratdir. Erimaning pastga tushgan qismi

suvli fazada organik fazaga yomon ekstraksiyanadigan  $[MAN^+m]^{m-}$  anion komplekslari borligi bilan xarakterlanadi.

Ekstraksiya darajasining kamayishi gidroliz hodisasi bilan bog'langan bo'lishi mumkin.

Ekstraksiyani optimal sharoitda amalga oshirish uchun  $pH_{50}$  ning  $K_{HA}$ ,  $P_{HA}$ , kompleksning barqarorlik konstantasiga  $\beta_{MAN}$  va taqsimlanish konstantasiga  $P_{MAN}$  bog'liqligini o'rnatish mumkin.

Bu bog'lanishni  $MA_n$  kompleksi misolida ko'rib chiqamiz. Bunda A-bidentant bir asosli reagentning asosi bo'lsin deb faraz qilsak:



$pH_{50}$  uchun  $lgD=0$  bo'ladi, chunki

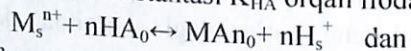
$$\frac{[M^{n+}]_o}{[M^{n+}]_s} = 1 \quad lgD = lgK_{ex} + nlg[HA]_o + npH$$

$$pH = -\frac{1}{n}lgK_{ex} - lg[HA]_o$$

Tenglamadan ko'rinadiki  $pH_{50}$  reagentning organik fazadagi konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Reagent konsentratsiyasini 10 marta oshirish  $pH_{50}$  ni bir birlik kamaytiradi.

$pH_{50}$  ning qiymati ekstraksiya konstantasi bilan ham aniqlanadi.

Ekstraksiya konstantasini kompleks birikmaning barqarorlik konstantasi  $\beta_n$ , taqsimlanish konstantasi  $P_{MAN}$  va reagentning taqsimlanish konstantasi  $P_{HA}$  dissotsilanish konstantasi  $K_{HA}$  orqali ifodalanadi:



$$K_{ex} = \frac{[MAN]_o[H^+]_s^n}{[M^{n+}]_s[HA]_o^n}; \text{ qiymatlarni o'rniga qo'ysak,}$$

$$K_{ex} = \frac{[MAN]_o K_{HA}^n [HA]_s^n [A^-]^n \beta_n}{[A^-]^n [MAN]_s P_{HA}^n [HA]_s^n} = \frac{P_{MAN} K_{HA}^n \beta_n}{P_{HA}^n}$$

kelib chiqadi. Tenglamani logarafmlasak,

$$lgK_{ex} = lgP_{MAN} + lg\beta_n + nlgK_{HA} - nlgP_{HA} \text{ bo'ladi}$$

yoki -

$$lgK_{ex} = lg(P_{MAN} \beta_n) - nlg\left(\frac{P_{HA}}{K_{HA}}\right)$$

$lgK_{ex}$  ning qiymatlarini quydagi tenglamaga qo'ysak:

$$pH_{50} = -1/nlgK_{ex} - lg[HA]_o$$

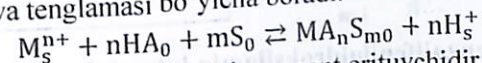
$$pH_{50} = -1/nlg\beta_n - 1/nlgP_{MAN} - 1/n[-nlg\left(\frac{P_{HA}}{K_{HA}}\right)] - lg[HA]_o;$$

$$pH_{50} = lg\left(\frac{P_{HA}}{K_{HA}}\right) - \frac{1}{nlg\beta_n} - \frac{1}{nlgP_{MAN}} - lg[HA]_o;$$

qulaylik uchun  $[HA]_o = 1$  mol deb qabul qilsak;

$$pH_{50} = PK_{HA} + lgP_{HA} - 1/nlg\beta_n - 1/nlgP_{MAN} \text{ bo'ladi.}$$

Koordinasion to'yinmagan kompleks birikmalarni ekstraksiyalash quyidagi reaksiya tenglamasi bo'yicha boradi.



Bu yerda: S-neytral donorli aktiv reagent erituvchidir.

Tenglamani analizi shu narsani ko'rsatadiki, elementning  $pH_i$  kichik bo'lgan eritmalaridan ekstraksiyalash uchun ekstraksiyon reagent nisbatan kuchli kislotaga bo'lishi, reagentning taqsimlanish konstantasi kichik bo'lishi kompleksning taqsimlanish konstantasi katta bo'lishi kerak.

## 9.2. Ekstraksiyon jarayonga haroratning ta'siri

Moddaniy ekstragent va suv fazasi orasidagi taqsimlanish konstantasi sezilarli darajada haroratga bog'liqdir. Bu bog'lanish quyidagi sabablar bilan tushuntiriladi:

1. Haroratning o'zgarishi moddaniy ikkala fazada ham eruvchanligining o'zgarishiga ta'sir etadi.
2. Harorat fazalarning o'zaro bir-birida erishiga ham ta'sir ko'rsatadi va bu modda eruvchanligiga ta'sir etadi.
3. Harorat moddaniy dimerlanishiga ta'sir etadi. Bu esa o'z navbatida eruvchanlikka ta'sir etadi.

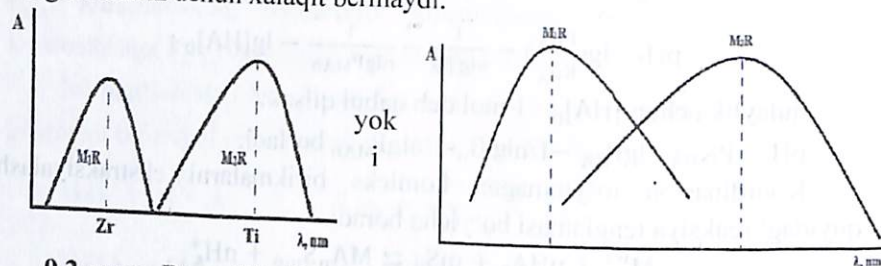
Bu omil moddaniy past konsentratsiyasi bilan ishlayotganda o'z kuchini yo'qotadi.

Shu narsani e'tiborga olish kerakki bir moddaniy ekstraksiyalashda turli erituvchilardan foydalanilganda haroratning ta'siri turlicha bo'ladi.

Haroratning ko'tarilishi taqsimlanish konstantasini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin, bu ekstragent tabiatiga bog'liq bo'ladi. Ammo ko'pchilik hollarda haroratning ortishi ekstraksiyalanishning pasayishiga olib keladi.

### 9.3. Ekstraksiya muhitga reagent konsentratsiyasining ta'siri

Ko'pchilik hollarda reagentning ortiqcha miqdori ham ekstraksiyalanadi. Agar reagent rangli bo'lmasa (DMG, asetilatseton, salitsil kislotasi, antranil kislotasi, kaliy ksantogenati va hokazo) va uning metall bilan kompleksi ko'zga ko'rinuvchan sohada nurni yutsa, odatda reagent analiz uchun xalaqit bermaydi.



9.2-rasm. Benzailfenilgidrosilamin bilan (xloroform) bir nechta elementni aniqlash grafi

Ikkinchidan reagent rangli bo'lsayu, lekin reagent va kompleks turli sohalarida nurni yutsa, bunda ham xalaqit bermaydi. Bir vaqtning o'zida bir nechta elementni aniqlashni 9.2-rasmda ko'rsatilgandek aniqlanadi.

Masalan: Fe va Zn ni 1-(2-piridilazo)-2-naftol bilan xloroform ishtirokida ekstraksiyalash mumkin, birida  $\lambda_{\max}=525$  nmk (Fe) ikkinchisida  $\lambda_{\max}=560$  nmk (Zn). Spektrning turli sohalaridan foydalanish, masalan, UF (200-400 nm) va ko'rinuvchan (400-800 nm) nurlardan foydalaniladi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ekstraksiya muvozanatiga qanday omillar ta'sir ko'rsatadi?
2. Kompleks birikmani ekstraksiya ajratishning to'laqonligi nimalarga bog'liq.
3. Ekstraksiya muhitga suvli faza pH ning ta'sirini tushuntiring?
4. Ekstraksiyada  $pH_{50}$  nimani ifodalaydi va u qanday omillarga bog'liq?
5. Nima uchun kompleks birikmalarni ekstraksiyalashda suvli eritmada pH ning kichik bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi?
6. Ekstraksiyaga haroratning ta'sirini qanday izohlaysiz?
7. Ekstraksiyaga reagent konsentratsiyasining ta'siri qanday bo'ladi?
8. Taqsimlanish konstantasi qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
9. Ekstraksiya darajasi nima va u qanday aniqlanadi?

## 10. AJRATISH VA KONSENTRALASHNING XROMATOGRAFIK USULLARI

**Tayanch iboralar:** Xromatografiya, mohiyati, kinetik hodisa, fazaviy muvozanat, elyuent, elyuirlash, taqsimlanish izotermalari, sorbsiya, desorbsiya jarayonlari, xromatografiya usullarining klassifikatsiyasi, frontal, elyuentli va siqib chiqarish xromatografiyalari, ishlatilish sohalari, usulning afzalliklari va kamchiliklari.

### 10.1. Xromatografiyaning nazariy asoslari

Xromatografiya usuli 1903-yilda rus botanigi M.S.Svet tomonidan tavsiya qilingan. U murakkab tabiiy aralashmalar tarkibidan xloroformni xromatografik usulda ajratishni birinchi bo'lib amalga oshirgan.

Xromatografiya deb - modda diskret fazasining sorbent qavatiga bo'ylab faza oqimida harakatlanishiga asoslangan, sorbsion hamda desorbsion aktlarning ko'plab marta takrorlanishi bilan bog'liq, bo'lgan jarayonga aytiladi.

Xromatografik ajratish alohida komponentlarni kolonka bo'ylab (yupqa yuza bo'ylab) turli xil tezlikda harakatlanib bir vaqtning o'zida turli xil yo'l bosib bir-biridan ajratilishiga asoslangan.

Kolonkadan o'tuvchi erituvchini elyuent, moddaning elyuent bilan birga harakatlanish jarayoni elyuirlash deyiladi.

Har qanday xromatografik sistemada A modda molekulasini turg'un va harakatchan fazalar orasida dinamik muvozanatda bo'ladi.

$$A_h = A_m$$

Bu jarayon muvozanat konstantasi bilan quyidagicha tasvirlanadi:

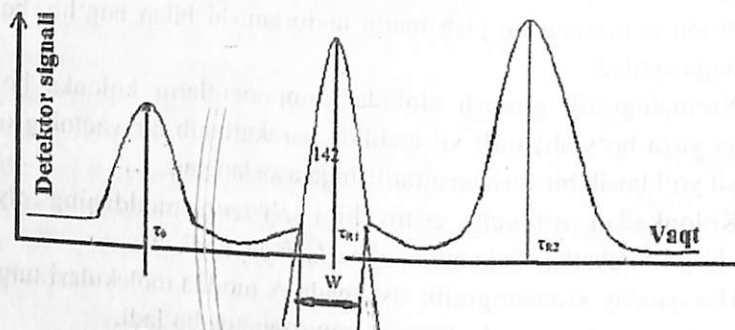
$$K = \frac{[A_m]}{[A_h]} = \frac{m_m V_h}{m_h V_m} = k' \frac{V_h}{V_m}$$

Bu yerda  $m_h$  va  $m_m$  - moddaning harakatchan va turg'un fazalardagi miqdori;  $V_h$  va  $V_m$  - harakatchan va turg'un fazalarning hajmlari;  $k'$  - sig'im koeffitsiyenti. Sig'im koeffitsiyenti  $k'$  va moddaning ushlanish vaqti orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$k' = \frac{\tau_R - \tau_0}{\tau_0}$$

Bu yerda  $\tau_R$  – A moddaning ushlanish vaqti;  $\tau_0$  – turg'un faza bilan ta'sirlashmaydigan moddaning ushlanish vaqti. Ushlanish vaqti  $\tau_R$  elyuyent oqimining tezligiga bog'liq, shuning uchun kolonkali xromatografiyada ushlanish hajmi ( $V_R$ ) qabul qilingan bo'lib, u  $V_R = \tau_R v$ , bu yerda  $v$  – elyuyentning hajmiy tezligi. Hajmiy tezlik hisobga olinsa,  $k' = \frac{V_R - V_0}{V_0}$  tenglamani yozish mumkin. Bu yerda  $V_0$  –  $V_m$  kolonkadagi turg'un fazaning hajmi. har qanday xromatografik jarayonda ushlanish hajmi  $V_R = V_x + kV_m$  tarzda ifodalanadi. Jarayonni chizma shaklida quyidagicha (10.1-rasm) tasvirlash mumkin. Ushlanish vaqtlari orasidagi farq sistemaning selektivligini ( $\alpha$ ) ifodalaydi:

$$\alpha = \frac{\tau_{R2} - \tau_0}{\tau_{R1} - \tau_0} = \frac{k_2'}{k_1'} = \frac{K_2}{K_1}$$



10.1-rasm. Xromatogrammaning tuzilishi

### 10.2. Xromatografik jarayonlarning asosiy qoidalari

Xromatografiya moddalarni ajratish, konsentrlash va tahlil qilish usullaridan biri bo'lib, ularning o'zaro aralashmaydigan ikki faza (turg'un va harakatchan) orasida turlicha taqsimlanishiga asoslangan. Turg'un fazaning sirti bilan tutashganda aralashma tarkibidagi moddalar o'z adsorbilanish va erish xususiyatlariga mos ravishda turg'un va harakatchan fazalar orasida tarqaladi. Oqibatda dinamik (harakatchan) muvozanat yuzaga keladi va ajratiladigan aralashma tarkibidagi molekular goh u, goh bu fazada tarqalib turadi. Xromatografik sistema bo'ylab esa faqat turg'un fazada bo'lgan molekular harakatlanadi. Turli moddalar bu fazalarga turlicha munosabatda bo'ladi. Turg'un faza bilan kuchliroq ta'sirlashadigan modda xromatografik sistema bo'ylab sekin harakatlanadi.

Turli xil moddalarni ajratish uchun turg'un faza hech bo'lmaganda quyidagi to'rt xossadan biriga ega bo'lishi kerak: 1) harakatchan fazada bo'lgan moddalarni fizikaviy yuta olish; 2) harakatchan fazadagi moddalarni kimyoviy yuta olish; 3) ajratiladigan moddalarni erita olish; 4) tuzilishga ega bo'lish va shu asosda bir moddani ikkinchisidan o'Ichamlari farqi asosida ajratish. Yutiladigan modda *sorbat*, yutadigan modda *sorbent* va jarayon *sorbsiya* deb ataladi. Sorbsiya adsorbsiya (sirt yuzasida yutilish), absorbsiya (butun hajmda yutilish) tushunchalarini o'z ichiga oladi. Bundan tashqari, xemosorbsiya – kimyoviy yutilish ham muhim hisoblanadi. Yutilishga teskari bo'lgan yutilgan moddalarning sorbentdan ajralish jarayoni *desorbsiya* deyiladi. Agar turg'un faza suyuqlik bo'lsa, analiz qilinadigan modda unda erishi va u har ikkala faza orasida taqsimlanishi kerak. Bunday xromatografiya *taqsimlanish xromatografiyasi* deb yuritiladi. Turg'un faza qattiq modda bo'lib, aniqlanadigan modda unda yutilsa, bunday usul *adsorbsion xromatografiya* deyiladi.

Agar aralashma komponentlari turli fazalarga bo'lsa ularni ajratish unchalik qiyinchilik tug'dirmaydi. Agar aralashma komponentlari bir fazadan iborat bo'lsa ularni ajratish sezilarli darajada qiyinlashadi. Bunday hollarda ayrim komponentlarning agregat holatlarini o'zgartirishga to'g'ri keladi. Masalan, ularni cho'kmaga tushirish, kimyoviy yoki fizikaviy ajratish usullarini qo'llashga to'g'ri keladi. Bu ikki usul asosida kinetik hodisa yoki fazaviy muvozanat yotadi.

Keng ko'lamda ma'lum bo'lgan ajratish usullari - *distillatsiya kristallizatsiya, ekstraksiya va adsorbsiya* asosida fazaviy muvozanatning o'zgarishi yotadi. Bu jarayonlarda aralashmani tashkil etuvchi moddalar molekulari fazalar orasidagi taqsimlanishga intilib ikki faza chegara sirtidan o'tadi. Bunda ularni har birida doimiy muvozanat konsentratsiya o'rnatiladi.

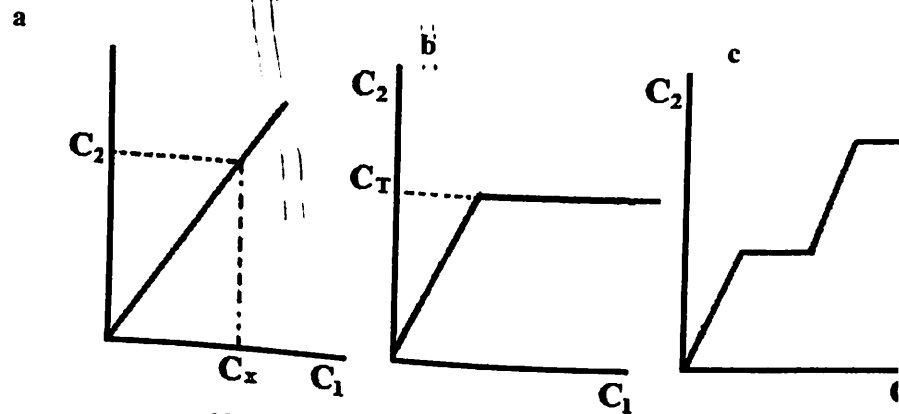
Agar ajratiladigan aralashma komponentlari xossalari bir-biriga yaqin bo'lsa, u holda faqatgina ajratish elementar aktini juda ko'plab marta takrorlansagina ajratish etarlicha bo'lishi mumkin. Bunday jarayon, masalan, nasadkali yoki rektifikatsion kolonnlarda amalga oshiriladi. Bu kabi hollarda to'la ajratish faqat oddiy sistemalar uchun mumkin ekanligini ta'kidlash lozim.

Kinetik hodisalardan foydalanilgan holda chegara sirt bo'ylab, bir yo'nalishda faqat bir modda molekulari o'tadi. Agar aralashma komponentlarini ajratishni fazalardan birini ikkinchisiga nisbatan harakatlanishiga asoslangan bo'lsa, molekularni tutish va chegara sirtidan o'tayotgan molekulaning uzoqlashuvi, harakatchan fazaning doimiy harakati tufayli amalga oshadi. Xuddi fazaviy muvozanatdagi kabi harakatchan fazadan chiqqan molekular unga qaytadi, biroq uni oldingi element hajmiga emas balki yangisiga tushadi.

Ajratish jarayonida fazaviy o'tishlar ko'p marta takrorlansa u holda ajratilishining yuqori effektivligini ta'minlash mumkin. Fazaviy o'tishlar chegara sirti bilan bog'liq ekan harakatchan va harakatsiz, fazalar katta o'zaro ta'sir etish sirtiga ega bo'lishi kerak. Undan tashqari ajratishning effektivligini kamaytiradigan diffuzion jarayonlarni mavjudligi tufayli ikkala faza ham nisbatan katta bo'lmagan o'zaro ta'sir qavati qalinligiga ega bo'lishi kerak.

Bu talablar xromatografik ajratish usullarida ma'lum darajada bajariladi.

Xromatografiyada moddaning ikki faza orasida taqsimlanishi kuzatiladi, bunda moddaning  $[C]$  konsentratsiyasi I-fazada kamayadi. II-fazada esa  $C_2/C_1=K$  bo'lguncha ortadi. Bunda  $K$ -taqsimlanish koeffitsienti (10.2-rasm).



10.2-rasm. Taqsimlanish izotermalari

Har bir  $C_1$  ga ikkinchi fazadagi  $C_2$  to'g'ri keladi. Bu bog'lanish doimiy haroratda to'g'ri chiziqli yoki yanada murakkabroq bo'lishi mumkin. Modda

chekli eruvchi bo'lganda murakkablashadi, shuning uchun II fazada to'yinish ketadi va moddani konsentratsiyasi II fazada doimiy bo'ladi.

Jarayonlar uchun chiziqli bo'lmagan izotermalar kimyoviy o'zaro ta'sir bo'ladigan hisobga olinishi murakkab bo'lgan omillar ta'siri xarakterlidir. Bunda to'g'ri chiziqli sohalarni tanlash va bu konsentratsiyalar bilan ishlash kerak.

Xromatografiya uchun ikkita jarayon xarakterlidir.

1. Sorbsiya-bu moddaning molekula, ionlar va birikmalar harakatsiz faza bilan bog'lanishning turlicha mustahkamligi hisobida yutilishidir.

2. Sharoit o'zgartirilganda harorat, erituvchilar ta'siri ostida sorbsiyaga teskari bo'lgan jarayon - desorbsiya ketadi, modda yana eritmaga yoki gaz fazasiga o'tadi.

### 10.3. Xromatografik usullarning sinflanishi

Keng taraqqiy etishi tufayli yuzaga kelgan xromatografik usullarning turli-tumanligi, ularni klassifikatsiyalashni taqozo etadi. Quyidagi asosiy belgilari asosida klassifikatsiyalash mumkin:

1. Ajratish mexanizmi bo'yicha;
2. Aralashma (fazalar)ning agregat holati bo'yicha;
3. Fazalar nisbiy harakati bo'yicha;
4. Elementar akt tabiati bo'yicha;
5. Qo'llaniladigan texnika bo'yicha;

**Ajratish mexanizmi bo'yicha xromatografiya to'rtga bo'linadi:**

1. Adsorbsion xromatografiya;
2. Taqsimlanish xromatografiyasi;
3. Ionalmashinish xromatografiyasi;
4. Cho'kma xromatografiyasi.
5. Oksidlanish-qaytarilish,
6. Adsorbsion komplekslanish xromatografiyasi.

1. *Adsorbsion xromatografiya* - aralashmalarni ajratish componentlarning qattiq sorbentlarda yutilganida ularning turlicha sorbilanish xossalriga asoslangan.

2. *Taqsimlanish xromatografiyasi* - bu komponentlarning ikkita aralashmaydigan erituvchilar (ulardan biri yuqqa qavat sifatidagi tashuvchi sirtiga shimdirilgan) orasida turlicha taqsimlanishiga asoslangan.

Bu prinsip asosida gazlar yoki uchuvchan moddalar analizining bajarilishi katta ahamiyatga egadir. Bu gaz - suyuqlik xromatografiyasi ham deyiladi. Agar tashuvchi sifatida filtr qog'ozini ishlatilsa qog'oz xromatografiyasidir.

3. *Ionalmashinish xromatografiyasi* - bu eritma miqdori va sorbentning ionalmashinish gruppalari orasida ionlarning almashinishiga asoslangan.

4. *Cho'kma xromatografiyasi* - tashuvchi va cho'ktiruvchi tutgan kolonka orqali analiz qilinadigan eritma o'tkazilganda cho'kmalarning hosil bo'lishiga asoslangan usuldir.

**1. Aralashma (fazalarning) ning agregat holati bo'yicha:**

1. Gaz xromatografiyasi;
2. Suyuqlik xromatografiyasi;
3. Gaz - suyuqlik xromatografiyasi.

**2. Fazalarning nisbiy harakati bo'yicha (xromatogrammalar olish usuli bo'yicha ham deyiladi);**

1. Frontal xromatografiya;
2. Elyuentli xromatografiya;
3. Siqib chiqarish xromatografiyasi.

**3. Elementar akt tabiati bo'yicha**

1. Adsorbsion xromatografiya
2. Taqsimlanish xromatografiyasi

**4. Qo'llaniladigan texnika (jarayonni o'tkazish usuli) bo'yicha**

1. Kolonkali xromatografiya
2. Yuza sirtli (qog'oz, yupqa qavatli) xromatografiya
3. Kapilyar xromatografiya
  - a) Qog'ozli (ionalmashtirgichli, taqsimlanish xromatografiyasi) xromatografiya.
  - b) Yupqa qavatli xromatografiya (xromatografiyaning hamma mexanizmlaridan foydalaniladi).

Xromatografiya usullarining boshqa tamoyillar bo'yicha ham sinflari mavjud. Xromatografiya usullarining turg'un va harakatchan fazalar, bajarish texnikasi va taqsimlanish mexanizmlari bo'yicha sinflanishini 10.1-jadvaldan ham ko'rsa bo'ladi.

Xromatografiya usullarining sinflanishi

Xromatografiya turi	Turg'un faza	Harakatchan faza	Texnika	Taqsimlanish mexanizmi
<i>Gaz</i>				
Gaz-adsorbsion	Qattiq	Gaz	Kolonka	Adsorbsion
Gaz-suyuqlik	Suyuqlik	Gaz	Kolonka	Taqsimlanish
<i>Suyuqlik</i>				
Qattiq-suyuq	Qattiq	Suyuqlik	Kolonka	Adsorbsion
Suyuqlik-suyuqlik	Suyuqlik	Suyuqlik	Kolonka	Taqsimlanish
Ion-almashinish	Qattiq	Suyuqlik	Kolonka	Ion-almashinish
Yupqa qavatli	Qattiq	Suyuqlik	Yupqa qavat	Adsorbsion
Yupqa qavatli	Suyuqlik	Suyuqlik	Yupqa qavat	Taqsimlanish
<i>Qog'oz</i>	Suyuqlik	Suyuqlik	Qog'oz	Taqsimlanish
Elak (gel o'tkazish)	Suyuqlik	Suyuqlik	Kolonka	Molekular o'lchami bo'yicha

Xromatografiyaning barcha sinflarida xarakteristikasi, umumiy va ish uslubi hamda amalga oshiriladigan jarayonlarda o'zaro bog'liqlik mavjud.

1. Uslub va apparaturani tayyorlash.
2. Xromatogrammalar olish
3. Xromatogrammalar analizi.

Masalan, gaz xromatografiyasida qattiq turg'un faza ishlatilgani uchun bu usul gaz-adsorbsion kolonkali va yuzaviy xromatografiya usullariga, suyuqlik xromatografiyasi suyuqlik-adsorbsion kolonkali va yuzaviy; suyuqlik-taqsimlanish va gaz-suyuqlik taqsimlanish xromatografiyasi kolonkali, kapilyar va yuzaviy; suyuqlik ion-almashinish xromatografiyasi kolonkali va yuzaviy; suyuqlik cho'ktirish, oksidlanish-qaytarilish, komplekslash xromatografiyasi usullari kolonkali va yuzaviy usullarga bo'linadi.

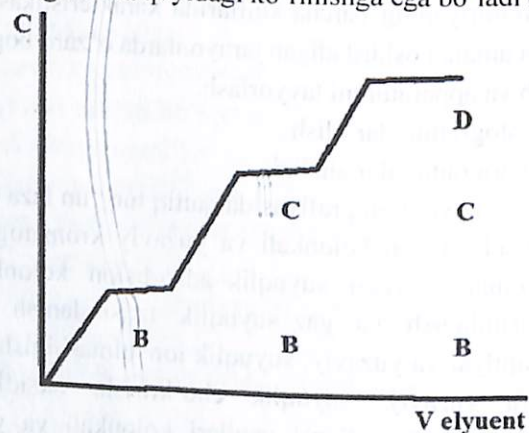
Xromatografik sistemaga namuna kiritish tartibiga mos ravishda xromatografiya usullari frontal, elyuent va surib chiqarish xromatografiyasi usullariga bo'linadi. Agar aralashma eritmasi xromatografik kolonkaga uzluksiz kiritilib turilsa, toza holda faqat eng yomon adsorbilanadigan moddani ajratish mumkin. Bu usulga *frontal*

xromatografiya deyiladi. Frontal xromatografiya usulida qolgan barcha moddalar aralashma holda chiqadi. Agar xromatografik sistemaga harakatchan faza (elyuyent) kiritilsa, u kolonka bo'ylab harakat qiladi va natijada zonalarga ajralib, har bir zona kolonkadan alohida-alohida ajralib chiqadi. Bu usul *elyuyentli xromatografiya* deb yuritiladi. Moddalarni toza holda ajratishga asoslangan elyuyentli xromatografiya eng ko'p rivojlangan va keng tarqalgan. Agar xromatografik kolonkaga oldin namuna, keyin esa boshqa tarkibli eritma kiritilsa, oldingi moddani keyingisi surib chiqara boshlaydi. Bunda moddalar zonalarga ajraladi. Bu usulga *surib chiqarish xromatografiyasi* deyiladi.

#### 10.4. Frontal xromatografiya usuli

*Frontal xromatografiya usulida* - (kolonkali yoki ichki xromatografiya ham deyiladi) - analiz qilinidigan moddalar aralashmasi kolonkadagi sorbent qavatidan uzluksiz ravishda o'tkaziladi. Bunda ma'lum vaqtdan keyin kolonkadan chiqish joyida dastlab elyuent B modda, so'ngra birozdan so'ng BC va yana keyinroq, BCD moddalar chiqadi va hokazo.

Tashqi xromatogramma quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (10.3-rasm).



10.3-rasm. Frontal xromatografiyada konsentrsiyaning zonalarda taqsimlanishi

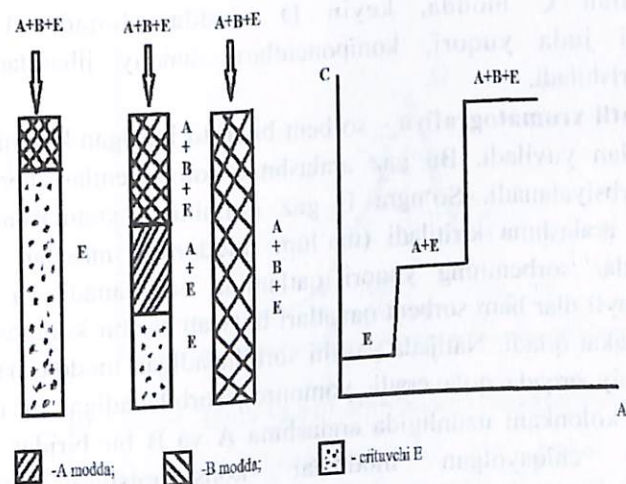
Frontal xromatografiyada toza holda faqat kam sorbilanadigan birinchi komponent chiqadi, so'ngra ikkita va uchta komponentlar aralashmasi chiqadi.

Frontal xromatografiya - bu usulda analiz qilinadigan aralashma kolonkadagi sorbent qavatidan uzluksiz ravishda o'tkaziladi. Agar analiz

qilinadigan ikkita A va B komponentlardan va eng kam sorbilanadigan E gazdan iborat bo'lsa va ular izotermalari chiziqli bo'lsa u holda E gaz kolonkani hamma hajmini egallaydi va kolonkadan toza holda chiqadi. Agar A komponent B ga nisbatan kuchsizroq sorbilansa u holda sorbentning A modda bilan to'yinganidan keyin kolonkadan A modda bilan E gazning aralashmasi chiqadi.

Xromatogrammada pog'ona paydo bo'ladi, bu pog'ona balandligi A moddaning E dagi konsentrsiyasidan iborat. Bu konsentrsiya A moddaning dastlabki konsentrsiyasiga teng yoki undan katta bo'lishi mumkin.

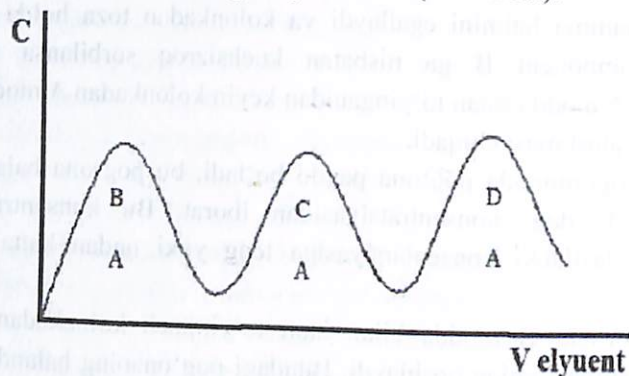
Endi sorbent B modda bilan ham to'yingach kolonkadan hamma gazlar aralashmasi chiqa boshlaydi. Bunday pog'onaning balandligi A va B moddalar dastlabki konsentrsiyalari yig'indisiga teng bo'ladi. Komponentlar soni nechta bo'lsa pog'onalar soni ham sorbsiya izotermasida shuncha bo'ladi (10.4-rasm).



10.4-Rasm. Frontal usuldagi konsentrsiyalarning zonalarda taqsimlanish sxemasi

**Elyuyentli xromatografiya nazariy likopchalar konsepsiyasi.** *Elyuyentli xromatografiyada* dastlab kolonkani boshqalarga nisbatan kam sorbilanadigan yoki umuman sorbilanmaydigan elyuenti bilan yuviladi. Dastlab kolonkaga analiz qilinadigan eritma, so'ngra uzluksiz elyuent

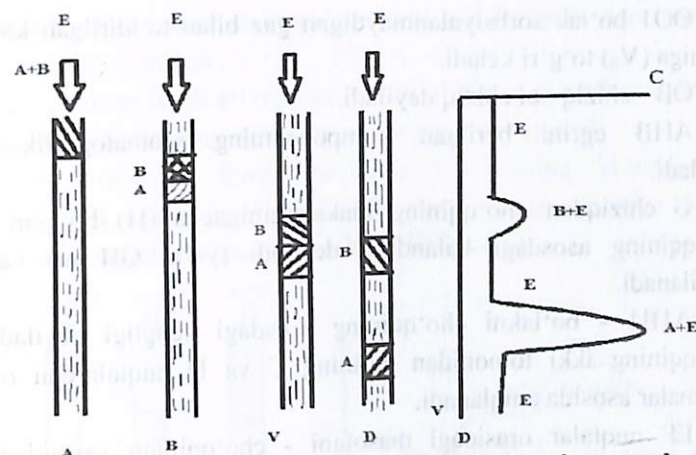
kiritiladi. Bunda komponentlar kolonkada turli tezlikda adsorbsion kobilyatlari asosida zonalarga taqsimlanadi (10.5-rasm).



10.5-rasm. Elyuentli xromatografiyada komponentlar konsentratsiyasining elyuent hajmiga bog'liqligi

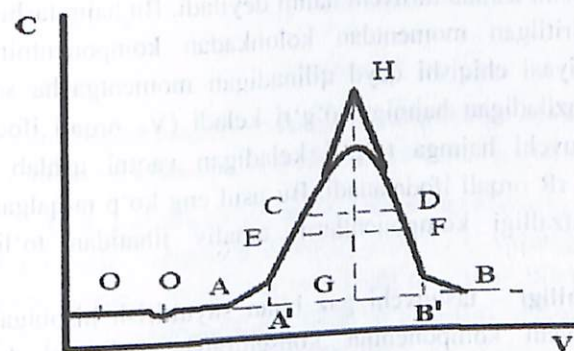
Demak kolonkadan dastlab elyuent bilan B modda, so'ngra elyuent bilan C modda, keyin D modda chiqadi. Usulning effektivligi juda yuqori, komponentlarni amaliy jihatidan to'liq, ajratishga erishiladi.

**Elyuentli xromatografiya** – sorbent bilan to'ldirilgan kolonkani toza gaz (E) bilan yuviladi. Bu gaz aralashma komponentlari barchasidan kuchsiz sorbsiyalanadi. So'ngra E gaz oqimini to'xtatmasdan analiz qilinadigan aralashma kiritiladi (ma'lum miqdorda), masalan A va B modda. Bular sorbentning yuqori qatlamida sorbilanadi va gazning harakati tufayli ular ham sorbent qavatlari bo'ylab har bir komponent turli tezlikda harakat qiladi. Natijada yaxshi sorbilanadigan modda masalan, B zonasi doimiy orqada qolaveradi, yomonroq sorbilanadigan A moddaga nisbatan va kolonkani uzunligida aralashma A va B bir biridan ajraladi. Kolonkadan chiqayotgan moddalar konsentratsiyasi o'zgarishi xromatogramma deb ataluvchi uzluksiz egri sifatida qayd qilinishi mumkin (10.6-rasm)



10.6-rasm. Elyuentli usulda konsentratsiyalarning zonalarda taqsimlanishi

Bitta komponentning xromatogrammasini ko'rib chiqaylik.



10.7-rasm. Bitta komponentning xromatogrammasi

Absisa o'qiga kolonkadan o'tuvchi gaz hajmi (ko'rsatiladi) ifodalanadi. Agar kolonkadan o'tuvchi tashuvchi gaz hajmi doimiy bo'lsa, gaz hajmiga proporsional bo'lgan tajriba vaqtini absissaga qo'yish mumkin. Ordinata o'qi bo'ylab esa kolonkadan chiqayotgan xromatografik komponent konsentratsiyasining o'zgarishi ifodalanadi. O nuqta analiz qilinadigan modda namunasini kiritilish vaqtida to'g'ri keladi.

O1 nuqta esa kolonkadan chiqayotgan sorbsiyalanmaydigan gaz chiqish vaqti momentini ko'rsatadi.

OO1 bo'lak sorbsiyalanmaydigan gaz bilan to'ldirilgan kolonkaning hajmiga ( $V_0$ ) to'g'ri keladi.

OB - chiziq nol chiziq deyiladi.

AHB egrini berilgan komponentning xromatografik cho'qqisi deyiladi.

G chiziqdan cho'qqining maksimumigacha (H) bo'lgan masofani cho'qqining asosdagi balandligi deyiladi (ya'ni GH ni) va h bilan belgilanadi.

A|B| - bo'lakni cho'qqining asosdagi kengligi deyiladi( $\mu$ ). Uni cho'qqining ikki tomonidan egrining C va D nuqtalardan o'tkazilgan urinmalar asosida aniqlanadi.

EF nuqtalar orasidagi masofani - cho'qqining yarmidagi kenglik deyiladi ( $\mu=0,5$ ).

C va D nuqtalar orasidagi masofa esa - cho'qqining egik nuqtalari orasidagi kenglik deyiladi.

OG- qismi ushlab turuvchi hajmi deyiladi. Bu hajm tashuvchi gazning namuna kiritilgan momentdan kolonkadan komponentning maksimal konsentratsiyasi chiqishi qayd qilinadigan momentgacha sorbent qavati orqali o'tkaziladigan hajmiga to'g'ri keladi ( $V_R$  orqali ifodalanadi).  $V_R$  ushlab qoluvchi hajmga to'g'ri keladigan vaqtni ushlab qolish vaqti deyiladi va  $\tau R$  orqali ifodalanadi. Bu usul eng ko'p tarqalgan usuldir. Bu usulning afzalligi komponentlarni amaliy jihatidan to'liq ajratishga erishiladi.

**Kamchiligi** – tashuvchi gaz bilan suyultirish hisobiga aralashmani tashkil etuvchi komponentlar konsentratsiyasi kolonkadan chiqishda sezilarli darajada kamayib ketadi. Ammo bu kamchilik yuqori sezgir detektorlar qo'llash bilan kompensatsiyalanadi.

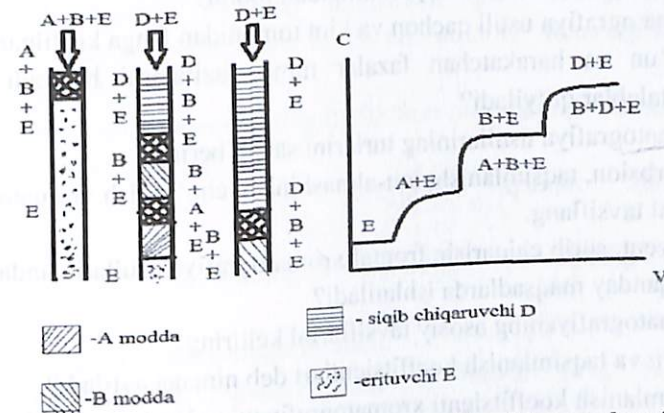
### 10.5. Siqib chiqarish xromatografiyasi

Bu usul aralashma komponentlari desorbsiyasi kuchli sorbsiyalanadigan siqib chiqaruvchi modda oqimi yordamida amalga oshiriladi. Bu usul bilan ishlashda sorbent bilan to'ldirilgan kolonkani dastlab sorbsiyalanmaydigan modda bilan yuviladi, so'ngra analiz qilinadigan moddalar aralashmasi kiritiladi. Aralashma komponentlari harakati va ularni kolonkadan yuvish chiqib chiqaruvchi oqimi yordamida amalga oshiriladi. Analiz qilinadigan moddalar

aralashmasi komponentlari siqib chiqaruvchi oldida sorbsiyaga moyilligi asosida zonalarga ajratiladi.

Frontal usuldan farqli o'laroq bu usulda olingan xromatogrammaning har bir pog'onasi bitta komponentning miqdoriga to'g'ri keladi.

Elyuentli usuldan farqli ravishda bu usulda komponentlar yuvuvchi modda bilan suyulmaydi. Bu usul asosan aralashmalarning mikromiqdorlarini aniqlashda qo'llaniladi (10.8-rasm).



10.8-rasm. Siqib chiqarish xromatografiyasida zonalarining hosil bo'lish sxemasi va konsentratsiyalarning zonalarga taqsimlanishi

### 10.6. Kolonkali suyuqlik xromatografiyasi

Usulning klassik variantida diametri 0,5-5 sm, uzunligi 20-100 sm bo'lgan shisha naydan iborat sorbent (turg'un faza) bilan to'ldirilgan kolonkadan elyuent (harakatchan faza) o'tkaziladi. Harakatchan faza sorbent og'irlik kuchi ta'siridan harakatlanadi, harakatchan faza tezligini nayning pastki qismidagi kran yordamida boshqarish mumkin. Ajratiladigan namuna kolonkaning yuqorigi qismidan kiritiladi. Uning harakati davomida moddalar ajrala boradi. Turli vaqt oraligida tahlil uchun elyuent olinadi va u biror usul yordamida tekshiriladi. Keyingi davrda asboblar takomillashib, bu usul yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasiga aylandi va hozirgi vaqtda organik moddalar tahlilida asosiy usullardan biri bo'lib qoldi. Bu usulda zanglamaydigan po'latdan yasalgan, diametri 2-6 mm, uzunligi 10-25 sm va undan ko'proq bo'lgan kolonka o'lchami 3,5-10 mkm bo'lgan sorbent bilan to'ldiriladi. Detektor

sifatida sezuvchanligi yuqori bo'lgan spektrofotometrilar ishlatiladi (ular  $10^{-10}$  M moddani aniqlashga imkon beradi). Turg'un faza sifatida harakatchan faza bilan aralashmaydigan, mexanik va kimyoviy barqaror, yetarli selektivlik va samaradorlikka ega bo'lgan silikagel (silikat kislota ivig'i -  $SiO_2 \cdot xH_2O$ ), alyuminiy oksidi va boshqalar ishlatiladi.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Xromatografiyaning mohiyati nimadan iborat?
2. Xromatografiya usuli qachon va kim tomonidan fanga kiritilgan?
3. Turg'un va harakatchan fazalar nima vazifalarni bajaradi? Ularga qanday talablar qo'yiladi?
4. Xromatografiya usullarining turlarini sanab bering.
5. Adsorbsion, taqsimlanish, ion-almashinish, cho'ktirish xromatografiyasi usullarini tavsiflang.
6. Elyuent, surib chiqarish, frontal xromatografiya usullari qanday usullar va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
7. Xromatografiyaning asosiy tavsiflarini keltiring.
8. Sig'im va taqsimlanish koeffitsientlari deb nimaga aytiladi?
9. Taqsimlanish koeffitsienti xromatografiyaning har bir turi uchun qanday nomlanishlari mavjud?
10. Ushlab qolish vaqti va ushlab qoluvchi hajm nima va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
11. Ushlab qolish indeksi xromatografiyada qanday maqsadlarda ishlatiladi?
12. Xromatografiyada detektor deb nimaga aytiladi?
13. Alangali ionizatsion detektorlar asosan qanday birikmalar uchun qo'llaniladi?
14. Xromatografiyada sifatli tahlil uchun qo'llaniladigan asosiy kattalik nima va u qanday aniqlanadi?
15. Zamonaviy xromatograflarda miqdoriy analiz nimaga asoslangan?
16. Moddaning konsentratsiyasini aniqlashda qanday usullardan foydalaniladi? Xromatogrammalar olish usuli bo'yicha xromatografiya necha turga bo'linadi?
17. Frontal xromatografiya usulining mohiyati nimadan iborat?

18. Frontal xromatografiyada tashqi xromatogramma qanday ko'rinishga ega bo'ladi?

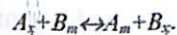
19. Frontal xromatografiyada toza holda nechta komponent chiqadi?
20. Elyuentli xromatografiya usulining mohiyati nimadan iborat?
21. Analitik kimyoda xromatogrammalar olish usulining qaysi turi eng ko'p ishlatiladi? Uning sabablari nimada?
22. Xromatografiyada miqdoriy aniqlash qanday amalga oshiriladi?
23. Xromatografiyada miqdoriy aniqlashni qaysi holda cho'qqining maydonini aniqlash bilan, qaysi holda cho'qqining balandligini aniqlash bilan amalga oshiriladi?
24. Aralashma komponentlarining ikkita faza orasida taqsimlanish darajasi qanday omillarga bog'liq?
25. Xromatogrammalar olish jarayonida qanday terminlardan foydalaniladi?
26. Xromatografik cho'qqining kengayishiga olib keladigan sabablar nimalardan iborat?
27. Xromatografiya deb nimaga aytiladi.
28. Taqsimlanish izotermalari nima va undan nima maqsadlarda foydalaniladi?
29. Ajratish mexanizmi bo'yicha xromatografiyani necha turga bo'lish mumkin?
30. Elyuentli xromatografiyada moddalarning ajralishi nimaga asoslangan va uning frontal xromatografiyasidan farqli tomonlari nimalardan iborat?

## 11. ION ALMASHINISH XROMATOGRAFIYASI

**Tayanch iboralar:** ion-almashinish xromatografiyasi, ion almashtirgichlar, kation almashtirgichlar, anion almashtirgichlar, amfoter ion almashtirgichlar, ionogen guruhlar, kuchli va kuchsiz kislotali kation almashtirgichlar, kuchli va kuchsiz asosli anion almashtirgichlar, jarayonni amalga oshirishning shart-sharoitlari, zaryadliliigi va o'lchamlari asosida komponentlarni ajratish va konsentrlash, anorganik va organik ionitlar, tabiiy va sintetik ionitlar, ion almashtirgich smolalar, ion almashtirgichlarning sig'imi, to'la sig'imi, alohida guruhlar bo'yicha sig'imi, muvozanat sig'imi, ion almashinishning miqdoriy xarakteristikalari, statik va dinamik almashinish sig'implari, ion almashtirgichlarni ishga tayyorlash va regeneratsiyalash, analitik kimyoda qo'llanilishi, tuzlarni aniqlash, suvlarni tozalash, xromatografik tavsiflar, xromatografiya nazariyasi, nazariy likobchalar soni, nazariy likobchaga ekvivalent bo'lgan balandlik.

### 11.1. Ion almashinish xromatografiyasi usullari

Ion almashinish xromatografiyasi suyuqlik xromatografiyasining bir turi bo'lib, unda sorbent sifatida ionit ishlatiladi va ajratiladigan modda ionit tarkibidagi ion bilan almashinadi:



Agar qattiq sorbent ionogen gruppalar tutsa, u holda unga elyuent eritmasi quyilganda kationlar yoki anionlar bilan almashinish ketadi. Bunday ionogen gruppalar tutadigan qattiq sorbentlar *ionalmashtirgichlar* deyiladi.

Ionalmashtirgichlar kationalmashtirgichlar va anionalmashtirgichlarga bo'linadi. 11.1-jadvalda ayrim ionitlarning selektivlik qatori keltirilgan.

*Kationalmashtirgichlar* o'zida R-SO<sub>3</sub>H, R-COOH, R-OH kabi gruppalar tutadi. Bulardagi vodorod kationlar bilan almashinishga moyildir.

-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, -O<sup>-</sup>, -COO<sup>-</sup> lar belgilangan ionlar deyiladi. H<sup>+</sup> esa K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> va boshqa kationlarga alashinishga moyil bo'lgan qarama - qarshi ionlar deyiladi.

*Anionalmashtirgichlar* A-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>NH, A-NH<sub>2</sub> bular asos xossasiga ega bo'lgan moddalardir, o'zida belgilangan - NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, R NH<sub>3</sub><sup>+</sup>Cl<sup>-</sup> ionlar tutadi, Cl<sup>-</sup> esa qarama — qarshi iondir.

Ionalmashtirgichlarning amfoterligi ham mavjud, ya'ni o'zida kislota va asos tutgan ionalmashtirgichlardir. Belgilangan gruppalar pH ga qarab kationalmashtirgichlar yoki anionalmashtirgich bo'lishi mumkin.

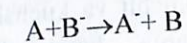
Ionitlar harakatchan fazada erimasligi, kislota va asoslar (ishqorlar) ta'siriga chidamli bo'lishi, yetarli darajada ionogen guruhlariga va mexanik mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Harakatchan faza sifatida suv muhitidagi bufer eritmalar ishlatiladi. Vodorod ion konsentratsiyasi, buferning turi va ion kuchini o'zgartirish asosida sistemaning selektivligini o'zgartirish mumkin (11.1-jadval).

11.1-jadval

Ayrim ionitlarning selektivligi

Kationitlar	Ion zaryadi	Ionlarning selektivlik qatori
Sulfokislotali	+1	Li <sup>+</sup> < H <sup>+</sup> < Na <sup>+</sup> < K <sup>+</sup> < Rb <sup>+</sup> < Cs <sup>+</sup> < Ag <sup>+</sup> < TI <sup>+</sup>
	+2	Mg <sup>2+</sup> < Ca <sup>2+</sup> < Sr <sup>2+</sup> < Ba <sup>2+</sup> < Ra <sup>2+</sup>
Karboksil	+1	K <sup>+</sup> < Cs <sup>+</sup> < Na <sup>+</sup> < Li <sup>+</sup>
Fosfat kislotali	+2	Ra <sup>2+</sup> < Ba <sup>2+</sup> < Sr <sup>2+</sup> < Ca <sup>2+</sup>
Neytral	+2	Ba <sup>2+</sup> < Sr <sup>2+</sup> < Mg <sup>2+</sup> < Ca <sup>2+</sup> < TI <sup>+</sup>
Kislotali muhit	+1	Li <sup>+</sup> < Na <sup>+</sup> < NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> < K <sup>+</sup> < Rb <sup>+</sup> < Cs <sup>+</sup>
Ishqoriy	+2	Ba <sup>2+</sup> < Sr <sup>2+</sup> < Mg <sup>2+</sup> < Ca <sup>2+</sup>
Anionitlar	-1	F <sup>-</sup> < Cl <sup>-</sup> < Br <sup>-</sup> < I <sup>-</sup> < OH <sup>-</sup> < NH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO <sup>-</sup> < CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> < HCOO <sup>-</sup> < H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> < HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

Istalgan ionalmashinish jarayonini qaytar stexiometrik jarayon deb qarash mumkin. Bir xil zaryadli ionlar uchun umumiy holda sxematik ravishda quyidagicha tasvirlash mumkin.



Bunda, A va B harakatchan fazadagi ionlar. A<sup>-</sup> va B<sup>-</sup> lar ionalmashtirgichdagi ionlar.

Bu jarayonni muvozanat konstantasi quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{A/B}^T = \frac{a_{A^-} \cdot a_B}{a_A \cdot a_{B^-}}$$

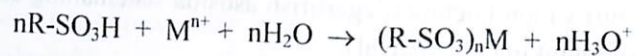
Bunda K<sub>A/B</sub><sup>T</sup> - almashinish konstantasi

Konsentratsion konstantasi esa:

$$K_{A/B} = \frac{[A^-][B]}{[A][B^-]}$$

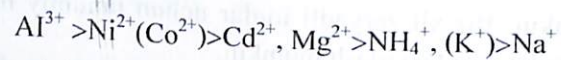
Ionogen gruppalarining tabiatiga bog'liq ravishda kationalmashtirgichlar kuchli kislotali va kuchsiz kislotalilarga bo'linadi.

Masalan kuchli kislotali kationalmashtirgich  $R-SO_3H$  suvli eritmalarda pH (1-14) ning keng intervallarida kislota xossalarini namoyon qiladi va deprotonlangan shaklda qatnashadi. Bunday kationalmashtirgich protonlangan shaklda ( $H^+$  - formada) faqat kuchli kislotali muhitdagina almashtirish qobiliyatiga ega.



Kuchsiz kislotali kationalmashtirgichlar ( $R-COOH$ ,  $R-OH$ ) ionlangan holda qatnashadi va kuchli hamda kuchsiz kislotali muhitlarda protonlangan holda mavjud bo'ladi. Ular kuchli kislotali kationalmashtirgichlarga nisbatan kuchsiz kislotali muhitlarda ionalmashinish reaksiyalariga kirisha oladi.

Ionalmashinish jarayoni qaytardir. Jarayonning muvozanati eritmaning kislotaliligiga, almashinishda ishtirok etayotgan kationlar konsentratsiyasiga va ularning zaryadiga, hamda temperaturaga bog'liqdir. Turli kationlar kationalmashtirgichda turlicha ushlanadilar (ularning selektivlik koeffitsientlari turlichadir). Ko'pchilik hollarda yuqori zaryadli kationlar to'laroq va birinchi navbatda ushlanadi. Bir xil zaryadli ionlar uchun almashinishga moyillik gidratlangan ionlar radiusining kamayishi bilan ortadi, masalan,



Anionalmashtirgichlar kuchli va kuchsiz asoslarga bo'linadi. Kuchli asosli anionalmashtirgichlarga harakatchan faza anionlari bilan almashinishga moyil bo'lgan to'rtlamchi ammoniy ( $R^1NR_3OH$ ) gruppallari tutgan ionalmashtirgichlar misol bo'la oladi:



Kuchsiz asosli anionalmashtirgichlarga amin gruppallari tutgan ionalmashtirgichlar kiradi.

Kuchli asosli ionalmashtirgichlarni keng pH (1-14) intervallarida, kuchsiz asoslarini esa kichikroq pH (1-9) intervallarida foydalanadilar.

Anionlarning almashinishga moyilligi ham ularning zaryadi va ion radiuslariga bog'liq bo'ladi.

Amaliyotda tegishli ionalmashtirgichlar (kationalmashtirgich yoki anionalmashtirgich) maydalangandan so'ng diametri 5-15 mm va uzunligi 10 sm atrofida bo'lgan kolonkaga joylashtiriladi va distillangan suv bilan yuviladi. So'ngra shu kolonkadan analiz qilinadigan eritma o'tkaziladi. Eritma ionalmashtirgich bilan kontaktda bo'lganda ionalmashtirgichning ionogen gruppalaridagi harkatchan ionlari bilan eritmadagi bir xil ismli ionlar orasida almashinish ketadi. Jarayon bir necha marta takrorlanadi. Kolonkadan moddalarni ajratib olish uchun tegishli erituvchi (elyuent)dan foydalaniladi, ya'ni erituvchini asta-sekinlik bilan kolonkadan (1ml/min) o'tkaziladi. Bunda sorbilanish qobiliyati asosida ionlar ionalmashtirgichlarda zonalar bo'yicha taqsimlanadi - ionning sorbilanishi qanchalik kam bo'lsa, kolonkada uning zonasi shunchalik pastda joylashadi. Elyuentni o'tkazish davom ettirilsa kolonkada birinchi navbatda eng kam sorbilanadigan ion, so'ngra sorbilanish qobiliyati asosida qolgan ionlar ham chiqadi. Shu tarzda ionlar bir-biridan ajratiladi.

Ionalmashinish jarayoni kompleks hosil qilish bilan bog'lansa ajratishning effektivligi yanada ortadi. Eritmada anionli komplekslar holiday metallar kation shaklidagi metallardan oson ajraladi. Anion shaklidagi komplekslar (masalan, xloridlar) qatorida, anion-almashirtirgichda sorbilanish kompleksning barqarorligi ortishi bilan ortadi. Bularni kislota bilan elyuirilansa, turli konsentratsiyali kislotalardan foydalanib ajratiladigan elementlarni ketma-ket ajratib olish mumkin. Barqarorligi kam bo'lgan anion shaklidagi komplekslar konsentratsiyasi yuqoriroq, barqarorlari esa konsentratsiyasi kamroq bo'lgan kislotalar eritmaları yordamida ajratib olinadi.

Bir xil zaryadli va o'lchamlari bir-biriga yaqin bo'lgan ionlar taxminan bir xil sorbilanadi va ularni bir-biridan ajratib bo'lmaydi. Ammo sorbilangan ionlardan biriga ligand xossasini namoyon qiladigan elyuent tanlansa, u holda elyuentga shu metall ionining kompleksi chiqadi, qolgan ionlar esa kolonkada qoladi. SHu yo'sinda kolonkadagi qolgan ionlarni ham ajratish mumkin.

Ionitlar asosan ikkiga bo'linadi.

1) Anorganik ionitlar

2) Organik ionitlar

1) Anorganik ionitlar tabiatiga ko'ra ikki turga bo'linadi.

a) **Tabiiy anorganik ionitlar:** seolitlar, alyumosiliktlar, masalan,  $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot nH_2O$ ;  $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot Na_2O \cdot nH_2O$ .

b) **Sintetik anorganik ionitlar:** sintetik alyumoqremniy kislotalari.

2) Organik ionitlar ham tabiatiga ko'ra ikki turga bo'linadi.

a) **Tabiiy organik ionitlar:** tuproqning organik tashkil qiluvchilari, torflar, qo'ng'ir ko'mir, jun, selluloza va boshqalar.

b) **Sintetik organik ionitlar:** sintetik ionalmashtirgich smolalar, o'zida  $-SO_3H$ ,  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $-CH_2N(CH_3)_3^+Cl^-$ ,  $-CH_2NH(CH_3)_2^+Cl^-$ ,  $-CH_2NH_2CH_3^+Cl^-$  va hokazo ionogen grupplar tutgan sintetik polimer moddalar va boshqalar.

### 11.2. Ion almashtirgichlarning almashinish sig'imi

Ionalmashtirgichlar almashinish sig'imi bilan xarakterlanadi.

**Almashinish sig'imi** – bu ionalmashtirgich u yoki bu miqdor ionlarni yutish qobiliyati.

Ionalmashtirgichning ionalmashinish sig'imi uchga bo'linadi.

I- To'la sig'imi – bu ionogen gruppalarining to'la to'yinishi bilan aniqlanadi.

II- Alohida gruppalar bo'yicha sig'imi - alohida gruppalarining to'yinishi bilan aniqlanadi.

III- Muvozanat sig'imi – bu o'zgaruvchan kattalik, chunki tajribani o'tkazish sharoitiga bog'liq bo'ladi.

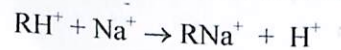
I va II- xarakteristikalar miqdoriydir.

Almashinish sig'imi aniqlanish sharoiti asosida ikki ko'rinishda bo'ladi:

1) Statik almashinish sig'imi (SAS);

2) Dinamik almashinish sig'imi (DAS)

1. Statik ionalmashinish quyidagicha amalga oshiriladi: shisha yoki polietilan tiqin bilan germetik berkitiladigan kolbaga  $H^+$  - formadagi kationit joylashtiriladi va shu idishga natriy xlorid eritmasi solinadi. Kolba berkitilib muvozanat qaror topguncha silkitib turiladi:

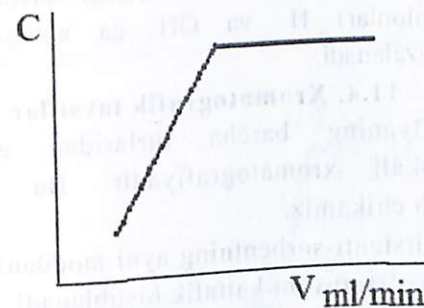


Almashinish to'la bo'lishi uchun smoladan ortiqcha miqdorda olinadi. Statik almashinish sig'imini 1 g smola (ion almashtirgich) da almashingan ionlar miqdori bilan aniqlanadi. O'lchov birligi mg-ekv/g.

Miqdoriy shaklda smolaning ionlarni almashtirish qobiliyati taqsimlanish koeffitsienti bilan aniqlanadi:

$$D_d = \frac{\text{Ion miqdori} / \text{Quruq smola massasi}}{\text{Ion miqdori} / \text{Eritma hajmi}}$$

2. Dinamik almashinish sig'imini ionalmashtirgich solingan kolonkadan ionlar eritmalarini o'tkazish bilan aniqlanadi. Eritma ma'lum tezlikda (1ml/min) ionalmashtirgichli kolonkadan o'tkaziladi. Eritmadan ma'lum hajmini olib undagi metall ionlari miqdori biron aniqlash usuli yordamida aniqlanadi.



### 11.1.-rasm. Ionitlarning dinamik almashinish sig'imini aniqlashda konsentratsiyaning elyuirlash tezligiga bog'liqligi

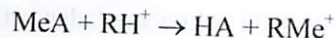
Analitik kimyoda deyarli har doim ionalmashinish xromatografiyasining kolonkali varianti qo'llaniladi.

Smolaning asosiy qismi  $Na^+$  formaga o'tgach regeneratsiyalash mumkin, ya'ni kolonka orqali 3-4M HCl eritmasi o'tkaziladi, bunda  $H^+$  ionlari  $Na^+$  ni sorbentdan siqib chiqaradi. So'ngra smola distillangan suv bilan yuviladi, bunda kationit yana  $H^+$  formaga o'tadi.

### 11.3. Ionalmashinish xromatografiyasining analitik kimyoda qo'llanilishi

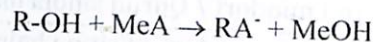
#### 1. Tuzlarni aniqlash.

Kationalmashtirgich smoladan foydalanib ko'pchilik tuzlarni aniqlash mumkin:



Bunda HA ni ishqor yordamida titrlanadi va metallning har bir ekvivalent miqdoriga sarflangan HA asosida tuzning miqdori aniqlanadi.

Anionalmashtirgichlardan foydalanib ham ( $\text{OH}^-$  formadagi) tuzlar miqdorini aniqlash mumkin:



Bunda MeOH kislota bilan titrlanadi. Ammo ikkinchi usul juda kam qo'llaniladi, chunki gidrooksidlar (ishqoriy va ishqoriy er metallarinikidan tashqari) qiyin eruvchan bo'ladi.

Suvni (ionsizlantirish) tozalash,

Suvning  $\text{H}^+$  formadagi kationit va  $\text{OH}^-$  formadagi anionit tutgan aralashmali kolonkadan o'tkaziladi. Bunda suvdagi hamma ionlar (kationlar va anionlar)  $\text{H}^+$  va  $\text{OH}^-$  ga almashinadi, ya'ni suv aralashmalardan tozalanadi.

#### 11.4. Xromatografik tavsiflar

Xromatografiyaning barcha turlaridan eng axamiyatli elyuentli kolonkali xromatografiyadir. Bu usulning asosiy tavsiflarini ko'rib chikamiz.

Sig'im koeffitsienti-sorbentning ayni moddani qanchalik kuchli ushlab qolishini ko'rsatuvchi kattalik hisoblanadi.

$$k = \frac{n_{\text{harakatchan}}}{n_{\text{harakatsiz}}}$$

Bunda k-sig'im koeffitsienti;  $n_{\text{harakatchan}}$  va  $n_{\text{harakatsiz}}$  moddaning harakatchan va harakatsiz fazalardagi mol miqdorlari.

Taqsimlanish koeffitsienti- moddaning harakatchan va harakatsiz fazalardagi taqsimlanishida o'rnatiladigan muvozanatni taqsimlanish koeffitsienti deyiladi:

$$D = \frac{C_{\text{harakatsiz}}}{C_{\text{harakatchan}}}$$

$C_{\text{harakatsiz}}$  va  $C_{\text{harakatchan}}$  - moddaning harakatsiz va harakatchan fazalardagi konsentratsiyalari. Xromatografiyaning har bir turi uchun taqsimlanish koeffitsientining nomi mavjud: taqsimlanish va ionalmashinish xromatografiyasida- taqsimlanish koeffitsienti, adsorbsion

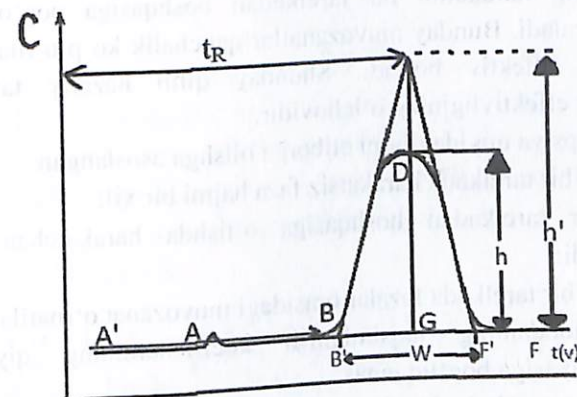
xromatografiyada - adsorbsiya koeffitsienti, gel-filtratsion xromatografiyada - singuvchanlik koeffitsienti deb nomlanadi.

Ajratilish koeffitsienti- ikkita moddaning bir biridan ajratilish darajasi ( $\alpha$ - alfa):

$$\alpha = \frac{k_B}{k_A} \text{ yoki } \alpha = \frac{D_A}{D_B}$$

$k_B$  va  $k_A$ - sig'im koeffitsientlari,  $D_A$  va  $D_B$  - A va B moddalarning taqsimlanish koeffitsientlari.

Ushlab qolish vaqti- aralashma kolonkaga kiritilgan momentidan kolonkadan chiqish vaqtidagi cho'qqining maksimumigacha ketgan vaqt  $t_R$ . 11.2-rasmda bitta komponentning xromatogrammasi keltirilgan.



11.2-rasm. Bitta komponentning xromatogrammasi

Ushlab qolish indeksi  $R = R - \frac{t_m}{t_R}$ , bunda,  $t_m$  - erituvchi yoki ushlanmaydigan moddaning ayni kolonkadan o'tish vaqti.

Har bir moddaning o'zining ushlab qolish indeksi R xarakterlidir, va u moddani indentifikatsiyalash imkonini beradi.

Ushlab qoluvchi hajmi V - namunani kolonkaga kiritilgan momentidan kolonkadan maksimal chiqish konsentratsiyasigacha kerak bo'ladigan tashuvchining hajmi (har bir komponent uchun).

$$V = t_R \cdot F$$

F- ma'lum hajmli oqimning harakat tezligi.

Cho'qqining kengligi  $W$  - xromatografik cho'qqining o'ng va chap tamonlaridan o'tkazilgan urinmalardan hosil bo'lgan uchburchakning asosi.

### 11.5. Nazariy tarelkalar konsepsiyasi

Xromatografiya jarayonida amalga oshadigan hodisalarni tushuntirish uchun, cho'qqilarning shakli va holatini kolonkani uzunligini o'lchash, jarayonlarning optimal sharoitlarini tanlash uchun ikkita yaqinlashuv mavjud: 1) Nazariy tarelkalar konsepsiyasi va 2) Kinetik nazariya.

Nazariy tarelkalar konsepsiyasi - bu abstrakt kattalik uni harakatsiz va harakatchan fazalar orasida muvozanat o'rnatiladigan kolonkaning qisqa qavati tariqasida tasavvur etish mumkin. Bunday muvozanatlar qanchalik ko'p o'rnatilsa, ajratilish shunchalik effektiv bo'ladi. Modda va erituvchining harakatini bir tarelkadan boshqasiga pog'onali o'tishlar sifatida qaraladi. Bunday muvozanatlar qanchalik ko'p o'rnatilsa ajratilish shunchalik effektiv bo'ladi. Shunday qilib nazariy tarelkalar soni kolonkaning effektivligining o'lchovidir.

Konsepsiya quyidagilarni etiborga olishga asoslangan:

- Har bir tarelkada harakatsiz faza hajmi bir xil;
- Bir tarelkadan boshqasiga o'tishda harakatchan faza hajmi o'zgarmaydi;
- Har bir tarelkada fazalar orasidagi muvozanat o'rnatiladi;
- Moddaning taqsimlanish koeffitsientining qiymati uning konsentratsiyasiga bog'liq emas.

Moddaning kolonka bo'ylab harakati natijasida diffuziya tufayli cho'qqilarning kengligi yemiriladi (yuviladi). Cho'qqilarning kengligi xromatografik sistemaning samaradorligi bilan belgilanadi. Xromatografik yo'l yemirilishining o'lchoyi sifatida uzunlik o'lchamiga ega bo'lgan kattalik - nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik ( $h$ ) (NTEB) qabul qilingan. Bu kattalik kolonkaning umumiy uzunligi  $L$  ning nazariy tarelkalar soni  $N$  ga bo'linganiga teng:  $h=L/N$

$$h = \frac{L W^2}{16 \tau_R^2},$$

bu yerda  $L$  - kolonkaning uzunligi;  $W$  - cho'qqining kengligi. Xromatografiyada ham distillyatsiyadagi singari nazariy tarelkalar soni uchun  $N$  kattaligi ishlatiladi;

$$N = \frac{L}{h} = \frac{16}{i_a^2} W^2.$$

Samarador tarelkalar soni:

$$N_{sam} = \frac{16(\tau_R - \tau_o)^2}{W^2} = \frac{k'}{1+k'} N$$

Bundan  $H$  qanchalik kichik bo'lsa xromatografik sistema ya'ni kolonkaning samaradorligi shunchalik yuqori bo'ladi va ushbu kolonkada ko'p sondagi moddalarni ajratish mumkin, degan xulosa qilish mumkin. Ikki modda xromatogrammalarining ajratish darajasini quyidagicha miqdoriy ifodalash mumkin:

$$R_s = \frac{2(\tau_{R_1} - \tau_{R_2})}{W_1 - W_2}$$

Agar  $R_s=1$  bo'lsa, xromatogrammalar bir-biriga faqat 2 % gina kirishgan bo'ladi. Agar  $R_s < 0,8$  bo'lsa, ajratish qoniqarsiz bo'ladi. Ushbu tenglamadagi kattaliklarni boshqa xromatografik qiymatlar bilan almashtirib, xromatografiya uchun juda muhim tenglamani olish mumkinki, bu tenglama kelajakdagi aniqlashlarda qaysi qiymatga e'tibor berish kerakligini ko'rsatadi:

$$R_s = \frac{1}{4} \frac{a-1}{a} \frac{k_2'}{1+k_2'} \sqrt{N_2} \quad \text{yoki} \quad R_s = \frac{1}{4} \frac{a-1}{a} \sqrt{N_{2,sam}}$$

Bu yerda indekslardagi 1 va 2 birinchi va ikkinchi tarkibiy qismlarni ko'rsatadi. Ajratilishning samaradorligini oshirish uchun nazariy tarelkalar sonini oshirish, buning uchun esa yoki kolonkaning uzunligini oshirish yoki  $h$  ni kamaytirish kerak bo'ladi. Samaradorlik muammosi xromatografiyada asosiy muammolardan sanaladi. Xromatografiyada moddalarning ajralishi va xromatografik zonalarning yuvilishi kuzatiladi. Martin va Sinj NTEB tushunchasini xromatografiyaga qo'llab, xromatografik zonalardagi harakatni ifodalashdi. Xromatografik kolonkani bir necha o'zaro ajralgan tarelkalar qatori, deb qarash mumkin. Bunda har bir tarelkada muvozanat holati (taqsimlanish) o'rnatiladi va harakatchan faza moddaning bir qismini bir tarelkadan ikkinchisiga va h.k. tashiydi.

Fazalararo tashilishda zonada moddaning turg'un sorbent va harakatchan faza orasida yangicha taqsimlanishi kuzatiladi. Oqibatda modda bir necha qatlamlarda taqsimlanadi, uning konsentratsiyasi, ayniqsa, o'rtta qatlamlarda eng ko'p bo'ladi. Modda qatlamlar orasida qancha ko'p tarqalsa, xromatografik sistemaning samaradorligi shuncha kam bo'ladi. Moddaning ushlanish vaqti nazariy tarelkalar soniga mutanosib, ya'ni:  $\tau_R = bN$ , bu yerda  $b$  – mutanosiblik koeffitsiyenti. NTEB tushunchasi xromatografiyaning samaradorligini baholashda muhimdir.

Nazariy tarelkalar konsepsiyasi eiyuirlash polosasi shaklini hisoblash imkonini bersa ham, ammo oqim tezligi ta'sirini polosa kengligiga tashuvchi xarakteristikasini tushuntira olmaydi bu masalani kinetik nazariya hal qiladi.

### 11.6. Xromatografiyada kinetik nazariya

Kinetik nazariya moddalarning harakat tezligiga asoslangan. Nazariy tarelkalar konsepsiyasi nazariyasidan mukammalroq bo'lgan *kinetik nazariyaga* xromatografik sistema zonalarining yuvilishi uch sababga asosan sodir bo'ladi:

- 1) turli konsentratsiyali zonalarining sorbent qatlamida har xil tezlik bilan harakatlanishi (termodinamik tarqalish);
- 2) moddalar diffuziyasi (diffuzion tarqalish);
- 3) sorbsiya va desorbsiya jarayonlari tezliklarining har xilligi (kinetik tarqalish).

*Termodinamik tarqalish*da sorbsiya izotermasi (sorbentdagi modda miqdorining gaz yoki suyuqlikdagi konsentratsiyasi orasidagi bog'liqlik) egri chiziqli ko'rinishda bo'ladi. Bu xromatografik analizda nomaqbul bo'lgani bois, uning kuzatilmaligi uchun sharoit yaratish zarur. Buning uchun bir jinsli sorbentlardan foydalaniladi.

*Diffuzion tarqalishning* oldini olish maqsadida kolonka sorbent bilan astoydil va ravon to'ldiriladi.

*Kinetik tarqalish* analiz qilinadigan modda oqimining tezligi tufayli yuzaga keladi. Bunda fazalar orasida muvozanat o'pnatilmay qoladi. Muvozanatning o'rnatilishini ta'minlash uchun oqim tezligini kamaytirish talab etiladi. Bundan tashqari, sorbent mayda zarrali bo'lishi ham foydalidir.

Moddani bir pog'onadan boshqasiga o'tkazishdagi effektiv aktlar soni harakatchan faza tezligiga teskari proporsional ekanligini kinetik nazariya ko'rsatadi, ya'ni eiyuirlash tezligi qanchalik kichik bo'lsa, yuviladigan cho'qqilar shunchalik o'tkir bo'ladi. Bu qonuniyat ikkita omil ta'siri hisobiga buzilishi mumkin (nazariy tarelkalar konsepsiyasida ko'rilmaydigan): qattiq tashuvchi xossasi va taqsimlanadigan modda diffuziyasi. Kolonkaning qattiq tashuvchi bilan bir tekis to'ldirilmaganligi kolonkaning alohida qismlarida harakatchan fazaning ilgari lanma va ko'ndalang harakat tezliglarining o'zgarishiga olib keladi.

Oqim tezligining o'zgarishi front zonalarining o'zgarishiga sabab bo'ladi va yuviladigan cho'qqilarning kengayishiga olib keladi. Eiyuirlanadigan polosalarning kengayishi taqsimlanadigan moddaning diffuziyasi hisobiga ham sodir bo'ladi.

Molekulaning kolonka bo'ylab harakat tezligi, uning ikkala fazada bo'lish vaqtlari nisbatiga boqliq bo'ladi.

Kinetik nazariyada kolonkaning effektivligini kinetik kattalik – ushlab qolish vaqti  $t_R$  bilan bog'lashadi:

$$N = L/H = 16 (t_R/W)^2$$

$$H = L/N = L/16(W/t_R)^2$$

Xromatografik sistemaning selektivligi bilan nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik qiymati orasida bevosita bog'liqlik bor. Buni 11.2-jadvaldagi qiymatlardan ko'rish mumkin.

11.2-jadval

Samarador nazariy tarelkalar sonining xromatografik sistemaning selektivligiga ( $\alpha$ ) ta'siri

$R_f=1$		$R_f=1,5$	
$\alpha$	$N_{\text{eff}}$	$\alpha$	$N_{\text{eff}}$
1,01	160000	1,01	360000
1,05	6800	1,05	15700
1,10	1940	1,10	4360
1,15	940	1,15	2110
1,20	575	1,20	810

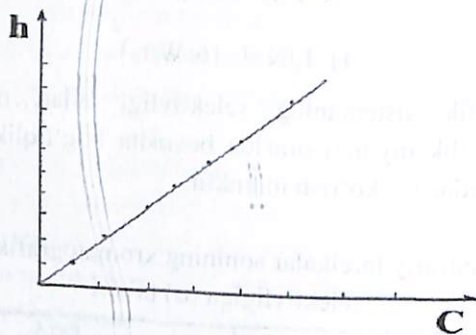
11.2-jadvaldagi qiymatlardan ko'rinishicha,  $\alpha$  birga yaqinlashganda xromatografik sistemaning samaradorligiga talablar keskin oshadi.

### 11.7. Xromatografiyada sifat va miqdoriy analiz

Xromatografiyalash jarayonida moddalar bir-biridan ajratiladi. So'ngra ajratilgan moddalarning sifat tarkibi hamda miqdori aniqlanadi. Bunda to'g'ri keladigan detektor tanlanib kolonkadan chiqayotgan komponentlar analitik signallari o'lchanadi va ularni qayd qiluvchi o'zi yozuvchi qurilma xromatogrammalarini chizadi. Bularni standart eritma xromatogrammalari bilan solishtirilib analiz qilinayotgan eritmaning sifat va miqdoriy tarkibi aniqlanadi.

Bu analiz asosida cho'qqining balandligi yoki uning maydoni  $s$  ning moddani miqtoriga bog'liqligi yotadi. Ingichka cho'qqilar uchun  $h$  ni o'lchash, keng, yassi cho'qqilar uchun esa  $s$  ni o'lchash maqsadga muvofiqdir. Cho'qqining maydonini turli usullar bilan o'lchash mumkin. Masalan, uchburchakning yuzini hisoblashdagi kabi. Hozirgizamon xromatograflarida cho'qqilar maydonini o'lchaydigan maxsus qurilmalar mavjud.

Odatda konsentratsiyani aniqlashda har bir komponent uchun  $h$  (yoki  $s$ ) ning  $C$  (konsentratsiya) ga bog'liqligi grafigi tuziladi va modda miqdori ana shu grafik asosida aniqlanadi (11.4-rasm).



11.4-rasm. Cho'qqi balandligining yoki maydonining aniqlanayotgan modda konsentratsiyasiga bog'liqligi grafigi

Zamonaviy xromatograflarda miqdoriy analiz xromatogrammadagi cho'qqining balandligi yoki yuzasini o'lchashga asoslangan. Miqdoriy analiz: 1) namuna olish va uni ishlash; 2) namunani xromatografik sistemaga kiritish; 3) xromatografiyalash; 4) xromatogrammani qayd qilish; 5) xromatogrammani ishlash bosqichlaridan iborat. Birinchi bosqich barcha usullar uchun bir xil bo'lgani holda, ikkinchi bosqich ulardan farq

qiladi. Namunani kiritish uchun ishlatiladigan shpritslar aniq darajalangan bo'lishi juda muhimdir. Xromatogrammani ishlashdan oldin uning yuzasi yoki balandligi o'lchanadi. Bunda xromatogrammalarning simmetrik bo'lishi muhimdir. Simmetrik xromatogrammalar uchun cho'qqining balandligidan foydalanish mumkin. Asimmetrik cho'qqili xromatogrammalar bilan ishlaganda cho'qqi yuzasidan foydalanish ma'qul. Zamonaviy xromatograflarda yuzani aniqlash uchun integratorlar qo'llaniladi.

Moddaning konsentratsiyasini aniqlash uchun mutlaq darajalash va ichki standart usullaridan foydalaniladi. Mutlaq darajalash usulida aniqlanadigan va standart namunalarning bir xil sharoitdagi xromatogrammalari tushiriladi. Darajalash chizmasi asosida konsentratsiya topiladi. Ichki standart usulida tekshiriladigan moddaning muayyan miqdoriga ma'lum miqdor standart qo'shib, xromatogramma olinadi.

### 11.8. Xromatografiyada analitik signalni qayd qilish

Detektor - bu kolonkadan chiqayotgan komponent konsentratsiyasini uzluksiz qayd qiluvchi moslama. Qayd kilish uchun aralashma komponentlarining tabiati va miqdori bilan bog'liq bo'lgan harakatchan fazadan kelayotgan istalgan analitik signalning o'lchanishidan foydalanish mumkin.

Suyuqlik xromatografiyasida kolonkadan chiqayotgan eritmaning nur yutishidan (fotometrik detektorlar), sindirshi ko'rsatkichi (refraktometrik detektorlar), potensial va elektr o'tkazuvchanlik (elektrokimyoviy detektorlar) kabi analitik signallardan foydalanish mumkin.

Gaz xromatografiyasida ta'siri analitik signalning komponent konsentratsiyasiga bog'liqligi, yoki signalning komponent harakat tezligiga bog'liqligiga asoslangan detektorlardan foydalaniladi.

Birinchi guruhga issiqlik o'tkazuvchanligi bo'yicha detektorlar va elektron ushlab qoluvchi detektorlar (EUD), ikkinchi guruhga esa alanga-ionizatsion detektorlar (AID) va alanga-fotometrik detektorlar kiradi.

Istalgan detektorning asosiy tafsiri - bu sezgirlikdir  $S = \Delta y / \Delta c$  (y-signal). Gaz detektorlarining sezgirligi juda yuqori bo'lib  $10^{-14}$  g/ml gacha boradi.

*Ionning o'tkazuvchanligi bo'yicha detektor.* Bu detektorda ionlar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan elyuentning elektr o'tkazuvchanligini o'lchanadi. Biroq elyuent ham elektr o'tkazuvchanlikga ega. Elyuentning ta'sirini yo'qotish uchun sistemaga yana bitta kolonka kiritiladi, bunda elyuent ionlari (fon elektroliti) kam dissatsilanuvchan birikmalariga aylantiriladi.

*Issiqlik o'tkazuvchanligi bo'yicha detektorlar (katarometrilar).* Bunday detektorlarning ta'siri gazning issiqlik o'tkazuvchanligi uning tarkibiga bog'liqligiga asoslangan. Odatda gaz-tashuvchilar (vodorod, geliy) ning issiqlik o'tkazuvchanligi analiz qilinadigan gazlarnikiga nisbatan juda yuqori bo'ladi, shuning uchun elyuentdagi analiz qilinadigan gaz konsentratsiyasining o'zgarishi, shu vaqtning o'zida issiqlik o'tkazuvchanlikni kamaytiradi va kolonkaning boshlanishidagi Pt simning haroratiga nisbatan kolonkaning chiqish joyidagi Pt simning haroratini kamaytirib yuboradi. Haroratlar farqidan analiz qilinayotgan miqdori aniqlanadi.

*Elektron ushlab qoluvchi detektor (EUD).* Bunda elyuent  $\beta$ -nurlari oqimi bilan nurlantiriladi, bu nurlar ta'sirida gaz-tashuvchilar atomlari qo'zg'olgan holatga o'tib analiz qilinadigan gaz molekullari bilan to'qnashadi va ularni ionlantiradi. Natijada tok paydo bo'ladi, uni o'lchash bilan modda miqdori aniqlanadi.

*Alangali-ionizatsion detektor (AID).* Bu yuqori sezgir detektorlar ta'siri gazsimon organik birikmalar yonganda ionlarning hosil bo'lishiga asoslangan. Ionlar yo'naltirilgan oqimga birlashtiriladi va hosil bo'lgan ionlanish tokini o'lchanadi. AID asosan fosfororganik birikmalar analizi uchun foydalidir.

Nisbiy ushlanish vaqti ajratiladigan modda ushlanish vaqtining standart modda ushlanish vaqtiga nisbatidir. Aniqlangan R nisbiy ( $\tau$ ) qiymat jadvaldagi qiymat bilan solishtiriladi. Agar toza moddalar asosida analiz qilinayotgan bo'lsa, tekshirishda olingan ushlanish vaqti toza moddaning shunday qiymati bilan solishtiriladi. Natijalarning yanada ishonchli bo'lishini ta'minlash uchun turli sorbentlar bilan to'ldirilgan ikkita kolonkada olingan qiymatlar solishtiriladi. Tekshiriladigan modda xromatogrammasi tushirilgandan keyin aralashmaga toza modda qo'shib, yana xromatogramma tushiriladi. Agar ushlanish vaqtlari bir xil bo'lsa,

xromatogrammaning yuzasi yoki balandligi ortadi. Bu esa tekshirilayotgan modda tarkibida qo'shilgan standart moddaga to'g'ri keladigan modda borligi haqida xulosa qilishga imkon beradi.

### 11.9. Gel-xromatografiya

Gel-xromatografiyada molekullar o'lchamlarining har xilligi asosida ajratish amalga oshiriladi. Bu usul *eksklyuzion, molekulyar-elakli xromatografiya* nomlari bilan ham ataladi. Turg'un faza sifatida aniq o'lchamli zarrachalar, harakatchan faza sifatida esa suvdagi yoki organik erituvchidagi elyuyentlar ishlatiladi. Ajratish vaqtida modda sorbentning tirqishlarida va erituvchi orasida taqsimlanib turg'un faza orqali o'tadi. Sorbentning g'ovak tirqishlariga kira oladigan molekullar kolonka bo'ylab harakatlanishi davrida ushbu tirqishlarda ma'lum vaqt ushlanadi. Katta o'lchamli molekullar esa sorbent tirqishlariga kirolmasdan kolonkadan o'tib ketadi. o'lchami kichik molekullar tirqishlarga kirib sekin harakatlanadi va shu tufayli ajraladi. Sorbentlar yumshoq, qattiq va yarimqattiq bo'lishi mumkin. Yumshoq sorbentlar polisaxaridlar (kraxmal, dekstrin va sellyuloza) asosida tayyorlanadi, ular bosim va katta tezlikli harakatga chidamli emas. yarimqattiq gellar stirol va divinilbenzolning sopolimerizatsiyasi asosida olinadi, ular katta bosimga chidamli bo'ladi. Qattiq gellar shisha yoki silikageldan iborat bo'lib, ularning kamchiligi gellar adsorbsion qobiliyatining yuqoriligidir.

### 11.10. Yupqa qavatli xromatografiya

Yupqa qavatli xromatografiya adsorbsion va taqsimlanish xromatografiyasi turlaridan hisoblanib, unda elyuyent plastinka ustidagi yupqa qavat bo'ylab kapillyarlik kuchi tufayli harakat qiladi. Elyuyent ko'tariluvchi, yoki tushuvchi bo'lishi mumkin. Ajratiladigan aralashma start chizig'iga tomizilgandan keyin undagi moddalarni harakatchan faza o'zi bilan harakatlantiradi. Yomon adsorbilanuvchi modda ko'proq harakatlanadi va yaxshi yutiladigan moddadan ajraladi. Moddalarning sifat tarkibi

$$R_f = \frac{x}{y}$$

qiymat asosida aniqlanadi. Bu yerda  $x$  - moddaning start chizig'idan bosib o'tgan yo'li, modda o'rnatilgan joydan dog'gacha bo'lgan masofa;  $y$  - start chizig'idan front chizig'igacha bo'lgan masofa. Yupqa qavatli negiz

sifatida shisha plastinka ustiga juda yupqa qilib bir tekis, yotqizilgan adsorbent qatlami ishlatiladi; hozir sanoatda silikagel va alyuminiy oksidi qatlamli plastinkalar ishlab chiqarilmoqda. Negiz sifatida qog'oz ishlatilsa, usul *qog'oz xromatografiyasi* deb yuritiladi. Bu usulda *yarim miqdoriy* analiz qilinishi mumkin.

#### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday moddalardan ion almashtirgich sifatida foydalanish mumkin va ular qanday turlarga bo'linadi?
2. Ion almashtirgichlar bilan eritmaning muhiti o'rtasida qanday bog'lanish mavjud?
3. Kation almashtirgichlarning selektivlik koeffitsientlari qanday omillarga bog'liq?
4. Bir xil zaryadli ionlarning almashinishga moyilliga bilan gidratlangan ionlar orasida qanday bog'lanish mavjud?
5. Zaryadi va o'lchami bir-biriga yaqin bo'lgan ionlarni bir-biridan qanday usul bilan ajratish mumkin?
6. Ion almashtirgichlar o'zida qanday guruhlar tutadi?
7. Ion almashtirgichlarning almashinish sig'imi necha turga bo'linadi?
8. Dinamik almashinish sig'imining afzalliklari nimadan iborat?
9. Statik almashinish sig'imini aniqlashni qanday amalga oshiradi?
10. Nima uchun anion almashtirgichlardan foydalanib tuzlar miqdorini aniqlash kam qo'llaniladi?
11. Nima uchun miqdoriy xromatografik analizda ingichka cho'qqilarning balandligini, keng cho'qqilarning esa yuzasini o'lchashni afzal ko'radilar?
12. Uzunligi 2 m bo'lgan kolonkada  $t_R = 25$  min. cho'qqining asosi esa 40 sm bo'lsa, nazariy likobchalar sonini va nazariy likobchaga ekvivalent bo'lgan balandlikni aniqlang?
13. Suyuqlik xromatografiyasida qanday analitik signallaridan foydalaniladi?
14. Xromatografik sistemaning selektivligi nima va uni qanday ta'minlash mumkin?
15. Siqib chiqarish xromatografiyasining mohiyati nimadan iborat?
16. Siqib chiqarish xromatografiyasi asosan qanday maqsadlarda qo'llaniladi?

17. Yupqa qavat xromatografiyasi usulining mohiyati nimadan iborat?
18. Qogoz xromatografiyasi asosan qanday maqsadlarda ishlatiladi?
19. Xromatografiyada noma'lum moddaning sifat tarkibi qanday aniqlanadi?
20. Moddaning ushlanish vaqti va ushlanish hajmi qanday ahamiyatga ega?
21. Nazariy tarelkaga ekvivalent balandlik (NTEB) ning mohiyati nimada?
22. Xromatografik sistemaning selektivligi bilan NTEB qiymati orasida qanday bog'lanish bor?
23. Kolonkali xromatografiya qanday usullarni o'z ichiga oladi?
24. Ushlab qolish vaqti, ushlab qolish hajmi nima?
25. Nazariy tarelkalar konsepsiyasi nima?
26. Xromatografiyada kinetik nazariya nimani ko'rsatadi?
27. Nazariy tarelkalar konsepsiyasi nimalarni e'tiborga olishga asoslangan?
28. Xromatografiya uchun xarakterli jarayonlar nimalardan iborat?
29. Nima uchun analitik kimyoda ion almashinish xromatografiyasi ko'proq ishlatiladi?
30. Ion almashinish xromatografiyasining mohiyatini tushuntiring.
31. Nazariy tarelkaga ekvivalent balandlikning mohiyati nimada?
32. Xromatografik sistemaning samaradorligi nima va u qanday omillarga bog'liq?
33. Termodinamik, diffuzion va kinetik tarqalishlarning oldini qanday olish mumkin?

## 12. GAZ VA GAZ SUYUQLIK XROMATOGRAFIYASI

*Tayanch iboralar:* gaz xromatografiyasi, ishlatiladigan tashuvchilar, kolonkalar turlari xromatogrammalar olish, xromatografiyada analitik signallarni qayd qilish, detektorlar, ularning turlari, issiqlik o'tkazuvchanligi bo'yicha detektorlar, elektron ushlab qoluvchi detektorlar, alangali ionizatsion detektorlar.

### 12.1. Gaz xromatografiyasi nazaryasining nazariy asoslari va asosiy parametrlari

Gaz xromatografiyasi usulida harakatchan faza sifatida tashuvchi deb ataladigan inert gaz (azot, geliy, vodorod) ishlatiladi. Bu usulda aniqlanadigan modda, albatta, gaz holiga o'tkazilishi zarur. Namunani bug' ko'rinishida beriladi, harakatsiz faza sifatida qattiq modda (gaz-qattiq fazali, va gaz- adsorbsion xromatografiya), yoki qattiq tashuvchiga shimdirilgan suyuqlik (gaz suyuqlik va gaz-taqsimlagichli xromatografiya) ishlatiladi. Analitik kimyoda gaz taqsimlagichli xromatografiyadan ko'proq foydalaniladi.

Tashuvchilar sifatida diatomit (kizelgur) dan foydalaniladi. Ko'pincha uning erutuvchiga nisbatan inertligini oshirish uchun reagentlar bilan qayta ishlanadi. Bundaylarga misol sifatidan "xromasorb W" va "gazoxrom Q" ni olish mumkin.

Tashuvchini spiralsimon va kapillyarsimon kolonkalariga joylashtiriladi. Spiralsimon kolonkalar diametri 2-6 mm va uzunligi 20 m, kapillyarsimon kolonkaning diametri 0,2-0,5 mm va uzunligi 10 sm li qilib tayyorlanadi.

Har bir ajratish uchun harakatsiz fazani empirik ravishda tanlanadi va diatomitga o'tkaziladi. Harakatsiz fazani uch turga bo'lish mumkin. Harakatsiz fazani qutbliligi analiz qilinadigan aralashmaning qutbliligiga yaqin bo'lishi kerak, shunda aralashma komponentlari bir-biridan yaxshi ajratiladi. Namunani shprints yordamida, gazlarni esa kran yordamida kiritiladi. Namunaning hajmi 0,01-50 mkl. Suyuq va qattiq namunalarni bug' holatiga o'tkazilib so'ngra kolonkaga kiritiladi. So'ngra inert gaz tashuvchi bilan (ko'pincha bosim ostida) purkaladi. Kolonkadan

chiqayotgan komponentlar turli usullar bilan qayd qilinadi va cho'qqilar tarzidagi xromatogrammalar olinadi.

Gaz xromatografiyasini amalga oshirish uchun turli modeli xromatograflardan foydalaniladi. Termostatlash va xromatografiyalashni namunanig o'rtacha qaynash haroratida olib boriladi.

Gaz xromatografiyasi gaz-qattiq (gaz-adsorbsion) va gaz-suyuqlik xromatografiyasi usullariga bo'linadi. Gaz adsorbsion (gaz-qattiq) usulda turg'un faza sifatida qattiq adsorbent ishlatiladi. Gaz-suyuqlik xromatografiyasi usulida turg'un faza sifatida biror qattiq moddaga yupqa qavat bilan kiritilgan suyuqlik ishlatiladi. Gaz suyuqlik xromatografiyasi gaz-adsorbsion usul sifatida ko'proq qo'llaniladi. Kolonka diametri 3-6 mm, uzunligi 1-3 m bo'lgan po'lat, mis yoki shisha naydan iborat. Issiqlik o'tkazuvchanlik, alangani ionlashtirish, elektron ushlab asosidagi detektorlar; geliy, vodorod, azot singari gazlar tashuvchi; silikagel, alyuminiy oksidi, aktivlangan ko'mir va molekulyar elaklar turg'un qattiq faza; qutblanmagan uglevodorodlar yoki siloksanlar turg'un suyuq faza sifatida ishlatiladi. Turg'un fazalarni tutuvchilar sifatida solishtirma yuzasi etarli darajada katta bo'lgan mexanik mustahkam, bir jinsli taqsimlanishni ta'minlaydigan, kizelgur, mitti shisha sharikchalari, silikagel, teflon va boshqalar ishlatiladi.

### 12.2. Gaz xromatografiyasida sifatli tahlil

Har qanday moddaning turg'un va harakatchan fazalar bilan o'zaro ta'siri uning individual xususiyati bo'lib hisoblanadi. Xromatografiyada sifatli tahlil uchun qo'llaniladigan asosiy kattalik ushlanish vaqtidir. Xromatografiyaning muhim tavsifi - bu ushlab qolish vaqti  $t_R$  va  $u$  bilan bog'liq bo'lgan ushlab qoluvchi hajm moddalar tabiatini aks ettiradi va ularning sorbsiyalanish qobiliyatini ko'rsatadi. Oqimining ma'lum tezligi va haroratidagi berilgan kolonka uchun har bir moddaning ushlab qolish vaqti doimiydir. Xromatogrammasi bo'yicha qaysi modda ekanligini aniqlash uchun standart namunalar yoki toza moddalardan foydalaniladi. Noma'lum moddaning ushlab qolish vaqti  $t_x$  bilan standart namuna (yoki ma'lum moddalar) lar ushlab qolish vaqti  $t_{CT}$  solishtiriladi va shuning asosida moddaning sifat tarkibi aniqlanadi.

Kolonkali gaz va suyuqlik xromatografiyasi usullarida ushlanish vaqti kolonkaning to'ldirilish sifati, harorat, elyuentning harakat tezligi,

sorbentning navi va boshqa ko'p omillarga bog'liq. Shuning uchun ham ushlanish vaqtining qiymati bir kolonkadan ikkinchisiga o'tganda o'zgaradi. Nisbiy ushlanish vaqti qiymati esa kam o'zgaradi.

$$\tau_{R_{nisb}} = \frac{\tau_{R_i}}{\tau_{R_{sm}}}$$

Nisbiy ushlanish vaqti ajratiladigan modda ushlanish vaqtining standart modda ushlanish vaqtiga nisbatidir. Aniqlangan R nisbiy  $\tau$  qiymat jadvaldagi qiymat bilan solishtiriladi. Agar toza moddalar asosida analiz qilinayotgan bo'lsa, tekshirishda olingan ushlanish vaqti toza moddaning shunday qiymati bilan solishtiriladi. Natijalarning yanada ishonchli bo'lishini ta'minlash uchun turli sorbentlar bilan to'ldirilgan ikkita kolonkada olingan qiymatlar solishtiriladi. Tekshiriladigan modda xromatogrammasi tushirilgandan keyin aralashmaga toza modda qo'shilib, yana xromatogramma tushiriladi. Agar ushlanish vaqtlari bir xil bo'lsa, xromatogrammaning yuzasi yoki balandligi ortadi. Bu esa tekshirilayotgan modda tarkibida qo'shilgan standart moddaga to'g'ri keladigan modda borligi haqida xulosa qilishga imkon beradi.

### 12.3. Gaz xromatografiyasida miqdoriy analiz

Zamonaviy xromatograflarda miqdoriy analiz xromatogrammadagi cho'qqining balandligi yoki yuzasini o'lchashga asoslangan. Miqdoriy analiz: 1) namuna olish va uni ishlash; 2) namunani xromatografik sistemaga kiritish; 3) xromatografiyalash; 4) xromatogrammani qayd qilish; 5) xromatogrammani ishlash bosqichlaridan iborat. Birinchi bosqich barcha usullar uchun bir xil bo'lgani holda, ikkinchi bosqich ulardan farq qiladi. Namunani kiritish uchun ishlatiladigan shpritslar aniq darajalangan bo'lishi juda muhimdir. Xromatogrammani ishlashdan oldin uning yuzasi yoki balandligi o'lchanadi. Bunda xromatogrammalarning simmetrik bo'lishi muhimdir. Simmetrik xromatogrammalar uchun cho'qqining balandligidan foydalanish mumkin. Asimmetrik cho'qqili xromatogrammalar bilan ishlaganda cho'qqi yuzasidan foydalanish ma'qul. Zamonaviy xromatograflarda yuzani aniqlash uchun integratorlar qo'llaniladi. Moddaning konsentratsiyasini aniqlash uchun mutlaq darajalash va ichki standart usullaridan foydalaniladi.

Mutlaq darajalash usulida aniqlanadigan va standart namunalarning bir xil sharoitdagi xromatogrammalari tushiriladi. Darajalash chizmasi asosida konsentratsiya topiladi. Ichki standart usulida tekshiriladigan moddaning muayyan miqdoriga ma'lum miqdor standart qo'shilib, xromatogramma olinadi. Standartsiz va standartli namunalar xromatogrammalari asosida tekshiriladigan moddaning foiz konsentratsiyasi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\omega = \frac{S_a k_a m_{st}}{S_{st} k_{st} m_a} \cdot 100$$

bu yerda  $S_a$  va  $S_{st}$  – aniqlanadigan va standart namuna xromatografik cho'qqilarining yuzalari,  $mm^2$ ,  $k_a$  – xromatograf detektorining sezgirligini belgilaydigan tuzatish koeffitsiyenti.

Ichki standart usuliga uyg'unlangan ichki normallashtirish usuli bo'lib, uni quyidagi masalaning yechimida ko'rib chiqamiz.

**1-misol.** Gaz xromatografiyasi usuli yordamida olingan quyidagi qiymatlar bo'yicha aralashma tarkibidagi gazlarning foiz tarkibini aniqlang:

Aralashma tarkibi	$S_i, mm^2$	$k_{ai}$
Propan	175	0,68
Butan	203	0,68
Peritan	182	0,69
Sildogeksan	35	0,87

*Yechish:* Ichki normallashtirish usuli bo'yicha tarkibiy qismlarning foiz tarkibi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$\omega_i = \frac{S_{ai} k_{ai}}{\sum S_{ai} k_{ai}} \cdot 100$$

bu yerda  $S_{ai}$  – aniqlanadigan modda xromatografik cho'qqisining yuzasi;  $k_{ai}$  – xromatograf detektorining sezgirligini belgilaydigan tuzatish koeffitsiyenti.

Eng avvalo,  $\sum S_i k_i$  qiymatni hisoblaymiz:

$$\sum S_i k_i = 175 \cdot 0,68 + 203 \cdot 0,68 + 182 \cdot 0,69 + 35 \cdot 0,87 = 412,9$$

Endi har bir tarkibiy qismning foiz tarkibini aniqlaymiz:

$$\phi_{\text{propan}} = (175 \cdot 0,68 / 412,9) \cdot 100 = 28,8\%$$

$$\phi_{\text{butan}} = (203 \cdot 0,68 / 412,9) \cdot 100 = 33,43\%$$

$$\phi_{\text{pentan}} = (182 \cdot 0,69 / 412,9) \cdot 100 = 30,41\%$$

$$\phi_{\text{siklogeksan}} = (35 \cdot 0,87 / 412,9) \cdot 100 = 7,36\%$$

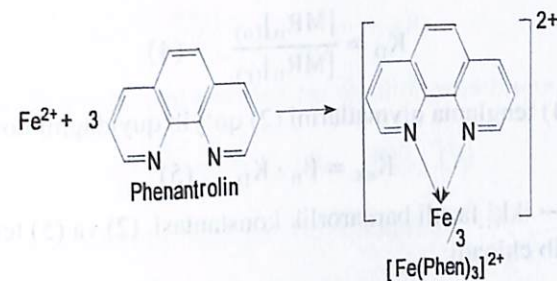
### Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Xromatografik analizda moddaning sifat va miqdor tarkibi qanday aniqlanadi?
2. Sifatiy va miqdoriy xromatografik aniqlashlar nimaga asoslangan?
3. Gaz xromatografiyasida qanday kolonkalardan foydalaniladi?
4. Gaz xromatografiyasida qanday detektorlardan foydalaniladi?
5. Katarometrlarning analitik signallarni qayd qilishi nimaga asoslangan?
6. Alangali ionizatsion detektorlarning sezgirligi qanday birikmalarni aniqlashda eng yuqori bo'ladi?
7. Nima uchun gaz xromatograflarining kolonkalari spiralsimon qilib tayyorlanadi?
8. Nima uchun analiz qilinadigan aralashmaning qutbliligi harakatsiz fazaning qutbliligiga yaqin bo'lishi kerak?
9. Gel xromatografiyasi usuli nimaga asoslangan va qanday moddalar analizida qo'llaniladi?
10. Kolonkali va yupqa qavatli xromatografik usullarni tavsiflang, turlarini keltiring.
11. Gaz-adsorbsion va gaz-suyuqlik xromatografiyasining mohiyati nimalardan iborat?
12. Gaz xromatografiyasi usulida qo'llaniladigan mutlaq darajalash va ichki standartlar usullarining mohiyati nimada?
13. Moddaning ushlanish vaqti va ushlanish hajmi qanday ahamiyatga ega?
14. Kolonkali suyuqlik xromatografiyasining mohiyati nimada?
15. Gaz va suyuqlik xromatografiyasi usullarining mohiyati nimalardan iborat?
16. Gaz xromatografiyasida qanday detektorlardan foydalaniladi?
17. Ajratish va konsentrlashning fizik-kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.

### 13. Laboratoriya ishi № 1

#### Ferroinni yod ionlari bilan ion assotsiatning tarkibi va barqarorlik konstantasini aniqlash usulining mohiyati.

Temir(II) ionlari suvli eritmada pH=2-9 da organik asos O-fenantrolin (Phen) bilan qizil rangli kationli kompleks (Ferroin  $[\text{Fe}(\text{Phen})_3]^{2+}$ ) hosil qiladi:

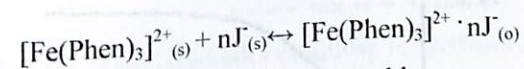


Ferroinni ekstraksiyalash uchun suvli eritmaga ferroin bilan ion assotsiatini ( $[\text{Fe}(\text{Phen})_3]^{2+} \cdot n\text{J}^-$ ) hosil qiladigan katta konsentratsiyada yirik anion ( $\text{J}^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ) kiritiladi va bu assotsiati organik fazaga o'tadi.

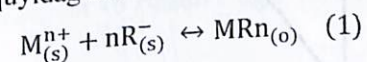
Ion assotsiatining srektofotometrik tavsiflari:  $\lambda_{\text{max}} = 512-520\text{nm}$ ,  $\epsilon = 12000$ , pH=2-9.

Ferroinning yod ionlari bilan assotsiati barqaror emas ( $K_{\text{barqaror}}$  katta emas). Uning tarkibi va barqarorlik konstantasini aniqlash uchun, barqarorligi kam bo'lgan komplekslarga qo'llaniladigan, Bent va Frenchning chekli logarifmlash usulidan foydalanish mumkin.

Ferroinning yod ionlari bilan ion assotsiatining hosil bo'lish reaksiyasini:



umumiy holda quyidagicha tasvirlash mumkin:



Ushbu reaksiyaning ekstraksiya konstantasini  $K_{\text{ex}}$  quyidagicha tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$K_{\text{ex}} = \frac{[\text{MR}_{(o)}]}{[\text{M}]_{(c)} \cdot [\text{R}]_{(c)}^n} \quad (2)$$

(soddalik uchun ionlar zaryadini tushirib qoldirildi). Ekstraksiya konstantasini ion assotsiatining suvli eritmadagi barqarorlik konstantasi ( $\hat{\alpha}_n$ ) orqali va ion assotsiatining taqsimlanish konstantasini organik va suvli fazalar orasidagi ( $K_D$ )

$$\beta_n = \frac{[MR_n]_{(c)}}{[M]_{(c)} \cdot [R]_{(c)}^n} \quad (3)$$

$$K_D = \frac{[MR_n]_{(o)}}{[MR_n]_{(c)}} \quad (4)$$

(3) va (4) tenglama qiymatlarini (2) qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$K_{ex} = \beta_n \cdot K_D \quad (5)$$

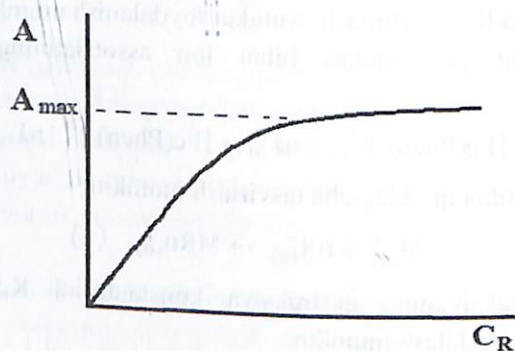
$\beta_n \cdot K_D$  — ikki fazali barqarorlik konstantasi. (2) va (5) tenglamalardan quyidagi kelib chiqadi:

$$\beta_n \cdot K_D = \frac{[MR_n]_{(o)}}{[M]_{(c)} \cdot [R]_{(c)}^n} \quad (6)$$

(6) tenglamadan :

$$\frac{[MR_n]_{(o)}}{[M]_{(c)}} = \beta_n \cdot K_D \cdot [R]_{(c)}^n \quad (7)$$

$\frac{[MR_n]_{(o)}}{[M]_{(c)}}$  nisbatni optik zichlik orqali ifodalash mumkin, to'yinish egrisini tuzish  $A_i = f[R]$  orqali ifodalanadi.



13.1-rasm. To'yinish egrisi

$[R] = C_R$  ion assotsiatining barqaror emasligi sababli, stexiometrik miqdorga nisbatan juda ko'p marta ortiq R eritmaga qo'yiladi.

Ekstraktning optik zichligi ( $A_i$ ) organik fazadagi ion assotsiatining  $MR_n$  konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ekanligidan,  $A_{max}$  feroinning assotsiati ko'rinishida organik fazaga o'tganligiga to'g'ri keladi. Shuningdek ( $A_{max} - A_i$ ) feroinning suvli fazadagi konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Shuning asosida quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{[MR_n]_{(o)}}{[M]_{(c)}} = \frac{A_i}{A_{max} - A_i} \quad (8)$$

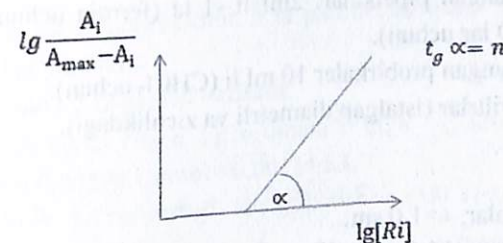
U holda (7) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{A_i}{A_{max} - A_i} = \beta_n \cdot K_D \cdot [R]_{(c)}^n \quad (9)$$

(9) ni logarifmlab quyidagicha yozish mumkin:

$$\lg \frac{A_i}{A_{max} - A_i} = \beta_n \cdot K_D \cdot n \lg [R]_{(c)} \quad (10)$$

(10) tenglama  $\lg \frac{A_i}{A_{max} - A_i} - \lg [R]_{(c)}$  koordinatalaridagi to'g'ri chiziq tenglamasini ifodalaydi, n- bu to'g'ri chiziqning  $t_g$  burchagini ifodalaydi.



13.2-rasm. Taqsimlanish egrisining logarifmik ko'rinishi.

(8) va (9) tenglamadan ko'rinadiki, agar  $[MR_n]_{(o)} = [M]_{(c)}$  bo'lsa, u holda

$$\beta_n \cdot K_D = \frac{1}{[R]_{(c)}^n} \quad (11)$$

bo'ladi.

(1) rasmdagi to'yinish egrisidan [R] ni topib, unda  $A_i = \frac{1}{2} A_{max}$  va n ni bilgan holda, (11)-tenglamadan ion assotsiatining yod ionlari bilan ikki fazali barqarorlik konstantasi  $\beta_n \cdot K_D$  ni hisoblash mumkin.

#### Qo'llaniladigan reaktivlar, idishlar, asboblari

##### Reaktivlar

1. Mor tuzi, 0.1 n (5,6mg/ml yoki 1mg/ml  $Fe^{2+}$ ).
2. Hidroksilamin vodorod xloridli, 10% li suvli eritmasi.
3. O-fenantrolin, 1.0% li suvli eritmasi.
4. KI eritmalari : 0,5M va 0,05M ( $M(KI) \approx 166$ ).
5. Natriy atsetat eritmasi, 1M ( $M(NaAc) \approx 136$ ).
6. Xloroform  $CHCl_3$ .
7. Ferroin eritmasi, 5,6 mkg  $Fe^{2+}$ /ml: 5,6mg  $Fe^{2+}$ , 30ml 1% O-fenantrolin, 20ml 10% li gidroksilaminni 1,0l li o'lchov kolbasiga solinib chizig'igacha distillangan suv bilan suyultiriladi.

##### Idishlar

1. Ajratish voronkasi, sig'imi 50 -100 ml.
2. Stakan sig'imi 250 -300 ml (ajratish varonkasidagi eritmalarni quyish uchun).
3. Darajalangan pipetkalar: 2ml li -1 ta (ferroin uchun), 10ml li -3 ta ( $NaAc$ ,  $KI$ ,  $H_2O$  lar uchun).
4. Darajalangan probirkalar 10 ml li ( $CHCl_3$  uchun).
5. Kulsiz filtrlar (istalgan diametrli va zichlikdagi).

##### Asboblari

1. KFK 2.
2. Kyuvetalar,  $\ell = 1,0$  sm.
3. Qum soatlari 2,0 minutli.

##### Analizning bajarilishi

Sig'imi 50-100 ml li ajratish voronkasiga 3,0ml 1,0M li  $NaAc$  (pipetka yordamida), 2,0 ml ferroin, jadvalda ko'rsatilgan miqdordagi 0,05 M yoki 0,5 M li  $KI$ , eritmasi va suvli fazaning umumiy hajmi aniq 10,0 ml bo'lguncha distillangan suv solinadi. Hosil bo'lgan eritmaga 6,0 ml  $CHCl_3$  (aniq darajalangan probirka yordamida) va 2,0 minut qum soatida silkitiladi. 10-15 minutdan so'ng fazalar ajralgach ekstrakt (pastki qavat) 1,0 sm li quruq kyuvetaga quyiladi (ajratish voronkasining pastki burni ekstrakt quyilishi oldidan filtr qog'ozi yordamida artiladi). Ekstraktning optik zichligi KFK-2

yordamida NF. № 5 da o'lchanadi. Olingan tajriba natijalari 13.1-jadvalda yozilib hisoblanadi.

13.1-jadval

Tajriba natijalarini hisoblash jadvali

KI	V	$A_1$	$A_2$	$\bar{A}_i$	$\frac{A_{max}-A_i}{A_i}$	lg	$lg \frac{\bar{A}_i}{A_{max}-\bar{A}_i}$	$C_{KI}$	lg $C_{KI}$	
0,05M	$H_2O$							M	10	11
ml	ml	3	4	5	6	7	8	9		
1	2									
0,5	4,5									
1,0	4,0									
1,5	3,5									
2,0	3,0									
2,5	2,5									
3,0	2,0									
3,5	1,5									
4,0	1,0									
4,5	0,5									
5,0	-									

KI ning har bir miqdori uchun 2 ta parallel aniqlash amalga oshiriladi. Natijalar jadvalga yoziladi.

##### Jadval asosida 2 ta grafik tuziladi:

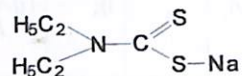
1. To'yinish egrisi (rasm 1): ordinata o'qiga  $-\bar{A}_i$ ; absissa o'qiga  $C_{KI}$ , Masshtab 1,0mm 0,005A; 1,0mm =0,001M  $KI$ .
2. Logarifmik ko'rinishdagi taqsimlanish egrisi (rasm 2): ordinata o'qiga  $lg \frac{\bar{A}_i}{A_{max}-\bar{A}_i}$ , absisa o'qiga  $lg C_{KI}$ . Masshtab: 1,0mm-0,02  $lg \frac{\bar{A}_i}{A_{max}-\bar{A}_i}$ ; 1,0mm =0,02  $lg C_{KI}$ .

Rasm 2 dan n aniqlanadi, ya'ni  $\Gamma$  ionlari bilan ekstraksiyalanadigan ferroinning ion assotsiatlaridagi  $\Gamma$  ionlari soni. n ni aniqlab ekstraksiyalanadigan ion assotsiatining tarkibi yoziladi [ $Fe(Phen)_3$ ].

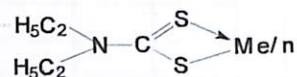
Yod ionlari bilan ferroinning ion assotsiatining ikki fazali barqarorlik konstantasini aniqlash uchun, to'yinish egrisi (1 rasm.) dan  $\frac{1}{2} A_{max}$  ga to'g'ri keladigan  $C_i$  qiymati topiladi, so'ngra (11) tenglama bo'yicha  $\beta_n \cdot K_D$  ni, ya'ni ion assotsiatining ikki fazali barqarorlik konstantasini hisoblanadi.

14. Laboratoriya ishi № 2  
Dietilditiokarbaminatlar yordamida metallarni  
ekstraksion-fotometrik aniqlash

Natriy dietilditiokarbaminat (NaDDTK) kuchsiz organik kisloata tuzi bo'lib, kompleks hosil qiluvchi reagent hisoblanadi:



NaDDTK oq kristall modda: u suvda yaxshi eriydi, organik erituvchilarda esa yomon eriydi. Ko'pgina metallarning kationlari bilan rangsiz yoki rangli ichki kompleks birikmalar hosil qiladi. Hosil qilgan kompleks birikmalari suvda qiyin eriydigan, organik erituvchilar ( $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$  va boshqalar) da esa yaxshi eriydi. Kompleks birikmalari quyidagi tuzilishga ega:



$\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Ag}^+$  va ayrim metallarning dietilditiokarbaminatlari rangli.  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  va boshqa ko'pgina metallarning dietilditiokarbaminatlari rangsizdir. Ekstraksion - fotometrik aniqlashlarda fotometrik reagent sifatida ko'pincha Na-DDTK ni emas balki  $\text{Pb}(\text{DDTK})_2$  yoki  $\text{Cd}(\text{DDTK})_2$  ni qo'llashadi, chunki ular organik kislotalarda yaxshi eriydi, kislotali muhit bilan to'qnashganda barqarorroqdir, va yana muhim jihati Na-DDTK ga qaraganda tanlab ta'sir etuvchandir. Misni ekstraksion - fotometrik aniqlash uchun reagent sifatida odatda  $\text{Pb}(\text{DDTK})_2$  qo'llaniladi. Bunda  $\text{Cu}^{2+}$  ionini aniqlash almashtirish ekstraksiyasiga asoslangan:  $\text{Cu}^{2+}_{(s)} + \text{Pb}(\text{DDTK})_{2(o)} \leftrightarrow \text{Cu}(\text{DDTK})_{2(o)} + \text{Pb}^{2+}_{(s)}$

Eritmada bo'lgan  $\text{Cu}^{2+}$  ionlari organik fazadagi  $\text{Pb}(\text{DDTK})_2$  dan ekvivalent miqdordagi  $\text{Pb}^{2+}$  ionlarini suvli fazaga siqib chiqaradi, o'zlari esa barqarorroq  $\text{Cu}(\text{DDTK})_2$  hosil qilib organik fazaga o'tadi.  $\text{Cu}(\text{DDTK})_2$  intensiv sariq rangga ega. Organik fazaning optik zichligi misning miqdoriga to'g'ri proporsionaldir.  $\text{Cu}(\text{DDTK})_2$  ning spektrofotometrik tavsiflari quyidagicha:  $\lambda_{\text{max}}=436\text{nm}$ ,  $\epsilon=1,4 \cdot 10^4$  aniqlash oralig'i  $\text{pH}=4-11$ , organik erituvchi sifatida xloroform  $\text{CHCl}_3$  yoki  $\text{CCl}_4$  ishlatiladi.

15. Laboratoriya ishi № 3  
Cu(II) ionini natriy dietilditiokarbaminat yordamida ekstraksion  
fotometrik aniqlash

Reagentlar, eritmalar:

1. Na-DDTK, 0,1 % li eritmasi, eritmaga ammiak qo'shish bilan pH ni 8,5 ga olib kelinadi;
2.  $\text{Cu}^{2+}=5,0\text{mkg/ml}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  ning standart eritmasi;
3. Segnet tuzi, 2,0% li, Na-DDTK bilan ekstraksiyalab  $\text{Cu}^{2+}$  asari yuqori tozalangan bo'lishi kerak;
4.  $\text{pH}=8,5-9,0$  bo'lgan bufer eritma;
5.  $\text{CHCl}_3$  yoki  $\text{CCl}_4$ .

Asboblari

1. KFK-2. 2. Kyuvetalar,  $\ell=1,0\text{ sm}$ ,  $\text{NF } \lambda_{\text{max}}=440\text{nm}$ , 3. Qum soatlari 3 minutli.

Analizning bajarilishi

Graduirovkali grafik tuzish: Sig'imi 50-100 ml li ajratish voronkasiga silindr yordamida 10,0ml suv, 5-25 mkg mis (II) (5,0 mkg dan oralatib), pipetka yordamida 2,0 ml segnet tuzi eritmasi, 5,0 ml Na-DDTK eritmasi va 6,0 ml  $\text{CCl}_4$  (darajalangan probirka yordamida). 3 minut silkitiladi (qum soati yordamida). Ekstraktni quruq kyuvetaga solinadi (bunda dastlab krاندagi suvli faza kulsiz filtrning bir qismi yordamida artib olinadi). Optik zichnikni KFK-2 yordamida solishtirma eritmaga nisbatan o'lchanadi. ( $\ell=1,0\text{ sm}$ ,  $\lambda_{\text{max}}=440\text{nm}$ ). Misning har bir miqdoriga 2-3 parallel aniqlashlar amalga oshiriladi. Bunda fotometrlash uchun eritmalar yangidan tayyorlanadi. Natijalar 15.1-jadvalga yoziladi.

15.1-jadval

Graduirovkali grafik tuzish

Olingan $\text{Cu}^{2+}$		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\bar{A}$
ml	mkg				
1,0	5,0				
2,0	10,0				
3,0	15,0				
4,0	20,0				
5,0	25,0				

### Laboratoriya ishi bo'yicha nazorat ishi

#### Mis(II) miqdorini mis tuzi eritmasidan aniqlash

O'lchov kolbasiga (25 yoki 50 ml li) mis(II) tuzi kontrol eritmasini belgisigacha distillangan suv bilan to'ldiriladi va aralashtriladi. Mis(II) ni aniqlash uchun, tarkibida 25 mkg gacha  $Cu^{2+}$  bo'lgan alikvot qismni 5,0 yoki 10,0ml li pipetka yordamida olinadi. Aniqlash yuqorida keltirilgan graduirovkali grafik tuzish usulikasi yordamida amalga oshiriladi. Alikvot qismdagi mis(II) ning miqdorini graduirovkali grafik yordamida topiladi. So'ngra kontrol eritmaning hamma hajmi bo'yicha mis(II) ning miqdori hisoblanadi. Absolyut va nisbiy xatolari hisoblanadi. Natijalar 15.2-jadvalga yoziladi. So'ngra olingan natijalarning matematik statistikasi asosida qayta hisoblash amalga oshiriladi.

15.2-jadval

#### Kontrol eritmadagi mis(II)ning miqdorini aniqlash

Kontrol eritma hajmi, ml		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	$\bar{A}$	Topilgan $Cu^{2+}$ mkg		Aniqlash xatoligi	
Umumiy si	Alikvot qism					Alikvot qismda	Umumiy hajmda	Absolyut xato	Nisbiy xato

### ekstraksiyasi asosida $Cu(II)$ ionini ekstraksiya usulini aniqlash

#### Qo'llaniladigan reaktivlar, asboblar.

1. Mis tuzi eritmasi  $C_{Cu^{2+}} = 5,0 \text{ mkg/ml}$ ;
2.  $NH_4OH$ , kons. O'ta toza;
3. Segnet tuzi ( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$  k.t., yoki a.u.t.);
4. Natriy dietilditiokarbaminat, tuzi;
5. Qo'rg'oshin nitrat, tuzi;
6. Xloroform  $CHCl_3$ ;
7. Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminatning xloroformdagi eritmasi;
8. Atsetatli bufer eritma ( $pH=4$ ).

#### Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminatning xloroformdagi eritmasini tayyorlash usuli:

Hajmi 500-600 ml li ajratish voronkasiga 0,2 g tozalangan Na-DDTK, 1,0 g segnet tuzi, 130-150 ml suv solinadi va to'la eriguncha aralashtriladi. Kuchsiz ishqoriy sharoit ( $pH \approx 9$ ) bo'lguncha tomchilatib  $NH_4OH$ , 0,2 g  $Pb(NO_3)_2$  qo'shiladi va hosil bo'lgan oq cho'kma  $Pb(DDTK)_2$  ni bir necha marta alohida porsiyalarda 50 ml dan  $CHCl_3$  bilan ekstraksiyalanadi. Ekstraktlar boshqa ajratish voronkasiga (sig'imi 500 ml li) yig'iladi, 2 marta distillangan suv bilan yuviladi, shisha tiqinli rangli shisha idishga filtrlab o'tkaziladi va hajmini xloroform bilan 500 ml ga etkaziladi.

#### Asboblar

1. KFK-2.
2. Kyuvetalar,  $t=1,0 \text{ sm}$ .
3. Qum soatlari, 3 minutli.

**Analizning bajarilishi. Graduirovkali grafik tuzish.** Sig'imi 50-100 li ajratish voronkasiga, 10,0 ml suv (silindr yordamida), 5-dan 25 mkg gacha (5 mkg farqi bilan) pipetka yordamida  $Cu^{2+}$  tuzi eritmasi, 3,0 ml atsetatli bufer eritma ( $pH=4,0$ ), 5,0ml  $Pb(DDTK)_2$   $CHCl_3$  li eritmasi (aniq darajalangan grafik yordamida), va 3 minut davomida qum soati yordamida aralashtriladi. Fazalar ajralgach ekstraktni quruq kyuvetaga quyiladi (quyish oldidan ajratish voronkasi pastki uchini filtr qog'ozi yordamida quritiladi). Ekstrakt optik zichligini solishtirma eritmaga

Graduirovkali grafik  $\bar{A}$  qiymatlari bo'yicha tuziladi: masshtab: absissa o'qiga 1 mm = 0,1mkg mis(II), ordinata o'qiga 1mm = 0,002A.

### Laboratoriya ishi bo'yicha nazorat ishi

#### Mis(II) miqdorini mis tuzi eritmasidan aniqlash

O'lchov kolbasiga (25 yoki 50 ml li) mis(II) tuzi kontrol eritmasini belgisigacha distillangan suv bilan to'ldiriladi va aralashtriladi. Mis(II) ni aniqlash uchun, tarkibida 25 mkg gacha  $Cu^{2+}$  bo'lgan alikvot qismni 5,0 yoki 10,0ml li pipetka yordamida olinadi. Aniqlash yuqorida keltirilgan graduirovkali grafik tuzish usulikasi yordamida amalga oshiriladi. Alikvot qismdagi mis(II) ning miqdorini graduirovkali grafik yordamida topiladi. So'ngra kontrol eritmaning hamma hajmi bo'yicha mis(II) ning miqdori hisoblanadi. Absolyut va nisbiy xatolari hisoblanadi. Natijalar 15.2-jadvalga yoziladi. So'ngra olingan natijalarning matematik statistikasi asosida qayta hisoblash amalga oshiriladi.

15.2-jadval

#### Kontrol eritmadagi mis(II)ning miqdorini aniqlash

Kontrol eritma hajmi, ml		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	$\bar{A}$	Topilgan $Cu^{2+}$ mkg		Aniqlash xatoligi	
Umumiy si	Alikvot qism					Alikvot qismda	Umumiy hajmda	Absolyut xato	Nisbiy xato

### 16. Laboratoriya ishi №4

#### Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminati yordamida almashinish ekstraksiyasi asosida Cu(II) ionini ekstraksiyon fotometrik aniqlash

##### Qo'llaniladigan reaktivlar, asboblari.

1. Mis tuzi eritmasi  $C_{Cu^{2+}} = 5,0mkg/ml$ ;
2.  $NH_4OH$ , kons. O'ta toza;
3. Segnet tuzi ( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$  k.t., yoki a.u.t.);
4. Natriy dietilditiokarbaminat, tuzi;
5. Qo'rg'oshin nitrat, tuzi;
6. Xloroform  $CHCl_3$ ;
7. Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminatning xloroformdagi eritmasi;
8. Atsetatli bufer eritma (pH=4).

##### Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminatning xloroformdagi eritmasini tayyorlash usuli:

Hajmi 500-600 ml li ajratish voronkasiga 0,2 g tozalangan Na-DDTK, 1,0 g segnet tuzi, 130-150 ml suv solinadi va to'la eriguncha aralashtriladi. Kuchsiz ishqoriy sharoit (pH≈9) bo'lguncha tomchilatib  $NH_4OH$ , 0,2 g  $Pb(NO_3)_2$  qo'shiladi va hosil bo'lgan oq cho'kma  $Pb(DDTK)_2$  ni bir necha marta alohida porsiyalarda 50 ml dan  $CHCl_3$  bilan ekstraksiyalanadi. Ekstraktlar boshqa ajratish voronkasiga (sig'imi 500 ml li) yig'iladi, 2 marta distillangan suv bilan yuviladi, shisha tiqinli rangli shisha idishga filtrlab o'tkaziladi va hajmini xloroform bilan 500 ml ga etkaziladi.

##### Asboblari

1. KFK-2.
2. Kyuvetalar,  $\ell = 1,0$  sm.
3. Qum soatlari, 3 minutli.

**Analizning bajarilishi.** Graduirovkali grafik tuzish. Sig'imi 50-100 li ajratish voronkasiga, 10,0 ml suv (silindr yordamida), 5-dan 25 mkg gacha (5 mkg farqi bilan) pipetka yordamida  $Cu^{2+}$  tuzi eritmasi, 3,0 ml atsetatli bufer eritma (pH=4,0), 5,0ml  $Pb(DDTK)_2$   $CHCl_3$  li eritmasi (aniq darajalangan grafik yordamida), va 3 minut davomida qum soati yordamida aralashtriladi. Fazalar ajralgach ekstraktni quruq kyuvetaga quyiladi (quyish oldidan ajratish voronkasi pastki uchini filtr qog'ozi yordamida quritiladi). Ekstrakt optik zichligini solishtirma eritmaga

nisbatan o'lanadi KFK-2 da N.F № 4 da ( $\lambda_{\max}=440\text{nm}$ ). Misning har bir miqdori uchun 3 martadan parallel aniqlashlar o'tkaziladi, ya'ni har gal yangidan fotometrik eritmalar tayyorlanadi. Natijalar 16.1-jadvalga yoziladi.

16.1-jadval

Graduirovkali grafik tuzish

Olingan $\text{Cu}^{2+}$		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\bar{A}$
ml	Mkg				
1,0	5,0				
2,0	10,0				
3,0	15,0				
4,0	20,0				
5,0	25,0				

$\bar{A}$  qiymatlari bo'yicha graduirovkali grafik tuziladi: absissa o'qiga  $S_{\text{Cu}^{2+}} = .\text{mkg}$ , ordinata o'qiga -A. Masshtab: 1mm=0,01A, 1mm =0.25mkg  $\text{Cu}^{2+}$ .

Laboratoriya ishi bo'yicha nazorat ishi

Mis tuzi eritmasidagi  $\text{Cu}^{2+}$  ionini miqdorini aniqlash

Mis tuzining kontrol eritmasini belgisigacha distillangan suv bilan to'ldiriladi va aralashtriladi, undan o'lchov pipetkasi yordamida alikvot qism olinadi va yuqoridagi graduirovkali grafik tuzish uslubi bo'yicha misni miqdori aniqlanishi amalga oshiriladi. Mis (II) ning miqdori graduirovkali grafikdan topiladi. Aniqlash natijalari 16.2-jadvalga yoziladi. Absolyut va nisbiy xatolari aniqlanadi.

16.2-jadval

Kontrol eritmadagi  $\text{Cu}^{2+}$  ning miqdorini aniqlash

Kontrol eritmaning umumiy hajmi, ml	Alikvot qism, ml	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\bar{A}$	Aniqlangan $\text{Cu}^{2+}$ mkg	
						Alikvot qismda	hammasi

17. Laboratoriya ishi № 5

Xromatografik usul bilan ba'zi bir metall ionlarini ochish va ajratish

Xromatografiya usuli bir necha turlarga bo'linadi. Ion almashinsh, gaz va gaz-suyuqlik xromatografiyalari va boshqalar. Shulardan sifat analizi amaliyotida qog'oz va ion almashinish xromatografiyalari ko'proq ishlatiladi. Qattik faza sifatida xromatografiya qog'ozlari va sirt aktiv polimer modllar, alyuminiy oksidi va silikagellar ishlatiladi.

Xromatografiyada ishlatiladigan erituvchi har xil aralashmadan iborat bo'ladi. Bunda aniqlanuvchi ion erituvchilardan birida erib siljiydi, boshqa erituvchida esa eruvchanligi kam bo'lib, harakat tezligi kichik bo'ladi va qattiq faza sifatida taqsimlanadi yoki asta sekin ajralib chiqadi. Eritgan moda joylashgan qatlami kattaligining (start chizig'idan dog'nig markazigacha bo'lgan masofa) erituvchi ko'tarilgan masofaga bo'lgan nisbati  $R_f$  bilan belgilanadi, ya'ni:

$$R_f = \frac{\text{Zona harakat tezligi}}{\text{erituvchi harakat tezligi}}$$

Har qanday ionning qog'oz bo'yicha yo'nalishi (siljish) tezligi organik faza bilan suvli faza orasidagi taqsimlanish effektiga bog'liq bo'ladi, ya'ni:

$$R_f = \frac{A_n}{A_n + AD_h}$$

Bunda: D-taqsimlanish koeffitsienti;  $A_n$ ,  $A_h$ -qog'ozdagi erituvchi bilan suv hajmi.

$$D = \frac{c_h}{c_n}$$

$S_n, S_h$ -harakatlanuvchi organik faza bilai xarakatlanmaydigan suvli faza orasidagi modda konsentratsiyasi.

$R_f$  ning qiymati qog'oz (tashuvchi) tabiati, tajribani bajarish texnikasi, temperatura va boshqa faktorlarga bog'liq bo'lib. aniqlanuvchi modda konsentratsiyasi va eritmadagi begona modda komponentlarinig ishtirok etishiga bog'liq emas.

Ishlatiladigan asboblari

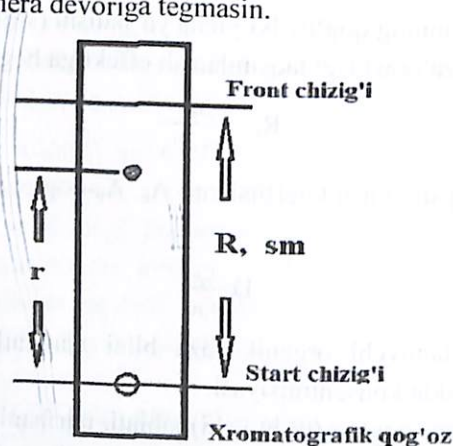
Qog'oz xromatografiyasi usuli bo'yicha ionlarni ajratish og'zi berk probirka yoki silindrlarda bajariladi. Buning uchun qopqoqli silindr yoki

probirkalar ishlatiladi. Silindr (yoki probirka) ichi tegishli erituvchi bilan oldindan to'yintirilgan bo'lishi kerak.

### Xromatogramma olish

Qog'ozning pastki chegarasidan (17.1-rasm) 2,0 sm yuqoridan oddiy grafitli qalam bilan to'g'ri chiziq, chiziladi va shu chiziqning o'rtasidan diametri 5-7 mm bo'lgan aylana chiziladi. Aylana markaziga kapillyar orqali tekshirilayotgan moddadan 2-3 marta tomiziladi. Bunda kapillyarni qog'ozga tegizib turish kerak va eritma yoyilib aylana chetiga yaqinlashgach kapillyarni qog'oz qurigunicha olib quyiladi va yana kapillyar qog'ozga tegiziladi. Tomchi tushirilgan dog' qanchalik kichik bo'lsa xromatogramma shuncha yaxshi chiqadi. Qog'ozdagi dog' elektr pechida yoki havoda quritiladi. Silindr yoki probirkaga erituvchi solinadi (eritma balandligi 0,5-1,0sm dan oshmasligi kerak).

Xromatografik qog'oz esa erituvchiga kuni bilan 2-3 mm botirilgan bo'lish kerak. Bir vaktning o'zida bitta silidrga bir nechta dog' hosil qilgan xromatografik qog'ozlarni o'rnatish ham mumkii. Lekin bu qog'ozlar bir-biriga hamda kamera devoriga tegmasin.



17.1-rasm. Xromatogramma olishning tuzilishi

Bu yerda:  $r$ -start chizig'idagi dog'ning markazgacha bo'lgan masofa, sm larda.  $R$ -start chizig'idan front chizig'igacha bo'lgan masofa, sm larda.

Erituvchi qog'oz bo'ylab front liniyasiga etgach, xromatografik qog'oz kameradan ehtiyotlik bilan olinadi va quritiladi. Har bir kation

uchun tegishli yuzaga chiquvchi (ochiltirgich) purkab xromatogramma olinadi.

So'ngra undan dog'ning aylanasi chizilib aylana topiladi. Aylana markazidan start chizig'igacha bo'lgan masofa lineyka yordamida o'lchanadi.

$R_f = \frac{r}{R}$ ; formuladan har bir kationning effektiv radiusi aniqlanadi. Har bir alohida ionning xromatogrammasi olinadi va quyidagicha 17.1-jadval tuziladi.

17.1-jadval

### Har bir ionning xromatogrammasini natijalari

Aniqlanadigan ion	Aniqlanayotgan ionning effektiv radiusi $R_f$
$\text{Bi}^{3+}$	
$\text{Cd}^{2+}$	
$\text{Hg}^{2+}$	
$\text{Fe}^{2+}$	
$\text{Fe}^{3+}$	
$\text{Cu}^{2+}$	
$\text{Co}^{2+}$	
$\text{Ni}^{2+}$	
$\text{Mn}^{2+}$	
$\text{Al}^{3+}$	
$\text{Pb}^{2+}$	

Kontrol aralamadan ionlarni aniqlashda, kontrol eritmaning xromatogrammasi yuqoridagi usul yordamida olinadi. Buning uchun dastlab jadvaldan foydalanib ( $R_f$  va  $R_{ma'lum}$ ) har bir kation uchun  $r$  topiladi va o'sha zonaga reagent purkaladi. Agar shu zonada izlanayotgan kation (yoki anion) bo'lsa tegishli rang hosil qiladi.

### Ionlarning atseton suvli sistemada taqsimlanishi

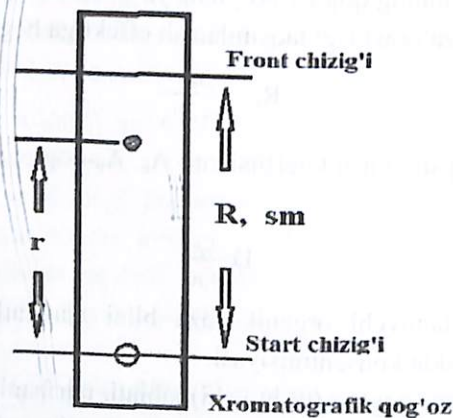
Kationlarning IV, V, VI - analitik guruhlarining bir-biridan ajratishda erituvchi sifatida atseton qo'llaniladi. Xromatografik qog'ozga quyidagi chiziqlar bo'yicha kationlar joylashtiriladi. Ularning taqsimlanish koeffitsientlari quyidagi tartibda bo'ladi  $\text{Bi}^{3+} \text{Hg}^{2+} \text{Cd}^{2+} \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$

probirkalar ishlatiladi. Silindr (yoki probirka) ichi tegishli erituvchi bilan oldindan to'yintirilgan bo'lishi kerak.

### Xromatogramma olish

Qog'ozning pastki chegarasidan (17.1-rasm) 2,0 sm yuqoridan oddiy grafitli qalam bilan to'g'ri chiziq, chiziladi va shu chiziqning o'rtasidan diametri 5-7 mm bo'lgan aylana chiziladi. Aylana markaziga kapillyar orqali tekshirilayotgan moddadan 2-3 marta tomiziladi. Bunda kapillyarni qog'ozga tegizib turish kerak va eritma yoyilib aylana chetiga yaqinlashgach kapillyarni qog'oz qurigunicha olib quyiladi va yana kapillyar qog'ozga tegiziladi. Tomchi tushirilgan dog' qanchalik kichik bo'lsa xromatogramma shuncha yaxshi chiqadi. Qog'ozdagi dog' elektr pechida yoki havoda quritiladi. Silindr yoki probirkaga erituvchi solinadi (eritma balandligi 0,5-1,0sm dan oshmasligi kerak).

Xromatografik qog'oz esa erituvchiga kuni bilan 2-3 mm botirilgan bo'lish kerak. Bir vaqtning o'zida bitta silidrga bir nechta dog' hosil qilgan xromatografik qog'ozlarni o'rnatish ham mumkii. Lekin bu qog'ozlar bir-biriga hamda kamera devoriga tegmasin.



17.1-rasm. Xromatogramma olishning tuzilishi

Bu yerda:  $r$ -start chizig'idagi dog'ning markazgacha bo'lgan masofa, sm larda.  $R$ -start chizig'idan front chizig'igacha bo'lgan masofa, sm larda.

Erituvchi qog'oz bo'ylab front liniyasiga etgach, xromatografik qog'oz kameradan ehtiyotlik bilan olinadi va quritiladi. Har bir kation

uchun tegishli yuzaga chiquvchi (ochiltirgich) purkab xromatogramma olinadi.

So'ngra undan dog'ning aylanasi chizilib aylana topiladi. Aylana markazidan start chizig'igacha bo'lgan masofa lineyka yordamida o'lchanadi.

$R_f = \frac{r}{R}$ ; formuladan har bir kationning effektiv radiusi aniqlanadi. Har bir alohida ionning xromatogrammasi olinadi va quyidagicha 17.1-jadval tuziladi.

17.1-jadval

### Har bir ionning xromatogrammasini natijalari

Aniqlanadigan ion	Aniqlanayotgan ionning effektiv radiusi $R_f$
$\text{Bi}^{3+}$	
$\text{Cd}^{2+}$	
$\text{Hg}^{2+}$	
$\text{Fe}^{2+}$	
$\text{Fe}^{3+}$	
$\text{Cu}^{2+}$	
$\text{Co}^{2+}$	
$\text{Ni}^{2+}$	
$\text{Mn}^{2+}$	
$\text{Al}^{3+}$	
$\text{Pb}^{2+}$	

Kontrol aralamadan ionlarni aniqlashda, kontrol eritmaning xromatogrammasi yuqoridagi usul yordamida olinadi. Buning uchun dastlab jadvaldan foydalanib ( $R_f$  va  $R_{ma'lum}$ ) har bir kation uchun  $r$  topiladi va o'sha zonaga reagent purkaladi. Agar shu zonada izlanayotgan kation (yoki anion) bo'lsa tegishli rang hosil qiladi.

### Ionlarning atseton suvli sistemada taqsimlanishi

Kationlarning IV, V, VI - analitik guruhlarining bir-biridan ajratishda erituvchi sifatida atseton qo'llaniladi. Xromatografik qog'ozga quyidagi chiziqlar bo'yicha kationlar joylashtiriladi. Ularning taqsimlanish koeffitsientlari quyidagi tartibda bo'ladi  $\text{Bi}^{3+} \text{Hg}^{2+} \text{Cd}^{2+} \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$

$\text{Co}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+}$  yuqori zona  $\text{Bi}^{3+}$   $\text{Hg}^{2+}$   $\text{Cd}^{2+}$   $\text{Zn}^{2+}$  ionlarini o'zida tutadi. Bu ionlarni ayni erituvchida ajratish mumkin emas. Biroq quyi zona  $\text{Fe}^{3+}$ , mis, undan keyin esa kobalt, nikel, marganets ionlarining zonolari bo'ladi. Ayni tekshirilayotgan alyuminiy dog' pastida qo'rg'oshin ioni qoladi.  $\text{Pb}^{2+}$  ioni deyarli start chizig'ida qoladi.

#### Foydalaniladigan reagentlar:

- $\text{Bi}^{3+}$  ioni uchun 8-oksixinolin yoki KJ eritmasi
- $\text{Cd}^{2+}$  ioni uchun  $\text{Na}_2\text{S}$  eritmasi;
- $\text{Hg}^{2+}$  ioni uchun KJ eritmasi;
- $\text{Zn}^{2+}$  ioni uchun ditizonning  $\text{CCl}_4$  dagi eritmasi;
- $\text{Fe}^{2+}$  ioni uchun  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  eritmasi;
- $\text{Cu}^{2+}$  ioni uchun  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  eritmasi;
- $\text{Co}^{2+}$  ioni uchun  $\text{K}(\text{SCN})$  spirtli eritmasi;
- $\text{Ni}^{2+}$  ioni uchun DMG spirtli eritmasi;
- $\text{Mn}^{2+}$  ioni uchun Benzidin;
- $\text{Al}^{3+}$  ioni uchun Alizarin-S eritmasi yoki 8-oksixinolin;
- $\text{Pb}^{2+}$  ioni uchun KJ eritmasi;

## 18. Laboratoriya ishi № 6

### Statik sharoitda ionitlarning to'la almashinish sig'imini aniqlash

Ionitlarning muhim fizik-kimyoviy tavsiflaridan biri uning ion almashinish sig'imidir. Ionitlarning sig'imi deganda eritmadagi ionlarning u yoki bu miqdorini yutish (sorbsiyalash) qobiliyatidir. Uni ionitlarning ion almashinish gruppasidagi miqdori bilin aniqlanadi va miqdori kationitlar uchun ionitning  $\text{H}^+$  formasidagi, anionitlar uchun  $\text{OH}^-$  formasidagi 1g quruq ionitga to'g'ri keladigan sorbsiyalanadigan ionning mg yoki mg-ekv orqali ifodalanadi.

Ionitlarning sig'imini aniqlashning ikkita usuli mavjud:

- 1) statik almashinish sig'imi;
- 2) dinamik almashinish sig'imi;

#### Statik almashinish sig'imi

- 1) to'la almashinish sig'imi
- 2) alohida faol guruhlar bo'yicha sig'imini;
- 3) turli sharoitlardagi muvozanat sig'imlarini aniqlashda qo'llaniladi.

#### Dinamik almashinish sig'imi esa;

- 1) to'la dinamik almashinish sig'imi;
- 2) dinamik almashinish sig'imini aniqlashda qo'llaniladi.

#### Ishning bajarilishi

Ionitlar asoslar yoki kislotalar bilan titrlanishi mumkin. Bunda ionit erimaydi, ammo eritma bilan muvozanatda bo'ladi. Neytrallanishni titrlash jarayonida eritmaning pH- ini o'zgarishini o'lchash bilan kuzatish mumkin. Bunday titrlash egrisi faol guruhlar soni va pK ning qiymati haqida ma'lumot beradi.

#### Kerakli asboblari va reaktivlar.

1. o'yuvchi natriy, 0,25n eritmasi;
2. Natriy xlorid, 0,25n eritmasi
3.  $\text{H}^+$  formasidagi kation almashtirgich smola;
4. Ionomer pH- metr.

Qator kolbalarga 0,25g dan  $\text{H}^+$  formadagi quruq kationit solinadi va ustiga turli nisbatdagi natriy xlorid va natriy gidroksid solinadi.

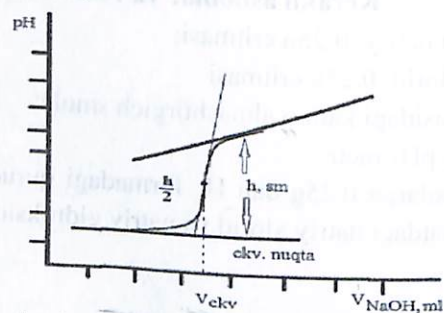
17.1-jadval

Kationitlarning titrlash egrisini tuzish uchun eritmalar seriyasini tayyorlash

№ lar	V <sub>NaCl</sub> (0,25n(ml))	V <sub>NaOH</sub> (0,25n(ml))	Muvozanatdagi eritmaning pH i
1.	50,0	-	
2.	46	4	
3.	42	8	
4.	40	10	
5.	36	14	
6.	34	16	
7.	32	18	
8.	30	20	
9.	28	22	
10.	26	24	
11.	24	26	
12.	22	28	

Kolbani eritmalar bilan 24 soatga qo'yib qo'yiladi. Muvozanat holatiga etgandan so'ng alikvot qismdagi eritmalarining pH ini pH- metrda o'lchanadi.

So'ngra olingan o'lchash natijalari asosida titrlash egrisi tuziladi. Buning uchun absissa o'qiga ishqorning miqdori (mg-ekv.da), ordinata o'qiga esa har bir o'lchashga to'g'ri keladigan pH qiymatlari qo'yiladi. Ionitlarning sig'imini titrlash sakramasiga sarflangan ishqorning miqdori bilan aniqlanadi (17.1-rasm).



17.1-rasm. Kationitni 0,25n NaOH eritmasi bilan titrlash egrisi.

## 19. KIMYOVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH FANIDAN UMUMIY NAZORAT SAVOLLARI

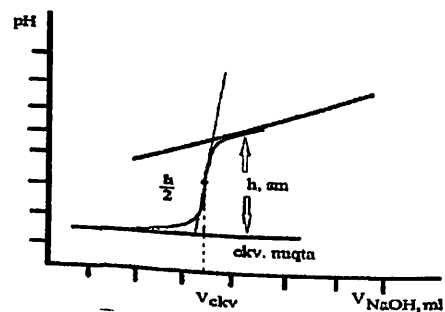
1. Ionitning to'la ion almashinish sig'imi deb nimaga aytiladi va uning ahamiyatini nimadan iborat?
2. Ionitlarning ion almashinish qobiliyati qanday tiklanadi (regeneratsiya qilinadi)? Tegishli ion almashinish reaksiyalarini yozib bering.
3. Ion almashinish doimiysi va selektivlik koeffitsienti haqida tushuncha bering.
4. Qog'oz xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.
5. Ajratish va konsentrlashning sorbsion usullari.
6. Mikrokomponentning konsentratsiyasi makrokomponentga nisbatan oshirilsa ushbu jarayon konsentrlashning qanday turlariga misol bo'ladi?
7. Konsentrlash deb nimaga aytiladi?
8. Qanday analiz obyektlari analizida matritsani bug'latmasdan mikrokomponentlarni analiz qilish mumkin?
9. Ko'p elementli analizda ko'proq qaysi ajratish va konsentrlash usulidan foydalanamiz?
10. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullariga qaysi usullar misol bo'ladi?
11. Moddalarning uchuvchanlik xossasiga asoslanib ajratib olish va konsentrlash usullariga misollar keltiring?
12. Moddalarni suvli fazada ajratish imkonini beradigan usullarni sanab bering?
13. Bir elementli aniqlashda qaysi konsentrlash turini ishlatish mumkin?
14. Kollektorlar sifatida qo'llaniladigan moddalarni misollar asosida tariflang?
15. Mikrokomponentlarni elektroajratish qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
16. Qattiq fazaning elektrokimyoviy o'zgarishiga qarab inversion voltamperometriyaning nechta varianti mavjud?
17. Elektrolitmaslar, kolloid va kam eruvchi moddalar suspenziyalaridan mikroelementlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan usulga misol keltiring va tushuntiring?
18. Qaysi elementlar oksidlarini haydash orqali ajratish mumkin?

17.1-jadval  
Kationitlarning titrlash egrisini tuzish uchun eritmalar seriyasini tayyorlash

№ lar	$V_{NaCl}(0,25n)(ml)$	$V_{NaOH}(0,25n)(ml)$	Muvozanatdagi eritmaning pH i
1.	50,0	-	
2.	46	4	
3.	42	8	
4.	40	10	
5.	36	14	
6.	34	16	
7.	32	18	
8.	30	20	
9.	28	22	
10.	26	24	
11.	24	26	
12.	22	28	

Kolbani eritmalar bilan 24 soatga qo'yib qo'yiladi. Muvozanat holatiga etgandan so'ng alikvot qismdagi eritmalarining pH ini pH- metrda o'lchanadi.

So'ngra olingan o'lchash natijalari asosida titrlash egrisi tuziladi. Buning uchun absissa o'qiga ishqorning miqdori (mg-ekv.da), ordinata o'qiga esa har bir o'lchashga to'g'ri keladigon pH qiymatlari qo'yiladi. Ionitlarning sig'imini titrlash sakramasiga sarflangan ishqorning miqdori bilan aniqlanadi (17.1-rasm).



17.1-rasm. Kationitni 0,25n NaOH eritmasi bilan titrlash egrisi.

## 19. KIMYOVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH FANIDAN UMUMIY NAZORAT SAVOLLARI

1. Ionitning to'la ion almashinish sig'imi deb nimaga aytiladi va uning ahamiyatini nimadan iborat?
2. Ionitlarning ion almashinish qobiliyati qanday tiklanadi (regeneratsiya qilinadi)? Tegishli ion almashinish reaksiyalarini yozib bering.
3. Ion almashinish doimiysi va selektivlik koeffitsienti haqida tushuncha bering.
4. Qog'oz xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.
5. Ajratish va konsentrlashning sorbsion usullari.
6. Mikrokomponentning konsentratsiyasi makrokomponentga nisbatan oshirilsa ushbu jarayon konsentrlashning qanday turlariga misol bo'ladi?
7. Konsentrlash deb nimaga aytiladi?
8. Qanday analiz obyektlari analizida matritsani bug'latmasdan mikrokomponentlarni analiz qilish mumkin?
9. Ko'p elementli analizda ko'proq qaysi ajratish va konsentrlash usulidan foydalanamiz?
10. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullariga qaysi usullar misol bo'ladi?
11. Moddalarning uchuvchanlik xossasiga asoslanib ajratib olish va konsentrlash usullariga misollar keltiring?
12. Moddalarni suvli fazada ajratish imkonini beradigan usullarni sanab bering?
13. Bir elementli aniqlashda qaysi konsentrlash turini ishlatish mumkin?
14. Kollektorlar sifatida qo'llaniladigan moddalarni misollar asosida tariflang?
15. Mikrokomponentlarni elektroajratish qanday omillarga bog'liq bo'ladi?
16. Qattiq fazaning elektrokimyoviy o'zgarishiga qarab inversion voltamperometriyaning nechta varianti mavjud?
17. Elektrolitmaslar, kolloid va kam eruvchi moddalar suspenziyalaridan mikroelementlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan usulga misol keltiring va tushuntiring?
18. Qaysi elementlar oksidlarini haydash orqali ajratish mumkin?

19. Ionogen gruppalarining tabiatiga bog'liq ravishda kation almashtirgichlarni qanday turga ajratishimiz mumkin?
20. Ionitlar asosan necha guruhga bo'linadi?
21. Filtrlash jarayoniga qanday omillar ta'sir ko'rsatmaydi?
22. Qattiq jism zarrachalarining o'lchami filtr teshikchalarining o'lchamidan kichik bo'lsa filtrlash jarayonini amalga oshirish mumkinmi?
23. Qanday usullar ko'proq organik moddalarni ajratish imkonini beradi?
24. Ion almashinish xromatografiyasida ionalmashtirgichlar qanday moddalar ta'siriga chidamli bo'lishi talab etiladi?
25. Distillyasiya jarayoni uchun taqsimlanish koeffitsienti nimaga teng?
26. Komponentlarning konsentratsiyalari bir-biridan unchalik farq qilmasa konsentrlashni amalga oshirish mumkinmi?
27. Ikkala fazada modda konsentratsiyalarining nisbati nima deb ataladi?
28. Ajratish va konsentrlashning zarurati qachon paydo bo'ladi?
29. Ekstraksiya natijasida olinadigan maxsulot nima deb ataladi?
30. Ajratish va konsentrlash, xromatografik analiz usullari nimaga asoslangan?
31. Ajratish va konsentrlashning qanday usullari bor?
32. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
33. Ajratish va konsentrlashning fizik-kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
34. Ajratish va konsentrlash analizda qanday maqsadlarni ko'zlaydi?
35. Taqsimlanish qonunining mohiyatini tushuntiring.
36. Taqsimlanish konstantasi va koeffitsienti nima va ular orasida qanday o'xshashlik va farqlar bor?
37. Chiqarib olish darajasi nima va u qanday ahamiyatga ega?
38. Ajratish va konsentrlashning samaradorligi deganda nimani tushunasiz?
39. Ajratib olish darajasi analitik kimyoda qanday ahamiyatga ega?
40. Konsentrlash koeffitsienti nima?
41. Ajratish va konsentrlash omili nima va u qanday ifodalanadi?
42. Mutlaq va nisbiy konsentrlash deganda nimalarni tushunasiz?
43. Ajratish va konsentrlashning to'laligi qanday tekshiriladi?

44. Gibrid usullar nima? Ular qanday qo'llaniladi? Gibrid usullarga misollar keltiring.
45. Xromato-mass-spektrometriya, ekstraksiya-polyarografiya deganda nimani tushunasiz?
46. Bu atamalarni tashkil etuvchi usullarning nomlari qanday ma'lumot beradi?
47. Ularning qaysi birlari ajratish, konsentrlash, topish va aniqlash vazifasini bajaradi?
48. Nima uchun halaqit beruvchi moddalarni ajratish yoki niqoblashga to'g'ri keladi?
49. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblash usullari nimaga asoslangan?
50. Niqoblashning qanday turlari bor?
51. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblashda qanday xavf tug'ilishi mumkin? Bu xavfning oldini olish uchun nima qilish kerak?
52. Komplekslash orqali niqoblashga misollar keltiring. Bunday niqoblash boshqalaridan nimasi bilan farq qiladi? Uning qanday afzallik va kamchiliklari bor?
53. Cho'ktirish orqali niqoblash qanday amalga oshiriladi? Bu usulning qanday afzallik va kamchiliklarini bilasiz?
54. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblashga misollar keltiring.
55. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblash uchun oksidlovchi yoki qaytaruvchi qanday tanlanadi?
56. Eritmaning pH qiymatini o'zgartirish orqali niqoblash nimaga asoslangan? Bu usul yordamida qanday moddalarni niqoblash mumkin?
57. Konsentratsiyasi juda kam va ko'p tarkibli moddalar aralashmasini analiz qilish uchun analiz usuli va analiz sxemasi qanday tanlanadi? Bunda ajratish va konsentrlash usullariga qanday o'rin beriladi?
58. Xromatografiyaning mohiyati nimadan iborat?
59. Xromatografiya usuli qachon va kim tomonidan fanga kiritilgan?
60. Turg'un va harakatchan fazalar qanday vazifalarni bajaradi? Ularga qanday talablar qo'yiladi?
61. Xromatografiya usullarining turlarini sanab bering.
62. Adsorbsion, taqsimlanish, ion-almashinish, cho'ktirish xromatografiyasi usullarini tavsiflang.

63. Elyuent, surib chiqarish, frontal xromatografiya usullari qanday usullar va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
64. Gaz va suyuqlik xromatografiyasi usullarining mohiyati nimalardan iborat?
65. Moddaning ushlanish vaqti va ushlanish hajmi qanday ahamiyatga ega?
66. Nazariy tarelkaga ekvivalent balandlikning mohiyati nimada?
67. Xromatografik sistemaning samaradorligi nima va u qanday omillarga bog'liq?
68. Termodinamik, diffuzion va kinetik tarqalishlarning oldini qanday olish mumkin?
69. Xromatografik sistemaning selektivligi nima va uni qanday ta'minlash mumkin?
70. Xromatografik sistemaning selektivligi bilan NTEB qiymati orasida qanday bog'lanish bor?
71. Kolonkali suyuqlik xromatografiyasining mohiyati nimada?
72. Ion-almashinish xromatografiyasining mohiyatini tushuntiring.
73. Gel xromatografiyasi usuli nimaga asoslangan va qanday moddalar analizida qo'llaniladi?
74. Kolonkali va yupqa qavatli xromatografik usullarni tavsiflang, turlarini keltiring.
75. Elektrokimyoviy ekvivalent nima? Uni qanday baholash mumkin?
76. Nima uchun moddalar o'z normal oksidlanish-qaytarilish potentsiallari qiymatlarida elektrod sirtida qaytarilmaydi?
77. Ajralish potentsiali nima?
78. Sementatsiya va distillyasiya usullarining mohiyati nimada?
79. Distillyasion reagentlar nima?
80. Rektifikatsion kolonnaning nazariy tarelkalari nima?
81. Azeotrop aralashmalar nima? Nima uchun ular toza moddalar olishga xalaqit beradi?
82. Sublimatsiya nima?
83. Flotatsion ajratish va konsentrlash nimaga asoslangan?
84. Flotatsion reagentlar nima maqsadda ishlatiladi?
85. Kristallizatsiya va zonalab suyuqlantirish usullarining mohiyatini tushuntiring.

86. Diffuzion usullar, filtrlash, dekantatsiya, sentrifugalash, sedimentatsiya, ultra-sentrifugalash, dializ va elektrodializ usullari nimaga asoslangan?
87. Ekstraksiya usuli qanday afzallik va kamchiliklarga ega?
88. Xromatografiya usulining mohiyati nimada?
89. Aniqlashning xromatografiya usuli: a) fazalarning agregat holatiga ko'ra: b) taqsimlanish mexanizmi: d) tajriba o'tkazish usullariga ko'ra sinflanishini tushuntiring.
90. Taqsimlanish va adsorbsiyalanish xromatografiyasiga xarakteristika bering.
91. Qog'oz xromatografisi usulining mohiyatini tushuntiring. Rf ning ma'nosini nima va u qanday faktorlarga bog'liq?
92. Cho'ktirish xromatografiyasini mohiyati nimadan iborat? Unda qanday adsorbentlar ishlatiladi va ularga qanday talablar qo'yilgan?
93. Ion almashinish xromatografiyasining mohiyatini tushuntiring va ishlatilish sohalariga misollar keltiring.
94. Ionitlar – qanday moddalar va ularning qanday turlarini bilasiz?
95. Ionlarning ionitlarga yutilishiga qanday faktorlar ta'sir qiladi?
96. Ion almashinish xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.

## 20. SEMINAR MASHG'ULOTLARI MAVZULARI

1. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullari
2. Ajratish va konsentrlashning elektrokimyoviy usullari.
3. Ajratish va konsentrlashning xromatografik usullari, ion almashinish xromatografiyasi.
4. Ajratish va konsentrlash, xromatografik analiz usullari.
5. Konsentrlash, ajratish, ularning ahamiyati, qo'llanilish sohalari
6. Mikroelementlarni konsentrlash turlari: absolyut va nisbiy, tanlanuvchanligi va guruh bilan ajratib olish.
7. Ajratib olish darajasi, konsentrlash koeffitsienti va ajratish koeffitsienti.
8. Konsentrlash usullarining klassifikatsiyasi, usullari bilan o'zaro bog'liqligi, aralash va gibrid analiz usullari.
9. Organik va anorganik reagentlar yordamida elementlarni ajratish.
10. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullarining mohiyati.
11. Potensial nazorat qilinadigan elektroliz.
12. Ekstraksiya elementlarni konsentrlash va ajratish usuli.
13. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy usullari.
14. Ajratishning xromatografik usullari.
15. Qog'oz xromatografiyasi
16. Ion almashinish xromatografiyasi.
17. Gaz va gaz suyuqlik xromatografiyasi.
18. Ionitlarning sig'imini aniqlash. Statik almashinish sig'imi, dinamik almashinish sig'imi.
19. Gaz xromatografik analiz xromatogrammasini rasshifrovka qilish. Uchburchak usuli, cho'qqi tagidagi maydonni hisoblash.
20. Gaz xromatografiyasining qo'llanilish imkoniyatlari.
21. Ajratish va konsentrlash, ularning mohiyati va ahamiyati, qo'llanilish sohalari, sinflanishi. Mikroelementlarni konsentrlash turlari.
22. Ajratish va konsentrlash jarayonining asosiy miqdoriy tavsiflari.
23. Aralash va gibrid analiz usullari, analizda konsentrlash usullaridan foydalaniladigan ob'ektlar.
24. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish, cho'ktirish mexanizmi, organik va anorganik cho'ktiruvchilar.
25. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullari mohiyati, o'ziga xosligi, ishlatilish sohalari, sinflanishi.

26. Ekstraksiya elementlarni ajratish va konsentrlash usuli.
27. Absolyut va nisbiy konsentrlash. Ishchi kompleks birikmalar ekstraksiyasi.
28. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy va xromatografik usullari.
29. Gaz xromatografiyasida qo'llaniladigan asboblardan ularning ishlatilish usullari.

## 21. MASALALAR

1.  $300 \text{ sm}^3$  li natriy xlorid eritmasidan  $10,0 \text{ sm}^3$  olib  $\text{H}^+$  formadagi kationitdan o'tkazildi. Ajralib chiqqan kislota  $0,15 \text{ n}$   $17,5 \text{ sm}^3$  NaOH eritmasi bilan (metiloranj) titrlandi. Eritmadagi natriy xloridning miqdori, grammlarda hisoblansin?
2. Sig'imi  $200 \text{ sm}^3$  bo'lgan kationit bilan to'ldirilgan kolonkadan umumiy qattiqligi  $7,05 \text{ mg-ekv/dm}^3$  bo'lgan suv o'tkazildi. Filtratda kalsiy ionlari hosil bo'lguncha kolonkadan o'tkazilgan suvning hajmi  $11,35 \text{ dm}^3$  ga teng bo'ldi. Kationitning ion almashinish sig'imini aniqlang?
3. Aralashma tarkibida 50% xlor bor.  $0,50 \text{ g}$  kumush xlorid olish uchun shu aralashmadan qancha olish kerak?
4.  $0,093 \text{ g}$  quritilgan alyuminiy oksixinolyat cho'kmasini hosil qilish uchun alyuminiy sulfat  $0,05 \text{ n}$  li eritmasidan necha  $\text{sm}^3$  olish kerak.
5.  $1 \text{ g}$  temir - ammoniyli achchiqtoshni eritishdan hosil bo'lgan eritmadan temirni cho'ktirish uchun ammiakning solishtirma, og'irligi  $0,99$  va tarkibida  $2,5 \%$  amiak bo'lgan eritmasidan necha  $\text{sm}^3$  olish kerak.
6. Natriy xloridning  $0,12 \text{ gr}$  namunasidan xlorid ionlarini to'la cho'ktirish uchun  $0,1 \text{ M}$  kumush nitratdan necha  $\text{sm}^3$  olish kerak.
7.  $1,00 \text{ mg}$  doriyor modda saqlagan  $100 \text{ sm}^3$  suvli eritmani  $10 \text{ sm}^3$  xloroform bilan ekstraksiyalandi. Muvozanat qaror topgandan keyin organik faza qavatida  $0,95 \text{ mg}$  doriyor modda borligi aniqlandi. Taqsimlanish koeffitsienti (D) va taqsimlanish doimiyligi (K) qiymatlarini hisoblang.
8.  $0,05 \text{ M}$  pikrin kislotasini benzol bilan uch marta ekstraksiyalaganda, ajratib olish darajasini aniqlang.  $n = V_{\text{benzol}}/V_{\text{suv}} = 1:10$ . Pikrin kislotasi benzol - suv sistemasida taqsimlanish koeffitsienti 35.
9. Hajmi  $50 \text{ sm}^3$  nikel dimetilglioksimatli eritmani  $10 \text{ sm}^3$  xloroform bilan 4 marta ekstraksiyalaganda  $R_1$  va  $R_2$  ajratib olish darajalarini hisoblang. ( $\Delta_{\text{suv}}^0 = 0,5 \text{ mol/dm}^3$ ,  $D=400$ ).
10. Tarkibida natriy sulfat bo'lgan  $2,0550 \text{ g}$  namuna  $100 \text{ sm}^3$  distillangan suvda eritildi. Eritmadan  $10,0 \text{ sm}^3$  olib  $\text{H}^+$  formadagi kation almashtirgichdan o'tkazildi. Filtratni titrlash uchun  $10,25 \text{ sm}^3$   $0,1550 \text{ M}$  natriy gidrooksid eritmasidan sarf bo'ldi. Namuna tarkibidagi natriy sulfatning  $\%$  miqdorini hisoblang.
11.  $100 \text{ sm}^3$   $0,1 \text{ n}$  vodorod xlorid eritmasiga  $5 \text{ g}$  Na-kationit qo'shildi. Muvozanat qaror topganidan keyin  $[\text{H}^+]$  konsentratsiyasi  $0,015 \text{ n}$  ga

kamaydi. Kationitning  $[\text{H}^+]$  lari uchun statik ion almashinish sig'imini hisoblang.

12. KU-2 markali  $100 \text{ sm}^3$  smola bilan to'ldirilgan kolonkadan umumiy qattiqligi  $12,4 \text{ mg-ekv/dm}^3$  bo'lgan suv o'tkazildi. Filtratda kalsiy ionlari hosil bo'lguncha kolonkadan o'tkazilgan suvning hajmi  $12 \text{ dm}^3$  ga teng bo'ldi. Smolaning ion almashinish sig'imini aniqlang.
13.  $250 \text{ sm}^3$  li kaliy xlorid eritmasidan  $10,0 \text{ sm}^3$  olib  $\text{H}^+$  formadagi kation almashtirgichdan o'tkazildi. Ajralib chiqqan kislota kolonkadan yuvib olinib,  $0,1 \text{ n}$   $12,50 \text{ sm}^3$  natriy gidrooksid eritmasi bilan titrlandi. Eritmadagi kaliy xloridning miqdori, grammlarda topilsin.
14. Tarkibida natriy nitrat bo'lgan  $2,00 \text{ g}$  namuna  $100 \text{ sm}^3$  suvda eritildi, eritmaning  $10,0 \text{ sm}^3$   $\text{H}^+$  formadagi kationit bilan to'ldirilgan kolokadan o'tkazildi. Olingan elyuent  $15,00 \text{ sm}^3$   $0,1110 \text{ M}$  natriy gidrooksid eritmasi bilan titrlandi. Namuna tarkibidagi natriy nitratning  $\%$  miqdorini hisoblang.
15. Atsetatli bufer eritma tayyorlash uchun sirka kislotaning  $0,15 \text{ n}$   $100 \text{ sm}^3$  eritmasi bilan kaliy atsetatning  $0,8 \text{ n}$   $50 \text{ sm}^3$  eritmasi aralashtirildi. Eritmaning pH qiymatini hisoblang.
16.  $1 \text{ dm}^3$  suvda  $22 \text{ g}$  chumoli kislota va  $21 \text{ g}$  kaliy formiat eritildi. Qanday eritma hosil bo'ladi. Eritmaning pH qiymati topilsin.
17.  $0,056 \text{ mol/dm}^3$  ammoniy gidrooksid va  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  ammoniy gidrooksidan iborat bufer eritmaning pH qiymati topilsin.
18. Qalay karbonatning suvda eruvchanligi  $0,0078 \text{ g/dm}^3$  ga tengligini bilgan holda uning EK qiymatini hisoblang.
19. Temir(II) gidrooksidning suvda eruvchanlik ko'paytmasi  $2,0 \cdot 10^{-10}$  ga tengligini bilgan holda uning to'yingan eritmasidagi  $\text{Fe}^{2+}$  va  $\text{OH}^-$  ionlari konsentratsiyasini hisoblang.
20. Kumush xloridning EK qiymati  $1,1 \cdot 10^{-10}$  ekanligini bilgan holda uning eruvchanligini  $\text{g/dm}^3$  va  $\text{mol/dm}^3$  da hisoblang.
21. Agar natriy xlorid bilan natriy yodid  $0,2 \text{ M}$  li eritmalari aralashmasiga asta sekin kumush nitrat eritmasi qo'shilsa qaysi modda avval cho'kmaga tushadi? ( $\text{EK}_{\text{AgCl}} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ ,  $\text{EK}_{\text{AgI}} = 1,0 \cdot 10^{-16}$ ).
22. Agar bir xil konsentratsiyali  $\text{Ba}^{2+}$  va  $\text{Sr}^{2+}$  ionlari aralashmasiga asta sekin sulfat kislota qo'shilsa, qanday modda avval cho'kmaga tushadi? Nima uchun?

23.  $50,0 \text{ sm}^3$   $0,5 \text{ M}$  kaliy xromat va  $0,005 \text{ M}$  kumush nitrat eritmalari aralashtirildi. Cho'kma hosil bo'ladimi. Javobingizni izohlang ( $EK_{Ag_2CrO_4} = 8,8 \cdot 10^{-12}$ ).

24. Qo'rg'oshin xloridning EK qiymati  $2,4 \cdot 10^{-4}$  ga teng. Uning eruvchanligini  $\text{g/dm}^3$  va  $\text{mol/dm}^3$  da hisoblang.

25.  $45 \text{ sm}^3$   $0,04 \text{ M}$  KCl va  $35 \text{ sm}^3$   $0,002 \text{ M}$  qo'rg'oshin nitrat eritmalari aralashtirildi. Cho'kma hosil bo'ladimi?

## 22. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

1. Analitik kimyoda ajratish va konsentrlash usullari.
2. Konsentrlashning asosiy turlari: absolyut konsentrlash, nisbiy konsentrlash, individual konsentrlash, taxminiy konsentrlash va ular orasidagi bog'lanish;
3. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullari
4. Ajratish va konsentrlashning elektrokimyoviy usullari.
5. Ajratish va konsentrlashning xromatografik usullari, ion almashinish xromatografiyasi.
6. Ajratish va konsentrlash, xromatografik analiz usullari.
7. Konsentrlash, ajratish, ularning ahamiyati, qo'llanilish sohalari
8. Mikroelementlarni konsentrlash turlari: absolyut va nisbiy, tanlanuvchanligi va guruh bilan ajratib olish.
9. Ajratib olish darajasi, konsentrlash koeffitsienti va ajratish koeffitsienti.
10. Konsentrlash usullarining klassifikatsiyasi, usullari bilan o'zaro bog'liqligi, aralash va gibrid analiz usullari.
11. Organik va anorganik reagentlar yordamida elementlarni ajratish.
12. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullarining mohiyati.
13. Potensial nazorat qilinadigan elektroliz.
14. Ekstraksiya elementlarni konsentrlash va ajratish usuli.
15. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy usullari.
16. Ajratishning xromatografik usullari.
17. Qog'oz xromatografiyasi
18. Ion almashinish xromatografiyasi.
19. Gaz va gaz suyuqlik xromatografiyasi.
20. Ionitlarning sig'imini aniqlash. Statik almashinish sig'imi, dinamik almashinish sig'imi.
21. Gaz xromatografik analiz xromatogrammasini rasshifrovka qilish. Uchburchak usuli, cho'qqi tagidagi maydonni hisoblash.
22. Gaz xromatografiyasining qo'llanilish imkoniyatlari.
23. Ajratish va konsentrlash, ularning mohiyati va ahamiyati, qo'llanilishi sohalari, sinflanishi. Mikroelementlarni konsentrlash turlari.
24. Ajratish va konsentrlash jarayonining asosiy miqdoriy tavsiflari.
25. Aralash va gibrid analiz usullari, analizda konsentrlash usullaridan foydalaniladigan ob'ektlar.

26. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullari.
27. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish, cho'ktirish mexanizmi, organik va anorganik cho'ktiruvchilar.
28. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullari mohiyati, o'ziga xosligi, ishlatilish sohalari, sinflanishi.
29. Ekstraksiya elementlarni ajratish va konsentrlash usuli.
30. Absolyut va nisbiy konsentrlash. Ishchi kompleks birikmalar ekstraksiyasi.
31. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy va xromatografik usullari.
32. Gaz xromatografiyasida qo'llaniladigan asboblardan biri va ularning ishlatilish usullari.

### 23. JORIY NAZORAT SAVOLLARI

1. Mikrokomponentning konsentratsiyasi makrokomponentga nisbatan oshirilsa ushbu jarayon konsentrlashning qanday turlariga misol bo'ladi?
2. Konsentrlash bu...
3. Qanday analiz ob'ektlari analizida matritsani bug'latmasdan mikrokomponentlarni analiz qilish mumkin?
4. Ko'p elementli analizda ko'proq qaysi ajratish va konsentrlash usulidan foydalanamiz?
5. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullariga qaysi usullar misol bo'ladi?
6. Moddalarning uchuvchanlik xossasiga asosan ajratib olish va konsentrlash usullari nimalardan iborat?
7. Moddalar suvli fazada ajratish imkonini beradigan usullarni sanab bering?
8. Bir elementli aniqlashda qaysi konsentrlash turini ishlatish mumkin?
9. Kollektorlar sifatida qo'llaniladigan moddalarni misollar asosida tariflang.
10. Mikrokomponentlarni elektro ajratishqanday omillarga bog'liq bo'ladi?
11. Qattiq fazaning elektrokimyoviy o'zgarishiga qarab inversion voltamperometriyaning nechta varianti mavjud?
12. Elektrolitmaslar, kolloid va kam eruvchi moddalar suspenziyalaridan mikroelementlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan usulga misol keltiring, tushuntiring.
13. Qaysi elementlar oksidlarini haydash orqali ajratish mumkin?
14. Ionogen gruppalarining tabiatiga bog'liq ravishda kation almashtirgichlar qanday turga ajratishimiz mumkin?
15. Ionlar asosan necha guruxga bo'linadi?
16. Filtrlash jarayoniga qanday omillar ta'sir ko'rsatmaydi?
17. Qattiq jism zarrachalarining o'lchami filtr teshikchalarining o'lchamidan kichik bo'lsa filtrlash jarayonini amalga oshirish mumkinmi?
18. Qanday usullar ko'proq organik moddalarni ajratish imkonini beradi?
19. Ion almashtirish xromatografiyasida ionalmashtirgichlar qanday moddlar ta'siriga chidamli bo'lishi talab etiladi?
20. Distillyasiya jarayoni uchun taqsimlanish koeffitsientini nimaga teng?
21. Komponentlarning konsentratsiyalari bir-biridan unchalik farq qilmasa konsentrlashni amalga oshirish mumkinmi?
22. Ikkala fazada modda konsentratsiyalarining nisbati nima deb ataladi?
23. Ajratish va konsentrlashning zaruriyati qachon paydo bo'ladi?
24. Ekstraksiya natijasida olinadigan maxsulot nima deb ataladi?

## 24. ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI

1. Ajratish va konsentrlash usullari nimaga asoslangan.
2. Ajratish va konsentrlashning qanday usullari bor?
3. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
4. Ajratish va konsentrlashning fizikaviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
5. Ajratish va konsentrlashning fizik-kimyoviy usullarini sanab bering va ularning mohiyatini tushuntiring.
6. Ajratish va konsentrlash analizda qanday maqsadlarni ko'zlaydi?
7. Taqsimlanish qonunining mohiyatini tushuntiring.
8. Taqsimlanish konstantasi va koeffitsienti nima va ular orasida qanday o'xshashlik va farqlar bor?
9. Ajratib olish darajasi nima va u qanday ahamiyatga ega?
10. Ajratish va konsentrlashning samaradorligi deganda nimani tushunasiz?
11. Ajratish darajasi analitik kimyoda qanday ahamiyatga ega?
12. Konsentrlash koeffitsienti nima?
13. Ajratish va konsentrlash omili nima va u qanday ifodalanadi?
14. Mutlaq va nisbiy konsentrlash deganda nimalarni tushunasiz?
15. Ajratish va konsentrlashning to'laligi qanday tekshiriladi?
16. Gibrud usullar nima? Ular qanday qo'llaniladi? Gibrud usullarga misollar keltiring.
17. Xromato-mass-spektrometriya, ekstraksion-polyarografiya deganda nimani tushunasiz?
18. Bu atamalarni tashkil etuvchi usullarning nomlari qanday ma'lumot beradi?
19. Ularning qaysi birlari ajratish, konsentrlash, topish va aniqlash vazifasini bajaradi?
20. Nima uchun halaqit beruvchi moddalarni ajratish yoki niqoblashga to'g'ri keladi?
21. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblash usullari nimaga asoslangan?
22. Niqoblashning qanday turlari bor?
23. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblashda qanday xavf tug'ilishi mumkin? Bu xavfning oldini olish uchun nima qilish kerak?

24. Komplekslash orqali niqoblashga misollar keltiring. Bunday niqoblash boshqalaridan nimasi bilan farq qiladi? Uning qanday afzallik va kamchiliklari bor?
25. Cho'ktirish orqali niqoblash qanday amalga oshiriladi? Bu usulning qanday afzallik va kamchiliklarini bilasiz?
26. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblashga misollar keltiring.
27. Tarkibiy qismning oksidlanish darajasini o'zgartirish orqali niqoblash uchun oksidlovchi yoki qaytaruvchi qanday tanlanadi?
28. Eritmaning pH qiymatini o'zgartirish orqali niqoblash nimaga asoslangan? Bu usul yordamida qanday moddalarni niqoblash mumkin?
29. Konsentratsiyasi juda kam va ko'p tarkibli moddalar aralashmasini analiz qilish uchun analiz usuli va analiz sxemasi qanday tanlanadi? Bunda ajratish va konsentrlash usullariga qanday o'rin beriladi?
30. Xromatografiyaning mohiyati nimadan iborat?
31. Xromatografiya usuli qachon va kim tomonidan fanga kiritilgan?
32. Turg'un va harakatchan fazalar nima vazifalarni bajaradi. Ularga qanday talablar qo'yiladi?
33. Xromatografiya usullarining turlarini sanab bering.
34. Adsorbsion, taqsimlanish, ion-almashinish, cho'ktirish xromatografiyasi usullarini tavsiflang.
35. Elyuent, siqib chiqarish, frontal xromatografiya usullari qanday usullar va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
36. Gaz va suyuqlik xromatografiyasi usullarining mohiyati nimalardan iborat?
37. Moddaning ushlanish vaqti va ushlanish hajmi qanday ahamiyatga ega?
38. Nazariy tarelkaga ekvivalent balandlikning mohiyati nimada?
39. Xromatografik sistemaning samaradorligi nima va u qanday omillarga bog'liq?
40. Termodinamik, diffuzion va kinetik tarqalishlarning oldini qanday olish mumkin?
41. Xromatografik sistemaning selektivligi nima va uni qanday ta'minlash mumkin?
42. Xromatografik sistemaning selektivligi bilan NTEB qiymati orasida qanday bog'lanish bor?
43. Kolonkali suyuqlik xromatografiyasining mohiyati nimada?

44. Ion-almashinish xromatografiyasining mohiyatini tushuntiring.
45. Gel xromatografiyasi usuli nimaga asoslangan va qanday moddalar analizida qo'llaniladi?
46. Kolonkali va yupqa qavatli xromatografik usullarni tavsiflang, turlarini keltiring.
47. Elektr kimyoviy ekvivalent nima? Uni qanday baholash mumkin?
48. Nima uchun moddalar o'z normal oksidlanish-qaytarilish potentsialari qiymatlarida elektrod sirtida qaytarilmaydi?
49. Ajralish potentsiali nima?
50. Sementatsiya usulining mohiyati nimada?
51. Distillyasiyaning mohiyati nimada?
52. Distillyasion reagentlar nima?
53. Rektifikatsion kolonnaning nazariy tarelkalari nima?
54. Azeotrop aralashmalar nima? Nima uchun ular toza moddalar olishga xalaqit beradi?
55. Sublimatsiya nima?
56. Flotatsion ajratish va konsentrlash nimaga asoslangan?
57. Flotatsion reagentlar nima maqsadda ishlatiladi?
58. Kristallizatsiya va zonalab suyuqlantirish usullarining mohiyatini tushuntiring.
59. Diffuzion usullar, filtrlash, dekantatsiya, sentrifugalash, sedimentatsiya, ultra-sentrifugalash, dializ va elektrodializ usullari nimaga asoslangan?
60. Ekstraksiya usuli qanday afzallik va kamchiliklarga ega.
61. Xromatografiya usulining mohiyati nimada?
62. Aniqlashning xromatografiya usuli: a) fazalarning agregat holatiga ko'ra; b) Taqsimlanish mexanizmi; c) tajriba o'tkazish usullariga ko'ra sinflanishini tushuntiring.
63. Taqsimlanish va adsorbsiyalanish xromatografiyasiga xarakteristika bering.
64. Qog'oz xromatografisi usulining mohiyatini tushuntiring.  $R_f$  ning ma'nosi nima va u qanday faktorlarga bog'liq.
65. Cho'ktirish xromatografiyasining mohiyati nimadan iborat? Unda qanday adsorbentlar ishlatiladi va ularga qanday talablar qo'yilgan?
66. Ion almashtirish xromatografiyasining mohiyatini tushuntiring va ishlatilish sohalariga misollar keltiring.
67. Ionitlar - qanday moddalar va ularning qanday turlarini bilasiz?
68. Ionlarning ionlarga yutilishiga qanday faktorlar ta'sir qiladi?

## 25. YAKUNIY NAZORAT SAVOLLARI

1. Ajratish va konsentrlash usullarining umumiy tavsifi.
2. Ajratish va konsentrlash, ahamiyati, qo'llanilish sohalari
3. Ajratish va konsentrlash usullarining sinflanishi.
4. Konsentrlash turlari.
5. Ajratish va konsentrlashning miqdoriy tavsiflari.
6. Konsentrlash usullarini tanlash.
7. Kombinatsiyalangan va gibrid usullar.
8. Ekstraksiya ajratish va konsentrlash usullari.
9. Xromatografiya usulining mohiyati.
10. Xromatografik analiz usullarining sinflanishi.
11. Xromatogrammalar olish usullari.
12. Xromatografiya usulining ochilish tarixi.
13. Ajratishning xromatografik usullarining afzallik va kamchiliklari.
14. Xromatografiyaning qo'llanilish sohalari.
15. Ion almashinish xromatografiyasining mohiyati.
16. Ion almashinish xromatografiyasida qo'llaniladigan sorbentlar.
17. Ionitlarning sig'imi.
18. Ionitlarning sinflanishi.
19. Ion almashinish xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.
20. Qog'oz xromatografiyasining mohiyati.
21. Qog'oz xromatografiyasining miqdoriy tavsiflari.
22. Qog'oz xromatografiyasida harakatchan va xarakatsiz fazalar, ochiltirgichlar.
23. Ajratish va konsentrlashning sorbsion usullari.
24. Sintetik sorbentlar yordamida sorbsiyalash.
25. Aktivlangan ko'mirda sorbsiyalash.
26. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish usullari.
27. Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirishda ishlatiladigan kollektorlar.
28. Ajratish va konsentrlashning elektrokimyoviy usullari (elektroliz, sementatsiya).
29. Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullari.
30. Xromatografik jarayonlarni amalga oshirishning asosiy usullari.
31. Ionitlarning muhim fizik-kimyoviy tavsiflari (sig'imi, ularni aniqlash).
32. Adsorbsion xromatografiya.

33. Ajratish va konsentrlashda ho'l va quruq minelarlash.
34. Gaz xromatografiyasining nazariy asoslari va asosiy parametrlari.
35. Gaz xromatografiyasidagi harakatchan va harakatsiz fazalar.
36. Gaz xromatografiyasida qo'llaniladigan asboblar.
37. Gaz xromatografiyasida qo'llaniladigan detektorlar (termokonduktometrik, alangali, ionizatsion, termoionli va boshqalar).
38. Gaz xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.
39. Ajratish effektivligining miqdoriy tavsiflari.
40. Konetsentrlash analitik siklning muhim qismi sifatida. Konsentrlashning afzallik va kamchiliklari.
41. Konsentrlash metolarining keyingi aniqlash metolari bilan uyg'unlashuvi.
42. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullari
43. Birgalashib cho'ktirishda noorganik va organik kollektorlar.
44. Elektrolizning asosiy qonunlari.
45. Xromatografik ajratishning asosiy variantlari.
46. Elektrizda konsentrlashning asosiy usullari.
47. Inversion - voltamperometriyaning asosiy variantlari.
48. Ichki elektroiz, qo'llanilish sohalari, afzallik va kamchiliklari.
49. Yupqa qavat xromatografiyasi.
50. Elyuentli va siqib chiqarish xromatografiyasi, qo'llanilish sohalari.
51. Gaz-adsorbsion va gaz-suyuqlik xromatografiyasining mohiyati nimalardan iborat?
52. Sifatiy va miqdoriy xromatografik aniqlashlar nimaga asoslangan?
53. Gaz xromatografiyasi usulida qo'llaniladigan mutlaq darajalash va ichki standartlar usullarining mohiyati nimada?
54. Cho'ktirish va birgalashib cho'kish asosida ajratish va konsentrlashning mohiyati nimada?
55. Anorganik va organik cho'ktiruvchilarning afzallik va kamchiliklari va ishlatilishiga misollar keltiring.
56. Cho'ktirish asosida moddalarni ajratish va konsentrlash qanday jarayonlarga asoslangan?
57. Nima uchun bir modda cho'kkanda ikkinchisi cho'kmaydi?
58. Cho'ktirish jarayoniga qanday omillar ta'sir etadi?
59. Kollektorlar yordamida ajratish nima va unga misollar keltiring.

60. Birgalashib cho'kish asosida ajratish va konsentrlashga misollar keltiring va ularni asoslang.
61. Elektroliz asosida ajratish va konsentrlash nimaga asoslangan?
62. Ekstraksiya usulining mohiyatini tushuntiring. Bu usul yordamida qanday muammolarni hal qilish mumkin.
63. Ekstraksiya usulida taqsimlanish koeffitsienti qanday ahamiyatga ega va unga qanday faktorlar ta'sir qiladi.
64. Ekstraksiya usulida ko'p ishlatiladigan asosiy organik erituvchilarga misollar keltiring.
65. Taqsimlanish koeffitsienti va doimiysining ma'nosini tushuntiring.
66. Ionitning to'la ion almashinish sig'imi deb nimaga aytiladi va uning ahamiyatini nimadan iborat.
67. Ionitlarning ion almashtirish qobiliyati qanday tiklanadi (regeneratsiya qilinadi). Tegishli ion almashtirish reaksiyalarini yozib bering.
68. Ion almashinish doimiysi va selektivlik koeffitsienti haqida tushuncha bering.
69. Qog'oz xromatografiyasining qo'llanilish sohalari.
70. Ajratish va konsentrlashning sorbsion usullari.

## 26. TEST SAVOLLARI

1. Mikrokomponentning konsentratsiyasi makrokomponentga nisbatan oshirilsa, ushbu jarayon konsentrlashning qaysi turi hisoblanadi?
  - A) Absolyut konsentrlash
  - B) Nisbiy konsentrlash
  - D) Individual konsentrlash
  - E) Taxminiy konsentrlash.
2. Konsentrlash-bu....
  - A) Moddani ajratish jarayoni
  - B) Mikrokomponent miqdorini makrokomponentga nisbatan ko'paytirish
  - D) Mikrokomponent miqdorini makrokomponentga nisbatan oshirish.
  - E) Faqatgina makrokomponentlarni ajratishga qaratilgan jarayon.
3. Qo'yidagi analiz ob'ektlarning qaysi birida matritsani bug'latib makrokomponentlarni analiz qilish mumkin?
  - A) Suv
  - B) Tuproq
  - D) Havo
  - E) O'simliklar
4. Ko'p elementli analizda ko'proq qaysi ajratish va konsentrlash usulidan foydalanamiz?
  - A) Individual
  - B) Guruhli
  - D) Nisbiy
  - E) Absolyut.
5. Ajratish va konsentrlashning kimyoviy usullari qatorini toping?
  - A) Distilyasiya, filtrlash
  - B) Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish
  - D) Sedimentatsiya, ultratsentrifugalash
  - E) Dializ, xromatografiya.
6. Moddalarning uchuvchanlik xossasiga asoslanib ajratib olish va konsentrlash usullarini toping?
  - A) Xaydash, distilyasiya
  - B) Sublimatsiya, sedimentatsiya
  - D) Ekstraksiya, xromatografiya
  - E) Dializ, filtrlash.

7. Moddalarni suvli fazada ajratish imkonini beradigan usullarni ko'rsating?
  - A) Distilyasiya, sublimatsiya
  - B) Elektroforez, elektrodializ
  - D) Filtrlash, gelfiltratsiya
  - E) Sedimentatsiya.
8. Bir elementli aniqlashda qaysi konsentrlash turini ishlatish mumkin?
  - A) Individual
  - B) Nisbiy
  - D) Absolyut
  - E) Guruhli.
9. Kollektorlash sifatida qo'llaniladigan moddalarni ko'rsating.
  - A) Kislotalar
  - B) Ishqorlar
  - D) Oksidlar va sulfidlar
  - E) Gazlar.
10. Mikrokomponentlarni elektroajratish qo'yidagilardan qaysilariga bog'liq bo'ladi?
  - A) Elektroliz sharoitiga
  - B) Elektroliz vaqti va elektroliz sharoitiga
  - D) Mikroelementlarning tabiati va konsentratsiyasiga
  - E) Elektroliz sharoiti, elektroliz vaqti, mikroelementlarning tabiati va konsentratsiyasiga.
11. Qattiq fazaning elektrokimyoviy o'zgarishiga qarab inversion voltamperometriyaning nechta varianti mavjud?
  - A) 1
  - B) 2
  - D) 3
  - E) 5.
12. Elektrolitmaslar, kolloid va kam eruvchi moddalar suspenziyalardan mikroelementlarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan usulni ko'rsating?
  - A) Sementatsiya
  - B) Polyarografiya
  - D) Elektroliz
  - E) Elektrodializ.

13. Quyidagi qaysi elementlar oksidlarini haydash orqali ajratish mumkin?  
 A)  $Al_2O_3$ ,  $BeO$   
 B)  $Fe_2O_3$ ,  $MnO_2$   
 D)  $As_2O_3$ ,  $OsO_4$   
 E)  $ZnO$ ,  $CaO$ .
14. Ionogen gruppalarining tabiatiga bog'liq ravishda kation almashtirgichlar qanday turga ajratiladi?  
 A) Kuchli ishqoriy  
 B) Kuchsiz ishqoriy  
 D) Kuchli kislotali  
 E) Kuchli kislotali va kuchsiz kislotali.
15. Bir xil zaryadli ionlar uchun quyidagi qatorda almashinishga moyillik gidratlangan ionlar radiusining kamayishi bilan qanday o'zgaradi?  
 $Al^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Na^+$
- 
- A) Ortadi  
 B) Kamayadi  
 D) Avval ortib, so'ng kamayadi  
 E) O'zgarmaydi.
16. Ionitlar asosan necha guruhga bo'linadi?  
 A) 2 guruh: Anorganik va organik  
 B) 2 guruh: tabiiy va sintetik  
 D) 2 guruh: almashtiruvchi va almashinuvchi  
 E) 3 guruh: Anorganik, organik va sintetik.
17. Filtrlash jarayoniga quyidagi omillardan qaysi biri ta'sir ko'rsatmaydi?  
 A) Qovushqoqlik  
 B) Temperatura  
 D) Bosim  
 E) To'g'ri javob yo'q.
18. Qattiq jism zarrachalarining o'lchami filtr teshikchalarining o'lchamidan kichik bo'lsa, filtrlash jarayonini amalga oshirish mumkinmi?  
 A) Ha  
 B) Yo'q  
 D) Qattiq jismlarni umuman filtrlab bo'lmaydi  
 E) Qisman filtrlash mumkin.

19. Berilgan usullardan qaysi biri ko'proq organik moddalarni ajratish imkonini beradi?

- A) Xromatografiya  
 B) Inversion voltamperometriya  
 D) Anod inversion voltamperometriya  
 E) Cho'ktirish usuli, elektroliz.
20. Ion almashtirish xromatografiyasida ionalmashtirgichlar qanday moddalar ta'siriga chidamli bo'lishi talab etiladi?  
 A) Kislotalar  
 B) Ishqorlar  
 D) Tuzlar  
 E) Kislotalar va ishqorlar.
21. Distillyasiya jarayoni uchun taqsimlanish koeffitsientini ifodalang?  
 A)  $D = \frac{1}{2} \left( \frac{x}{1-x} \right) / \left( \frac{y}{1-y} \right)$ ;  
 B)  $R = \frac{Q_{II}}{Q_{II} + Q_I}$ ;  
 D)  $\alpha_{A/B} = \frac{D_A}{D_B}$ ;  
 E)  $D = \frac{C_{II}}{C_I}$ .
22. Komponentlarning konsentratsiyalari bir-biridan unchalik farq qilmasa konsentrlashni amalga oshirish mumkinimi?  
 A) Ha  
 B) Yo'q  
 D) Qisman o'tkazish mumkin  
 E) Faqat mikrokomponentlarni konsentrlash mumkin.
23. Ikkala fazada modda konsentratsiyalarining nisbati nima deb ataladi?  
 A) Ajratish koeffitsienti  
 B) Ajratish darajasi  
 D) Taqsimlanish koeffitsienti  
 E) Konsentrlash koeffitsienti.
24. Ajratish va konsentrlashning zaruriyati qachon paydo bo'ladi?  
 A) Agar namuna aniqlashga xalaqit beruvchi komponentlar tutsa  
 B) Aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasi aniqlash chegarasidan pastda bo'lsa

- D) Aniqlanadigan komponentlar namunada juda kam bo'lsa, yoki standartlar bo'lmasa  
E) Hamma javoblar to'g'ri.
25. Ekstraksiya natijasida olinadigan mahsulot nima deb ataladi?  
A) Reekstrakt  
B) Ekstrakt  
D) Ekstragent  
E) Reekstragent.
26. Elektrogravimetriya deb nimaga aytiladi?  
A) Amperometrik analiz usuli hosilasiga;  
B) Fizikaviy analiz usulining turiga;  
D) Potensiometrik analiz usuli turlaridan biriga;  
E) Modda massasining aniqlaydigan elektrokimyoviy usulga.
27. Inversion voltamperometriya deb nimaga aytiladi?  
A) To'g'ri polyarografiyaga;  
B) To'g'ri voltamperometriyaga;  
D) Metallarni dastlab elektrodda konsentrlash va so'ngra eritish bilan konsentrsiyalarini aniqlash usuli;  
E) Metall ionlari konsentrsiyalarini, ularning oksidlanish yoki qaytarilish toki yordamida aniqlash usuli.
28. Mikroelement yoki mikrokomponentning miqdoriy tarkibi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?  
A)  $C = 10^{-2}\%$ ;  
B)  $C > 10^{-2}\%$ ;  
D)  $C < 10^{-2}\%$ ;  
E)  $C < 10^{-4}\%$ ;
29. Kation almashtirgichlar o'zida qanday gruppalarni tutadi?  
A) R-SO<sub>4</sub>-H, R-COOH, R-HCOOH  
B) R-OH, R-COOH, R-SO<sub>3</sub>-H  
D) A<sub>2</sub>NH; A-NH<sub>2</sub>, R-COOH  
E) - A-N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, R-SO<sub>3</sub>H.
30. Bir xil zaryadli ionlar uchun almashinishga moyillik qanday hollarda ortadi?  
A) Gidratlangan ionlar radiusining ortishi bilan  
B) Radiusga bog'liq bo'lmagan holda;

- D) Gidratlangan ionlar radiusining ortishi bilan;  
E) Barcha javoblar to'g'ri.
31. Taqsimlanish koeffitsienti qanday omillarga bog'liq bo'ladi?  
A) Suvli eritma pH iga;  
B) Ekstraksiyalanadigan modda konsentrsiyasiga;  
D) Faqat ekstraksion reagentga;  
E) Ekstraksiyalanadigan reagentga, suvli fazaning pH iga va ekstraksiyalanadigan modda konsentrsiyasiga.
32. Fizikaviy ajratish va konsentrlashda, asosan qanday usullardan foydalaniladi?  
A) Kristallanish, haydash, distilyasiya, sublimatlash, filtrlash, muzlatish;  
B) Filtratsiya, xromatografiya, distilyasiya, vozgonka;  
D) Elektroliz, xromatografiya, ekstraksiya;  
E) Cho'ktirish va birgalashib cho'ktirish, sementatsiya.
33. Agregatlanish tezligi nima?  
A) Cho'kmaga tushayotgan zarrachalarning tartib bilan joylashish tezligi;  
B) Begona ionlarning cho'kmaning sathiga joylashish tezligi;  
D) O'lchamlari bir-biriga yaqin bo'lgan ionlarning birgalikda cho'kish tezligi;  
E) Cho'kmaga tushayotgan zarrachalarning betartib holda cho'kmaga tushish tezligi.
34. Orientatsiya tezligi nima?  
A) Modda cho'ktirilayotganda zarrachalarning betartib holda cho'kmaga tushish tezligi;  
B) Cho'kmaning tushish jarayonida kristall panjara orasidagi bo'shliqlarga begona ionlarning kirib kelish tezligi;  
D) Cho'kmaga tushayotgan zarrachalarning tartib bilan joylashish tezligi;  
E) Cho'kmani eritmada hosil bo'lish tezligi.
35. Ajratish va konsentrlash usullari asosan qaysi ob'ektlar analizida qo'llaniladi?  
A) Qotishmalarda;  
B) Geologik ob'ektlarda;  
D) Atrof-muhit ob'ektlarida;  
E) Barcha javoblar to'g'ri.
36. Taqsimlanish koeffitsienti qanday omillarga bog'liq bo'ladi?

- A) Taqsimlanish koeffitsienti doimiy kattalik bo'lib, tajriba sharoitiga bog'liq emas;
- B) Faqat taqsimlanish konstantasiga bog'liq bo'ladi;
- D) Taqsimlanish koeffitsienti doimiy kattalik emas, u tajriba sharoitiga va taqsimlanish konstantasiga bog'liq bo'ladi;
- E) Tajriba sharoitiga bog'liq, ammo taqsimlanish konstantasiga bog'liq emas;

37. Taqsimlanish konstantasi qanday omillarga bog'liq bo'ladi?

- A) Tajriba sharoitiga va taqsimlanish koeffitsientiga bog'liq bo'ladi;
- B) Faqat taqsimlanish koeffitsientiga bog'liq, tajriba sharoitiga esa bog'liq emas;
- D) eritmaning xarorati va ion kuchiga bog'liq bo'ladi;
- E) Taqsimlanish konstantasi suv bilan aralashmaydigan har bir organik erituvchi uchun doimiy kattalik bo'lib, eritmaning ion kuchiga bog'liq bo'ladi, eritma haroratiga esa bog'liq emas;

38. Eritma pH ning qiymati bir birlikga ortganda uch zaryadli metall-ioni ( $Me^+$ )ning taqsimlanish koeffitsienti necha marta ortadi?

- A) 1000 marta;
- B) 10 marta;
- D) 100 marta;
- E) 300 marta.

39. Ekstraksiyada bosqichli kompleks hosil bo'lish jarayoni taqsimlanish koeffitsientiga ta'sir etadimi?

- A) Taqsimlanish koeffitsientini sezilarli darajada kamaytiradi;
- B) Taqsimlanish koeffitsientini sezilarli darajada oshiradi;
- D) Taqsimlanish koeffitsientiga ta'sir etmaydi;
- E) Dastlab oshiradi, so'ngra kamaytiradi.

40. Reagent konsentratsiyasini 10 marta oshirilsa pH yarim ekstraksiyasi ( $pH_{50}$ ) qiymati qanchaga o'zgaradi?

- A) 10 martaga kamayadi;
- B) 1 birlikga kamayadi;
- D) 1 birlikga ortadi;
- E) 10 martaga ortadi.

41. Ekstraksiya konstantasi qanday omillarga bog'liq?

- A) Reagent va kompleks birikmaning taqsimlanish konstantalariga;

B) Reagent va kompleks birikmaning taqsimlanish konstantalari, hamda kompleks birikmaning barqarorlik konstantasiga bog'liq;

D) Reagent va kompleks birikmaning taqsimlanish konstantalari, reagentning dissotsialanish konstantasi va kompleks birikmaning barqarorlik konstantasiga bog'liq;

E) Reagentning dissotsialanish konstantasi va kompleks birikmaning barqarorlik konstantasiga bog'liq, ammo reagent va kompleksning taqsimlanish konstantasiga bog'liq emas;

42. Eritma xaroratining ortishi taqsimlanish koeffitsientiga qanday ta'sir etadi?

- A) Taqsimlanish koeffitsienti ortadi;
- B) Taqsimlanish koeffitsienti kamayadi;
- D) Taqsimlanish koeffitsienti o'zgarmaydi;
- E) Taqsimlanish koeffitsienti yoki ortishi, yoki kamayishi mumkin. Bu ekstragentning tabiatiga bog'liq bo'ladi;

43. Ekstraksiyada sinergetik effekt deb nimaga aytiladi?

- A) Bu ekstragentning ekstraksion xossasining kamayishidir;
- B) Erituvchi ta'sirida metall-ionning taqsimlanish koeffitsientining kamayishidir;
- D) Har bir alohida olingan erituvchining ekstraksion qobiliyatiga nisbatan erituvchilar aralashmasi ekstraksion qobiliyatining ortishiga;
- E) Har bir alohida olingan erituvchining ekstraksion qobiliyatiga nisbatan erituvchilar aralashmasi ekstraksion qobiliyatining kamayishiga;

44. Fazalar siljish usuli bo'yicha klassifikatsiyalanadigan xromatografik usullar qatorini ko'rsating?

- A) Gaz xromatografiyasi, gaz-suyuqlik xromatografiyasi, taqsimlanish xromatografiyasi;
- B) Elyuentli va frontal xromatografiyalar;
- D) Gaz xromatografiyasi, gaz-suyuqlik xromatografiyasi, elyuentli xromatografiyalar;
- E) Suyuqlik, elyuentli va frontal xromatografiyalar.

45. Quyida keltirilgan xromatografik usullardan qaysi biri yordamida aralashma komponentlarini amaliy jixatidan to'la ajratish mumkin?

- A) Frontal xromatografiya;
- B) Elyuent xromatografiya;

- D) Siqib chiqarish va frontal xromatografiyasi;  
E) Elyuentli va frontal xromatografiyalar.
46. Agar gruppali konsentrlashda matritsa-kollektor sifatida ko'mir kukuni ishlatilgan bo'lsa, u holda unga eng mos keladigan aniqlash usulini ko'rsating.
- A) Atom-absorbsion;  
B) Spektrofotometrik;  
D) Gravimetrik;  
E) Emission-spektral;
47. Qanday kationlashtirgichlar o'z protonlarini kislotali, neytral va ishqoriy muhitlarda eritma kationlariga almashtira oladi?
- A) Kuchli kislotali kation almashtirgichlar;  
B) Kuchsiz kislotali kation almashtirgichlar;  
D) Kuchli kislotali va kuchsiz kislotali kation almashtirgichlar;  
E) Tarkibida ham kationalmashtirgich, ham anionalmashtirgich gruppalar tutgan smolalar.
48. Qanday anionalmashtirgichlar o'z qarama-qarshi ionlarini faqat kislotali, neytral va kuchsiz ishqoriy muhitlarda harakatchan faza anionlariga almashtira oladi?
- A) Kuchli asosli anionalmashtirgichlar;  
B) Kuchsiz asosli anionalmashtirgichlar;  
D) Kuchli asosli va kuchsiz asosli anionalmashtirgichlar;  
E) Tarkibida ham kationalmashtirgich, ham anionalmashtirgich gruppalar tutgan smolalar.
49. Kationitda qanday kationlar to'laroq va birinchi navbatda ushlanib qoladi?
- A) Ko'p zaryadli va kichik radiusli kationlar;  
B) Ko'p zaryadli va katta radiusli kationlar;  
D) Kichik zaryadli va kichik radiusli kationlar;  
E) Kichik zaryadli va katta radiusli kationlar.
50. Bir xil zaryadli va o'lchamlari bir-biriga yaqin bo'lgan kationlar aralashmasini ionalmashinish xromatografiyasi yordamida ajratish mumkinmi?
- A) Mumkin, agarda element sifatida ionlardan biri uchun ligand xossasini namoyon qiladigan reagentdan foydalanilsa;

- B) Mumkin, agar elyuent sifatida turli konsentratsiyali kislotadan foydalanilsa;  
D) Agar elyuent sifatida har bir ion uchun alohida xossasini namoyon qiladigan reagentlardan foydalanish imkoni bo'lsa, u holda ularni ketma-ket qo'llash orqali har bir ionni ajratish mumkin;  
E) Mumkin emas.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Москвин Л.Н., Родинков О.В. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Учебник // - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 348 с.
2. Сальникова Е.В., Мурсалимова М.Л., Стряпков А.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов. Учебное пособие // Сальникова Е.В., Мурсалимова М.Л., Стряпков А.В. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 157 с.
3. Отто М. Современные методы аналитической химии. Учебник // Пер. с нем. Под ред Гармаша А.В. Изд. 3-е, дополн. М.: Техносфера. - 2018. - 544 с.
4. Turabov N.T. Analitik kimyo. Darslik // Toshkent. "Go To Print" nashriyoti, 2020 y, 21, 86 b.t., 376 b.
5. O.Fayzullaev Analitik kimyo. Darslik // "Yangi asr avlodi", -2006. -448 b
6. Шеховцова Т.Н. и др. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. Учебник // Под ред. Золотова Ю.А., 2-ое изд. испр: Высшая школа. -2004. - 411 с.
7. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Золотов Ю.А., Шеховцовой Т.Н., Осколька К.В. М: Лаборатория знаний. - 2017. - 462 с.
8. Золотов Ю.А. Очерки истории аналитической химии. М.: Техносфера. - 2018. - 262 с.
9. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть II. М., Высшая школа 1989.
10. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А.; под ред. Васильева В.П. Аналитическая химия. сб. вопросов, упражнений и задач. Учебное пособие // - 4-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2006. - 318 с.
11. Leonard N. Moskvin. Classification of separation methods // Journal Separation & Purification Reviews. 2014. P. 1-27. <https://doi.org/10.1080/15422119.2014.897235>.
12. Gurdeep R. Chatwal. Analytical Chromatography. Himalaya Publishing House, 2006. P.189.

13. Mark F. Vitha. Chromatography: Principles and Instrumentation. 2016. P. 280.
14. Основы аналитической химии. Учебник по химическим направлениям // В 2. Т. Под ред. Золотова Ю.А. 6-е изд., перераб. и дополн. М.: Академия. - Т.1. (Большова Т.А., Брыкина Г.Д., Гармаш А.В. и др.) - 390 с. -Т.2 (Барбалат Н.В., Золотова Ю.А., Борезенко А.Г. и др.). - 409 с. - 2014.
15. Кристиан Г. Аналитическая химия, М. Бином. Учебник // В двух томах, -Т 2, -2011. - 504 с.
16. Donald Skoog, M. West. Fundamentals of Analytical Chemistry Brouks. Cole. Cengage, -2014. - 796 pg.
17. F.James Holler, Stanley R.Crouch. Fundamentals of analytical chemistry Copyright 2013. Cengage Learning. - 1090 pg.
18. David Harvey. Modern Analytical Chemistry, 1st Edition-north America. -2000. - 798 pg.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Москвин Л.Н., Родинков О.В. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Учебник // - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 348 с.
2. Сальникова Е.В., Мурсалимова М.Л., Стряпков А.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов. Учебное пособие // Сальникова Е.В., Мурсалимова М.Л., Стряпков А.В. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 157 с.
3. Отто М. Современные методы аналитической химии. Учебник // Пер. с нем. Под ред Гармаша А.В. Изд. 3-е, дополн. М.: Техносфера. - 2018. - 544 с.
4. Turabov N.T. Analitik kimyo. Darslik // Toshkent. "Go To Print" nashriyoti, 2020 y, 21, 86 b.t., 376 b.
5. O.Fayzullaev Analitik kimyo. Darslik // "Yangi asr avlodlari", -2006. -448 b
6. Шеховцова Т.Н. и др. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. Учебник // Под ред. Золотова Ю.А., 2-ое изд. испр: Высшая школа. -2004. - 411 с.
7. Основы аналитической химии. Практическое руководство. Под ред. Золотов Ю.А., Шеховцовой Т.Н., Осколька К.В. М: Лаборатория знаний. - 2017. - 462 с.
8. Золотов Ю.А. Очерки истории аналитической химии. М.: Техносфера. - 2018. - 262 с.
9. Васильев В.П. Аналитическая химия. Часть II. М., Высшая школа 1989.
10. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А.; под ред. Васильева В.П. Аналитическая химия. сб. вопросов, упражнений и задач. Учебное пособие // - 4-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2006. - 318 с.
11. Leonard N. Moskvina. Classification of separation methods // Journal Separation & Purification Reviews. 2014. P. 1-27. <https://doi.org/10.1080/15422119.2014.897235>.
12. Gurdeep R. Chatwal. Analytical Chromatography. Himalaya Publishing House, 2006. P.189.

13. Mark F. Vitha. Chromatography: Principles and Instrumentation. 2016. P. 280.
14. Основы аналитической химии. Учебник по химическим направлениям // В 2. Т. Под ред. Золотова Ю.А. 6-е изд., перераб. и дополн. М.: Академия. - Т.1. (Большова Т.А., Брыкина Г.Д., Гармаш А.В. и др.) - 390 с. -Т.2 (Барбалат Н.В., Золотова Ю.А., Борезенко А.Г. и др.). - 409 с. - 2014.
15. Кристиан Г. Аналитическая химия, М. Бином. Учебник // В двух томах, -Т 2, -2011. - 504 с.
16. Donald Ckoog, M. West. Fundamentals of Analytical Chemistry Brouks. Cole. Cengage, -2014. - 796 pg.
17. F.James Holler, Stanley R.Crouch. Fundamentals of analytical chemistry Copyright 2013. Cengage Learning. - 1090 pg.
18. David Harvey. Modern Analytical Chemistry, 1st Edition-north America. -2000. - 798 pg.

## MUNDARIJA

<b>SO'Z BOSHI</b> .....	3
<b>1. KIRISH. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI</b> ...	5
1.1. Ajratish va konsentrlash usullarining umumiy tavsifi.....	5
1.2. Ajratish va konsentrlash usullarining tasnifi.....	7
1.3. Ajratish va konsentrlash usullarining asosiy tushunchalari.....	10
1.4. Ajratish va konsentrlash jarayonlarining asosiy miqdoriy tavsiflari.....	12
1.5. Xalaqit beruvchi moddalarni niqoblash.....	16
1.6. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	18
<b>2. AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARINING KLASSIFIKATSIYASI VA TANLASH MEZONI</b> .....	20
2.1. Ajratish va konsentrlash usullarining klassifikatsiyasi.....	20
2.2. Ajratish va konsentrlash usullari qo'llaniladigan asosiy obyektlar.....	21
2.3. Ajratish va konsentrlash usullarining aniqlash usullari bilan o'zaro bog'liqligi.....	21
2.4. Ajratish va konsentrlash usullarini mezoni.....	23
2.5. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	23
<b>3. AJRATISH VA KONSENTRLASHNING KIMYOVIY USULLARI. KISLOTALIGI NAZORAT QILINADIGAN AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI</b> .....	24
3.1. Cho'ktiruvchi va birgalashib cho'ktirish usullari.....	24
3.2. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	26
<b>4. SORBSIYA</b> .....	27
4.1. Sorbsiya konsentrlash usuli sifatida, sorbsiyaning o'ziga xosligi.....	27
4.2. Aktivlangan ko'mirdagi sorbsiya.....	31
4.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	34
<b>5. FIZIKAVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH USULLARI</b> .....	35
5.1. Fizikaviy ajratish va konsentrlash usullari. Ularning amaliyotda qo'llanilishi.....	35
5.2. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	39

<b>6. AJRATISH VA KONSENTRLASHNING ELEKTRO-KIMYOVIY USULLARI</b> .....	41
6.1. Elektrokimyoviy ajratish va konsentrlash usullari.....	41
6.2. Inversion voltamperometriya va ularning turlari.....	42
6.3. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	47
<b>7. EKSTRAKSIYA</b> .....	48
7.1. Ekstraksiya-elementlarni ajratish va konsentrlash usuli.....	48
7.2. Ekstraksiyon jarayonlarning turlari.....	48
7.3. Ekstraksiyon usullarining umumiy tavsiflari.....	52
7.4. Ekstraksiyanuvchi moddalarning turlari.....	54
7.5. Ekstraksiya jarayoning qonuniyatlari.....	55
7.6. Ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasini elementlar identifikatsiyasi va aniqlash usullari bilan bog'lash.....	58
7.7. Ekstraksiyon fotometrik usullar.....	59
7.8. Ekstraksiyon-fluorimetrik aniqlash usuli.....	60
7.9. Kilota va asoslar ekstraksiyasi.....	60
7.10. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar va masalalar.....	61
<b>8. ICHKI KOMPLEKS BIRIKMALARNING ASOSIY TURLARI</b> .....	63
8.1. Organik analitik reagentlar.....	63
8.2. Ichki kompleks birikmalar.....	72
8.3. Koordinatsion to'yingan elektroneytral ichki kompleks birikmalar ekstraksiyasi.....	74
8.4. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	77
<b>9. EKSTRAKSION MUVOZANATGA TURLI OMILLAR TA'SIRI</b> .....	78
9.1. Ekstraksiyon muhitga suvli faza pH ning ta'siri.....	78
9.2. Ekstraksiyon muvozanatga turli omillar ta'siri.....	81
9.3. Ekstraksiyon muhitga reagent konsentratsiyasining ta'siri.....	82
9.4. Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	82
<b>10. AJRATISH VA KONSENTRLASHNING XROMATOGRAFIK USULLARI</b> .....	83
10.1. Xromatografiyaning nazariy asoslari.....	83
10.2. Xromatografik jarayonlarning asosiy qoidalari.....	84
10.3. Xromatografik usullarning sinflanishi.....	87

10.4.	Frontal xromatografiya usuli.....	90
10.5.	Siqib chiqarish xromatografiyasi.....	94
10.6.	Kolonkali suyuqlik xromatografiyasi.....	95
10.7.	Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	96
<b>11.</b>	<b>ION ALMASHINISH XROMATOGRAFIYASI.....</b>	<b>98</b>
11.1.	Ion almashinish xromatografiyasi usullari.....	98
11.2.	Ion almashtirgichlarning almashinish sig'imi.....	102
11.3.	Ionalmashinish xromatografiyasining analitik kimyoda qo'llanilishi.....	103
11.4.	Xromatografik tavsiflar.....	104
11.5.	Nazariy tarelkalar konsepsiyasi.....	106
11.6.	Xromatografiyada kinetik nazariya.....	108
11.7.	Xromatografiyada sifat va miqdoriy analiz.....	110
11.8.	Xromatografiyada analitik signalni qayd qilish.....	111
11.9.	Gel-xromatografiya.....	113
11.10	Yupqa qavatli xromatografiya.....	113
11.11.	Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	114
<b>12.</b>	<b>GAZ VA GAZ SUYUQLIK XROMATOGRAFIYASI.....</b>	<b>116</b>
12.1.	Gaz xromatografiyasi nazaryasining nazariy asoslari va asosiy parametrlari.....	116
12.2.	Gaz xromatografiyasida sifatli tahlil.....	117
12.3.	Gaz xromatografiyasida miqdoriy analiz.....	118
12.4.	Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.....	120
<b>13.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 1. Ferroinni yod ionlari bilan ion assotsiatning tarkibi va barqarorlik konstantasini aniqlash.....</b>	<b>121</b>
<b>14.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 2. Dietilditiokarbaminatlar yordamida metallarni ekstraksiya-fotometrik aniqlash.....</b>	<b>126</b>
<b>15.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 3. Cu(II) ionini natriy dietilditiokarbaminat yordamida ekstraksiya-fotometrik aniqlash.....</b>	<b>127</b>
<b>16.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 4. Qo'rg'oshin dietilditiokarbaminati yordamida almashinish ekstraksiyasi asosida Cu(II) ionini ekstraksiya fotometrik aniqlash.....</b>	<b>129</b>
<b>17.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 5. Xromatografik usul bilan ba'zi bir metall ionlarini ochish va ajratish.....</b>	<b>131</b>

<b>18.</b>	<b>LABORATORIYA ISHI № 6. Statik sharoitda ionitlarning to'la almashinish sig'imini aniqlash.....</b>	<b>135</b>
<b>19.</b>	<b>KIMYOVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH FANIDAN UMUMIY NAZORAT SAVOLLARI.....</b>	<b>137</b>
<b>20.</b>	<b>SEMINAR MASHG'ULOTLARI MAVZULARI.....</b>	<b>142</b>
<b>21.</b>	<b>MASALALAR.....</b>	<b>144</b>
<b>22.</b>	<b>MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI.....</b>	<b>147</b>
<b>23.</b>	<b>JORIY NAZORAT SAVOLLARI.....</b>	<b>149</b>
<b>24.</b>	<b>ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI.....</b>	<b>150</b>
<b>25.</b>	<b>YAKUNIY NAZORAT SAVOLLARI.....</b>	<b>153</b>
<b>26.</b>	<b>TEST SAVOLLARI.....</b>	<b>156</b>
	<b>ADABIYOTLAR RO'YXATI.....</b>	<b>166</b>

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>1.</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ</b> .....	5
1.1.	Общая характеристика методов разделения и концентрирования.....	5
1.2.	Классификация методов разделения и концентрирования.....	7
1.3.	Основные понятия методов разделения и концентрирования.....	10
1.4.	Основные количественные характеристики процессов разделения и концентрирования.....	12
1.5.	Маскировка мешающих веществ.....	16
1.6.	Вопросы для закрепления темы.....	18
<b>2.</b>	<b>КЛАССИФИКАЦИЯ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ</b> .....	20
2.1.	Классификация методов разделения и концентрирования.....	20
2.2.	Основные объекты, применяемые методы разделения и концентрации.....	21
2.3.	Взаимосвязь методов разделения и концентрации с методами определения.....	21
2.4.	Критерий методов разделения и концентрирования.....	23
2.5.	Вопросы для закрепления темы.....	23
<b>3.</b>	<b>ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ С КОНТРОЛЕМ КИСЛОТНОСТИ</b> .....	24
3.1.	Метод осаждения и соосаждения.....	24
3.2.	Вопросы для закрепления темы.....	26
<b>4.</b>	<b>СОРБЦИЯ</b> .....	27
4.1.	Сорбция как метод концентрирования, своеобразие сорбции.....	27
4.2.	Сорбция на активированном углерод.....	31
4.3.	Вопросы для закрепления темы.....	34

<b>5.</b>	<b>ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ</b> .....	35
5.1.	Физические методы разделения и концентрирования. Применение их на практике.....	35
5.2.	Вопросы для закрепления темы.....	39
<b>6.</b>	<b>ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ</b> .....	41
6.1.	Электрохимические методы разделения и концентрирования.....	41
6.2.	Инверсионная вольтамперометрия и их виды.....	42
6.3.	Вопросы для закрепления темы.....	47
<b>7.</b>	<b>ЭКСТРАКЦИЯ</b> .....	48
7.1.	Экстракция-метод разделения и концентрации элементов.....	48
7.2.	Виды экстракционных процессов.....	48
7.3.	Общая характеристика методов экстракции.....	52
7.4.	Виды экстрагируемых веществ.....	54
7.5.	Закономерности процесса экстракции.....	55
7.6.	Связь экстракции внутрикомплексных соединений с методами идентификации и определения элементов.....	58
7.7.	Экстракционно-фотометрические методы.....	59
7.8.	Экстракционно-флюорометрический метод определения.....	60
7.9.	Экстракция кислот и оснований.....	60
7.10.	Задачи и вопросы для закрепления темы.....	61
<b>8.</b>	<b>ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВНУТРИКОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ</b> .....	63
8.1.	Органические аналитические реагенты.....	63
8.2.	Внутренние комплексные соединения.....	72
8.3.	Экстракция координационно насыщенных электронейтральных внутрикомплексных соединений.....	74
8.4.	Вопросы для закрепления темы.....	77
<b>9.</b>	<b>ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКСТРАКЦИОННОЕ РАВНОВЕСИЕ</b> .....	78
9.1.	Влияние pH водной фазы на экстракционную среду.....	78
9.2.	Влияние различных факторов на экстракционное равновесие.....	81
9.3.	Влияние концентрации реагента на экстракционную среду...	82

9.4.	Вопросы для закрепления темы.....	82
10.	<b>ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ</b> .....	83
10.1	Теоретические основы хроматографии.....	83
10.2.	Основные правила хроматографических процессов.....	84
10.3.	Классификация хроматографических методов.....	87
10.4.	Метод фронтальной хроматографии.....	90
10.5.	Вытеснительная хроматография.....	94
10.6.	Колоночная жидкостная хроматография.....	95
10.7.	Вопросы для закрепления темы.....	96
11.	<b>ИОНООБМЕННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ</b> .....	98
11.1.	Методы ионообменной хроматографии.....	98
11.2.	Обменная емкость ионообменников.....	102
11.3.	Применение ионообменной хроматографии в аналитической химии.....	103
11.4.	Хроматографические характеристики.....	104
11.5.	Теоретическая концепция тарелок.....	105
11.6.	Кинетическая теория в хроматографии.....	108
11.7.	Качественный и количественный анализ в хроматографии....	110
11.8.	Запись аналитического сигнала в хроматографии.....	111
11.9.	Гель-хроматография.....	113
11.10	Тонкослойная хроматография.....	113
11.11	Вопросы для закрепления темы.....	114
12.	<b>ГАЗОВАЯ И ГАЗО-ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ</b> .....	116
12.1.	Теоретические основы и основные параметры теории газовой хроматографии.....	116
12.2.	Качественный анализ в газовой хроматографии.....	117
12.3.	Количественный анализ в газовой хроматографии.....	118
12.4.	Вопросы для закрепления темы.....	120
13.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Определение состава и константы устойчивости ионного ассоциата ферроина с ионами йода</b> .....	121
14.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Экстракционно-фотометрическое определение металлов с использованием</b>	126

	диэтилдитиокарбаминат.....	
15.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Экстракционно-фотометрическое определение ионов Cu(II) с использованием диэтилдитиокарбамината натрия</b> .....	127
16.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Экстракционное фотометрическое определение ионов Cu(II) на основе обменной экстракции с использованием диэтилдитиокарбамината свинца</b> .....	129
17.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Обнаружение и разделение некоторых ионов металлов хроматографическим методом</b> .....	131
18.	<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Определение полной обменной емкости ионитов в статических условиях</b> .....	135
19.	<b>ОБЩИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ РАЗДЕЛЕНИЮ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЮ</b> .....	137
20.	<b>ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ</b> .....	142
21.	<b>ЗАДАЧИ</b> .....	144
22.	<b>ТЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ</b> .....	147
23.	<b>ТЕКУЩИЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	149
24.	<b>ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	150
25.	<b>ИТОГОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	153
26.	<b>ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	156
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	166

**TURABOV NURMUHAMMAT TURABOVICH  
TODJIYEV JAMOLIDDIN NASIRIDDINOVICH**

**KIMYOVIY AJRATISH VA KONSENTRLASH**

O'QUV QO'LLANMA

Muharrir: G.A.Azimboyeva

Bosishga ruxsat etildi 31.05.2023y. Bichimi 60X84 1/16.  
Bosma tabog'i 11. Shartli bosma tabog'i 11. Adadi 16 nusxa.  
Buyurtma № 104.

“Fidokor Yosh Avlod” nashriyoti. Toshkent, Salorbo'yi kochasi, 35A.  
O'zbekiston Milliy universiteti bosmaxonasida bosildi.  
Toshkent, Talabalar shaharchasi, O'zMU

ISBN 978-9943-6744-8-5



9 789943 674485