

B.Q. Karimov

TAHLILNING INSTRUMENTAL USULLARI

/ Darslik /



**TOSHKENT
2020**



B.Q. Karimov
/ Darslik /

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

**TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI**

Karimov Baxtiyor Qurambayevich

TAHLILNING INSTRUMENTAL USULLARI

**BAKALAVRIAT 5630100 – EKOLOGIYA VA ATROF-MUHIT MUXOFAZASI
(SUV XO'JALIGIDA) va 5630200 – SUV XO'JALIGIDA EKOLOGIK XAVFSIZLIK
TA'LIM YO'NALISHLARI TALABALARI UCHUN**

DARSLIK

**TOSHKENT
2020**

Darslik Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Ilmiy Kengashining 24.09.2020 yildagi № 2 sonli yig'ilishi qarori bilan cho'p etishga tavsiya etilgan.

УДК 577.4:629.113

Darslik bakalavriat bosqichida 5630100 – “Ekologiya va atrof-muhit muxofazasi (suv xo'jaligida)” va 5630200 – “Suv xo'jaligida ekologik xavfsizlik” ta'lim yo'nalishlarini bo'yicha oqiydigan talabalar uchun mo'ljallangan. Darslikda tabiiy va texnogen muhitlar abiotik va biotik tarkibiy qismlari va sanoat mahsulotlarining sifatiiy va miqdoriy tahliliga yonaltirilgan «Tahlilning instrumental usullari» fani bo'yicha nazariy va amaliy bilimlar va ma'lumotlar berilgan. Darslik 5A630101 “Ekologiya va atrof-muhit muxofazasi (suv xo'jaligida)”, 5A630201 – “Suv xo'jaligida ekologik xavfsizlik”, 5A450208 – “Suv sifatini boshqarish” yonalishlari bo'yicha oqitiladigan magistratura bosqichi talabalari hamda boshqa barcha Oliy va O'rta maxsus oquv yurtlari (kimyo fanidan tashqari) yo'nalishlari bo'yicha oqitiladigan talabalari ham foydalanishi mumkin.

Учебник предназначен для студентов уровня бакалавриата, обучающихся по направлению 5630100 – “Экология и охрана окружающей среды” и 5630200 – “Экологическая безопасность в водном хозяйстве”. Учебник содержит современные сведения о теоретических и прикладных основах инструментальных (физико-химических) методов анализа качества абиотических и биотических компонентов окружающей природной и техногенной среды и продукции промышленности. Учебник может быть использован при обучении магистрантов по специальностям 5A630101 “Охрана природы в сельском и водном хозяйстве” и 5A630201 – “Экологическая безопасность в водном хозяйстве”, 5A450208 – “Управление качеством воды”, а также для обучения студентов других ВУЗов и среднеспециальных учебных заведений нехимического направления.

The textbook is designed for students of underground degree programs: 5630100 - "Ecology and environmental protection" and 5630200 – “Environmental safety (in water resources exploitation). It contains up-to-date information on the theoretical and applied bases of instrumental (physical and chemical) methods for analyzing the quality of abiotic and biotic components of the natural and man-made environment and industrial products. The textbook can be used by master students in the areas 5A630101 "Environmental protection in agriculture and water management", 5A630201 – “Environmental safety in water management”, 5A450208 - "Water quality management", as well as by students of other universities and secondary specialized educational institutes of non-chemical direction.

Taqrizchilar: **Kulmatov R.A.** – O'zbekiston milliy universiteti professori, kimyo fanlari doktori;

Ismoilxodjaev B.Sh. – TIQXMMI professori, biologiya fanlari doktori.

B.Q. Karimov

/ Tahlilning instrumental usullari /
Darslik -T.: TIQXMMI, 2020. 154 bet.

©. **Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti (TIQXMMI), 2020 y.**

Shartli qisqartirishlar va belgilashlar

- TIU - tahlilning instrumental usullari
- FKTU – fizik-kimyoviy tahlil usullari
- REK – ruxsat etilgan konsentratsiya
- GPS - geografik pozitsiyalash sistemasi
- EHK (EYuK) - elektr harakatlantiruvchi (yurituvchi) kuch
- AAS – atom-absorbtsion spektroskopiyasi
- AES - atom-emissiya spektroskopiyasi
- RF – rentgen-fluorestsentsiya
- AS – analitik signal
- IQ – infraqizil nurlanish
- ISE – ion-selektiv elektrod
- KE – kalomel elektrodu
- TKE – to'yingan kalomel elektrodu
- TE – taqqoslash elektrodu
- ShE – shisha elektrod
- XKE – xlor-kumush elektrodu
- Q - elektr tokini miqdori
- Ee - elektrokimyoviy ekvivalentlik
- EC - elektr o'tkazuvchanlik
- α - solishtirma elektr o'tkazuvchanlik
- λ – ekvivalent (molyar) elektr o'tkazuvchanlik
- n – elektrokimyoviy jarayonda ishtirok etuvchi elektronlar soni
- NS - nurlanish spektri
- UB - ultrabinafsha nurlanish
- Eparch. - parchalanish potentsiali
- A – optik zichlik
- F – Faradey doimiysi ($9,6485 \cdot 10^4$ Kl/mol⁻¹)
- h – Plank doimiysi ($6,626 \cdot 10^{-34}$ Dj s)

N_A – Avogadro soni ($6.0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)
 k — proporsionallik koeffitsienti yoki Genri konstantasi
 I_0 – tushayotgan nur intensivligi (spektroskopiyada)
 I – chiqish nuri intensivligi (spektroskopiyada)
 l – optik yo'l uzunligi (kyuvetkadagi yutuvchi o'atlam qalinligi)
 M – moddaning molyar massasi, g/mol
 S_m – molyar konsentratsiya
 S – mineralizatsiya (suvda erigan tuzlarning umumiy miqdori)
 R - universal gaz doimiysi ($8,314 \text{ Dj mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
 T – nur o'tkazish koeffitsienti, o'lchov birliksiz yoki % (spektroskopiyada)
 ε – molyar yutilish koeffitsienti, $\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ sm}^{-1}$
 λ – nurlanish to'lqini uzunligi
 ν – nurlanish chastotasi, Gtz (Gerts, spektroskopiyada)
 ρ – zichlik, kg/m^3
 P – partsial bosim, atm.
 R^2 –korrelyatsiya koeffitsienti
 D - taqsimot koeffitsienti (xromatografiyada)
 R_f - ushlanish koeffitsienti (xromatografiyada)
YuQX - yupqa qatlamli xromatografiya
GX - gaz xromatografiyasi
GAX - gaz-adsorbtsion xromatografiyasi
GSX - gaz-suyuqlik xromatografiyasi
SX - suyuqlik xromatografiyasi
YuSSX - yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi
SF - statsionar faza (xromatografiyada)
s - soniya

SO'Z BOSHI

Bugungi kunga kelib tahliliy kimyo insoniyat hayotida o'ta muhim ahamiyat kasb etmoqda, chunki atrof-muhitga salbiy antropogen ta'sir ko'rsatayotgan omillar orasida kimyoviy ifloslanish asosiylardan biriga aylanib ulgurdi. Planetamizdagi barcha ijobiy va salbiy o'zgarishlarning asosiy harakatlantiruvchi omillaridan biri, ularning kelib chiqishi tabiiy yoki antropogen bo'lishidan qat'iy nazar, tashqi muhit holatida yuzaga kelayotgan kimyoviy jarayonlar va o'zgarishlar yotadi. Planetar miqyosdagi global muammolar: iqlim o'zgarishi, ifloslanish, er va suv resurslarining inqirozi, ekologik, oziq-ovqat va aholi salomatligi xavfsizligi muammolari biosferadagi kimyoviy o'zgarishlar bilan chambarchas bog'liqdir. Yirik umuminsoniy muammolarni (xom-ash'yo, oziq-ovqat, atom energiyasi, kosmonavtika, yarimo'tkazuvchanli va lazerli texnika va boshqalar) hal etishda tahliliy kimyo etakchi o'rinlardan birini egallaydi.

Binobarin, hozirgi davrda turli tabiat ob'ektlariga kelib tushayotgan o'n minglab antropogen ifloslantiruvchi moddalarning kontsentratsiyasini aniqlash muhim vazifaga aylanib bormoqda. Bu esa o'z navbatida doimiy ravishda tahliliy kimyoning yangi ilg'or va samarador instrumental usullarini, ayniqsa ksenobiotik (tabiat uchun begona bo'lgan) va o'ta zaharli moddalarning kimyoviy aniqlashning klassik hamda avtomatlashtirilgan usullarini ishlab chiqishni taqozo qiladi. Tahliliy kimyoda foydalaniladigan instrumental usullarni asoslarini bilish, zamonaviy talabaga, muhandisga, o'qituvchiga, olimga va tadbirkorga birdek zarur. Xattoki oddiy uy bekalari ham buni ko'pincha bilishga majbur, masalan aptekalarda sotilayotgan qon tarkibidagi glyukoza miqdorini aniqlash tahlili portativ instrumenti ko'pchilik xonadonlarda hozirgi kunda bor va odamlar uni ishlatishni juda yaxshi bilishadi.

“Tahlilning instrumental usullari” (TIU) guruxi usullariga lo'nda qilib aytganda elektr-kimyoviy, spektroskopiya va xromatografiya usullari kiradi. Bu jarayonda fizikaviy instrumental metodlar yordamida bevosita atomlarning fizik-kimyoviy tabiatiga va ularning tizimdagi kontsentratsiyasiga bog'liq

xususiyatlar o'rganiladi. Pirovardida tizimdagi fizikaviy xususiyatlarning kimyoviy xususiyatlarga bogliq holdagi o'zgarishlarini instrumentlar yordamida payqash orqali moddaning konsentratsiyasini belgilab olishga asoslangan.

TIU fani bakalavr bosqichi mutaxassislik fanlari blokiga kiritilgan bo'lib, 5 yoki 6 semestrda o'rganilishi maqsadga muvofiq. Ushbu fanni o'rganishdan oldin talabalar bakalavriat bosqichida o'tiladigan umumiy fanlar: jumladan "Fizika", "Umumiy, noorganik va analitik kimyo", "Fizik va kolloid kimyo", "Matematika", "Ekologiya" va boshqa fanlarni asoslarini o'rgangan bo'lishlari lozim. Mazkur fan bakalavriat bosqichida o'rganiladigan atrof muhit muhofazasi va tabiiy resurslardan ratsional foydalanish yo'nalishiga oid aniq fanlar: "Atrof-muxitga bo'ladigan ta'sirni baholash", "Ekologik ekspertiza", "Biotexnologiya asoslari", "Tuproqshunoslik va dehqonchilik", "Agroekologiya" "Agronomiya", "Suv ta'minoti" va boshqa ko'plab o'xshash fanlarning nazariy va amaliy asoslarini rivojlantirish uchun zamin bo'lib xizmat qiladi.

Fanni o'qitishdan maqsad - bu ekologik xavfsizlik, ekologiya va atrof muhit muxofazasi ixtisosliklari bo'yicha tahlil olayotgan talabalarda tabiatdagi notirik va tirik resurslar inson tomonidan ifloslantirilganda, jumladan qishloq va suv xo'jaligi, sanoat va maishiy xo'jalik ob'ektlari va boshqalar faoliyati natijasida, tabiiy va sun'iy (agro) ekosistemalarda yuz berayotgan va yuz berishi mumkin bo'lgan turli yo'nalishdagi salbiy o'zgarishlarni o'rganishda tahlilning tabiat muxofazasi uchun mas'ul va boshqa hamkor muassasalarda hamda ilmiy-tadqiqot institutlarida mavjud bo'lgan instrumentlaridan, ya'ni TIU usullaridan foydalanish asosida tabiatning ekologik holatini ifloslanishning Qonunda belgilangan me'yorlari (REK) asosida real baholay olish ko'nikmalarini hosil qilishdan iborat. Tahlilning instrumental metodlarining tezligi, operatsiyalarning oddiyligi, yuqori sezgirligi, analitik nazoratni avtomatlashtirish imkonini berishi ularni iqtisodiyot va fanning turli sohalarida qo'llanish imkonini beradi. Ular ayniqsa ekologik monitoring o'tkazishda bebahodir. Tahlilning instrumental metodlarini qo'llash asosida olingan ma'lumotlar suv, tuproq, atmosfera va biosfera resurslarining ob'ektiv holatini tavsiflaydi, ekologik xavfli modda va

birikmalarni tabiiy va agro- ekosistemalardan aniqlash va yo'qotish yo'llarini belgilashda yordam beradi.

Ushbu maqsadga erishish uchun fan talabalarni, suv va qishloq xo'jaligi sohalarida tabiatni tarkibiy qismlari holatini va ularga nisbatan inson ish faoliyatida ko'rsatiladigan ta'sirlarni ijobiy va salbiy oqibatlarini baholay olish imkonini beradigan tahlilning instrumental metodlaridan foydalanish borasida nazariy bilimlar hamda amaliy ko'nikmalar hosil qilishga undaydi. Tabiatga ta'sir ko'rsatish bilan bog'liq antropogen faoliyatlarning, jumladan tashqi muhitga tushib ifloslantiradigan, kelib chiqishi antropogen omilga bogliq zararli modda va birikmalarni agroekosistemalarga ko'rsatiladigan salbiy ta'sirlarini aniq va keng miqyosdagi ingredientlarni analitik tahlil asosida salbiy ta'sirlarni bartaraf qilish, kamaytirish yoki ularni oldini olish tadbirlari majmuasini asoslash va tadbir qilishni bilish kabi ko'nikmalarni shakllantirish vazifalarini bajaradi.

Fan bo'yicha talabalarni bilim, ko'nikma va malakalariga quyidagi talablar qo'yiladi. **Talaba:**

– Fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy instrumental usullari va instrumentlari tog'risidagi nazariy asoslar va tamoyillar, ularning antropogen ifloslanishga qarshi ekologik barqarorlikni ta'minlashdagi ahamiyati, tabiiy va suniy ekosistemalarda laboratoriya va dala bosqichidagi tadqiqotlarda TIU instrumentlaridan amaliy foydalanish va rejalashtirish metodologiyasi haqida **tasavvurga ega bo'lishi;**

– Iqtisodiyotning va insoniyat xo'jalik faoliyatini turli soxalari rivojlanishi ta'siri ostida atrof-muhit tarkibiy qismlarining sifatii holatini o'zgarishi hamda ushbu jarayondagi antropogen ta'sirning ijobiy va salbiy tomonlarini, yaqin va uzoq kelajakdagi oqibatlarini aniq va tog'ri baholashda foydalaniladigan tahlilning eng ratsional instrumental metodlari kompleksini tanlay olishi, ularning tuzilishi va imkoniyatlarini **bilishi hamda ulardan foydalana olishi;**

– Iqtisodiyot ishlab-chiqarish sohalarining atrof-muxit ekologiyasiga ifloslanish tufayli bo'ladigan salbiy ta'sir holatlarni kamaytirish, oldini olish va

ekologik holatni qayta tiklash va boshqa antropogen ta'sirlarni bartaraf qilishning eng zamonaviy chora-tadbirlarini va yechimlarini ishlab chiqishda tahlilning mos instrumental metodlarini tanlash, qo'llash va amalga oshirish, tashqi muhit namunalari xujjatlashtirish va saqlashni, asbob-uskunalardan foydalanish va ularni texnik-ekspluatatsiya talablariga mos ravishda saqlash, tashqi muhit tarkibiy qismlarini sifatiy va miqdoriy tahlil qilishni hamda olingan natijalarni statistik qayta ishlash va yuqori tashkilotlarga taqdim qilish va boshqa shunga bogliq bo'lgan *ko'nikmalarga ega bo'lishi kerak*.

“Tahlilning instrumental usullari” fanidan o'quv qo'llanma O'zbekistonda birinchi marta taqdim etilmoqda. Bunga sabab u keyingi 2-3 yildan beri endigina mustaqil fan sifatida talabalarga o'qitila boshlandi. Hozirgacha o'quv jarayonida turli yaqin va uzoq xorijiy mamlakatlarda chop etilgan tarqoq materiallardan foydalanilib kelindi. Qo'llanmani yozishda respublikamiz olimlari bilan bir qatorda asosan etakchi xorijiy tadqiqotchilar tomonidan ham yozilgan asarlar ma'lumotlaridan foydalanildi. Qo'llanmani yuqorida zikr etilgan mavjud adabiyotlardan farqi shundaki, unda tahliliy kimyo instrumental usullarini asosiy guruxlari bo'yicha ma'lumotlarni ixchamlashtirib va iloji boricha oddiy va tushunarli qilib yozishga harakat qilindi. Bundan maqsad - kimyo fanidan unchalik chuqur bilimlarga ega bo'lmagan, lekin ekologiya va atrof—muhit muxofazasi, ishlab-chiqarishda va nazorat organlarida tashqi muhit va maxsulot sifatini nazorat qilish sohasida ishlaydigan mutaxassislariga tahlilning instrumental usullari nazariy va amaliy asoslarini qisqa va lo'nda qilib tushuntirishdir.

Qo'llanma asosan oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlari nokimyoviy mutaxassisliklar yo'nalishlari bo'yicha ta'lim oluvchilar uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmadan faqat talabalar emas, balki magistrlar, ilmiy xodimlar va oliy ilm dargohlarida dars berayotgan o'qituvchilar ham foydalanishlari mumkin. Kitobning uslubiy sifatini yaxshilashga qaratilgan fikr-mulohazalar muallif tomonidan mamnuniyat bilan qabul qilinadi.

I BOB. TAHLILY KIMYOGA KIRISH. TAHLILNING FIZIK VA INSTRUMENTAL (FIZIK-KIMYOVIY) USULLARI, ULARNING KLASSIFIKATSIYASI

Ushbu bobni yozishda foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi. 1992y.
2. "Tabiatni muhofaza qilish tog'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Qonuni. 1992y.
3. "O'zbekiston Respublikasida atrof tabiiy muhitning davlat monitoringi tog'risida" gi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 5 sentyabrdagi 737-son qarori. Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi (www.lex.uz), 2019 yil 6 sentyabr.
4. Rasulov K., Yo'ldoshev O., Qorabo'laev B. Umumiy va anorganik kimyo. Toshkent, Kimyo, 1996, 218 b.
5. Vasilev V.P. Analitik Kimyo. (ikki qismli). Gravimetrik va titrimetrik analiz usullari. Muharrir – M. Odilova. Oliy o'quv yurtlarining kimyo-texnologiya mutaxassisligi talabalari uchun darslik. «O'ZBEKISTON» nashriyoti, 1999 y. 368 b. www.ziyouz.com kutubxonasi.
6. Ergashev A., Rudenko I., Davletov S., A.Azizov, N.Akinshina, B.Karimov va b. Barqaror taraqqiyot va tabiatshunoslik asoslari. Toshkent, Baktaria press, 2016, 296 b.
7. Лебедева М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. Пособие. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216 с.
8. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии: Учебное пособие / Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172 с.

9. Francis Rouessac and Annick Rouessac. Chemical Analysis - Modern Instrumentation Methods and Techniques. Second Edition. John Wiley&Sons, Ltd, 2007, 599.

1.1 Kirish, tahliliy kimyo nima?

O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi 50 moddasida "fuqarolar atrof tabiiy muhitga ehtiyotkorona munosabatda bo'lishga majburdir" deb yozilgan. Bu moddada fuqarolar, jumladan atrof muhitni ham ifloslanishiga yo'l qo'ymasliklari zarurligi yaqqol ko'rinib turibdi. Konstitutsiyamizning ushbu va 55 moddalariga tayangan holda, O'zbekiston Respublikasida "Tabiatni muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonunning 16, 19, 20 va boshqa moddalarida bayon qilingan tabiiy resurslardan foydalanish shartlarida ham suv, tuproq, atmosfera va boshqa muhitlarning ifloslanishiga yo'l qo'ymaslik zarurligi qat'iy ta'kidlangan. Shuning uchun ham "O'zbekiston Respublikasida atrof-tabiiy muhitning davlat monitoringi to'g'risida"gi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 5 sentyabrdagi 737-son qaroriga binoan atrof tabiiy muhitning ifloslanishi darajasini, shuningdek, antropogen ta'sirlar ostida unda yuz berayotgan jarayonlarni kuzatishni tashkil etish va yuritish; atrof muhitning ifloslanishi darajasini baholash va prognoz qilish masalalari atrof tabiiy muhit davlat monitoringining asosiy vazifalari hisoblanadi.

Yuqoridagi Konstitutsiyamiz va ekologiya sohasidagi boshqa Qonunlar va Hukumat Qarorlarida ko'zda tutilgan atrof-muhit ifloslanishiga qarshi kurash chora-tadbirlarini o'z vaqtida va samarali amalga oshirish tahlilning kimyoviy instrumental usullaridan yanada kengroq foydalanishni taqozo etadi.

Ayni vaqtda, tahliliy kimyoning ekologiya fanidagi asosiy nishoni turli tabiiy ob'ektlarning ifloslantiruvchi moddalar bilan to'yinganligi darajasini aniqlash hisoblanadi. Har xil tarkibga ega bo'lgan tabiiy va oqova suvlar, cho'kmalar, atmosferaviy yog'ingarchiliklar, havo, tuproq, biologik ob'ektlar va hokozalar shular jumlasidandir. Nazorat tizimi zararli aralashmalarni o'z vaqtida aniqlash va ifloslantiruvchi manbaani tarqalishini to'xtatish imkoniyatini yaratadi. Aynan shuning uchun, tahliliy kimyoning atrof-muhit muhofazasidagi roli borgan sayin ko'proq ahamiyat kasb etib bormoqda. Turli kimyoviy fanlarning majmui ekologik monitoringning muhim qismini tashkil etib, ularning har biri kimyoviy tahlil natijalariga muhtojlik sezadi, chunki kimyoviy ifloslanish – tabiatga salbiy

antropogen ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omil hisoblanadi.

Kimyoviy tahlil – bu tabiiy muhit tarkibiy qismlarining (havo, suv, tuproq, tiriklik, o'lik organik modda) va inson tomonidan yaratilgan ob'ektlarning kimyoviy tarkibi, tuzilishi va xususiyatlari tog'risidagi ma'lumotlarni maxsus fizik-kimyoviy tajriba yo'li bilan olish demakdir.

Buyuk ingliz olimi R. Boyl o'zining “Skeptik (har narsaga shubha bilan qaraydigan) – kimyogar” (1661 y.) kitobida ushbu tushunchani ilk marotaba asoslab beradi va “tahlil (analiz)” iborasini kiritadi.

Tahliliy kimyo noorganik, organik, fizikaviy kimyo, fizika, matematika, biologiya, geologiya, tuproqshunoslik va boshqa kurslarini o'rganishdan olingan bilimlarga asoslanadi.

Tahliliy kimyoni o'rganishdan maqsad – moddalar tahlilini zamonaviy usullarini o'zlashtirish va ularni tabiat va atrof-muhit muxofazasini va xalq-xo'jalik masalalarini hal etishda qo'llashdan iborat. Atrof-muhit ob'ektlari va ishlab chiqarishni doimiy va sinchkovlik bilan kuzatish va nazorat qilish ko'p jihatdan tahliliy kimyo tomonidan erishilgan yutuqlarga asoslanadi.

Tahliliy kimyo – kimyoviy birikmalarni identifikatsiyalash usullari, moddalar va birikmalarning kimyoviy tarkibini miqdoriy va sifatiiy ko'rsatkichlarini va tuzilishini aniqlash tamoyillari va uslublari haqidagi fandır. U kimyo fanining asosiy yo'nalishi hisoblanadi.

1.2 Tahliliy kimyoning qisqacha rivojlanish tarixi

Sifatiiy kimyoviy tahlilning asoschisi sifatida, SO_4^{2-} va Cl^- ionlarini Ba^{2+} va Ag^+ - ionlari yordamida aniqlash usullarini ta'riflagan, shuningdek organik bo'yoqlarni indikatorlar (lakmus) sifatida qo'llagan angliyalik olim **Robert Boyl** hisoblanadi.

Biroq xaqiqiy tahliliy kimyo fani, M.V.Lomonosov (1711—1765) tomonidan 1748 yilda kimyoviy reaksiyalar natijasida moddalarning massasining saqlanish qonuni kashf etilgani va kimyo amaliyotida massadan foydalanish amaliyoti qo'llanilganidan so'ng shakllana boshladi. Ushbu Qonunni zamonaviy til bilan ta'riflasak “Reaksiyaga kirishadigan barcha kimyoviy moddalarning umumiy massasi ushbu reaksiya natijasida hosil bo'ladigan barcha moddalarning umumiy massasiga tengdir” degan ma'noni anglatadi. M.Lomonosovgacha shu narsa jumboq bo'lganki, ko'rchilik metallar kuydirilganda (ya'ni yondirilganda) hosil bo'lgan moddaning vazni metalning boshlang'ich vaznidan og'irroq bo'ladi.

Ko'pchilik faylasuflar buni "metal yonganida o'ziga alangadagi ilohiy moddani biriktirib oladi" degan mistik tushuncha bilan izohlashgan. Buyuk kimyogar Robert Boyle ham ushbu fikr tarafdori bo'lgan. Lekin M.Lomonosov o'z Qonunini isbotlash maqsadida 1756 yilda o'tkazgan tajribalarida agar metallar germetik tarzda berk shisha kolbalarda kuydirilsa, pirovard hosil bo'lgan metal moddasi vazni o'zgarmay qolishini uzil-kesil namoyish etgan.

Lekin shu bilan bir qatorda, metallar yonganida massasining oshuvi haqiqiy sababi ularning atmosfera kislorodi bilan oksidlar hosil qilishi ekanligini 1773 yilda buyuk frantsuz kimyogari, zamonaviy kimyo fani asoschilaridan biri Antuan-Loran Lavuazye kashf etgan (Lomonosov ishlaridan bexabar holda). Lekin Lavuazye massaning saqlanish qonuniga yana bir muhim qo'shimcha qildiki, "kimyoviy reaksiyalarda moddalarning umumiy massalaridan tashqari o'zaro ta'sirlashuvchi moddalar tarkibiga kiruvchi elementlarning massalari ham saqlanib qolishini namoyish qildi.



Mixail Vasil'evich Lomonosov
(1711 – 1765) – buyuk rus olimi,
kimyogari, fizik, rassom, tarixchi,
shoiri va yozuvchisi.



Robert Boyle
(1627–1691).
Ingliz kimyogari, fiziki
va faylasufi.

Tahliliy kimyoning fan sifatida shakllanib, rivojlanib borishining tub burilish davri D.I.Mendeleev tomonidan Davriy Qonunni kashf etilishi (1869 y.) bilan bevosita bog'liq. D.I.Mendeleevning mehnatlari tahliliy kimyo uslublarining nazariy poydevorini tashkil etdi va uning asosiy rivojlanish yo'nalishini belgilab berdi.

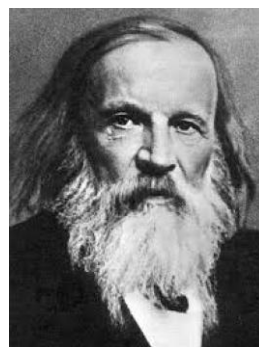
Kimyoviy elementlarning davriy tizimi (Mendeleev davriy jadvali) — elementlarning turli xususiyatlarini atom yadrosining zaryadiga bog'liqligini belgilaydigan kimyoviy elementlarning tasnifidir. Tizim D.Mendeleev tomonidan ochilgan davriy qonunning grafik ifodasidir. Tizimning zamonaviy nusxasidagi

elementlar ikki o'lchovli jadvalga birlashtirilgan. Unda har bir ustun (gurux) asosiy fizik-kimyoviy xususiyatlarni aniqlaydi va qatorlar esa bir-biriga o'xshash davrlardir. Bugungi kungacha ushbu jadvalga 118 ta ochilgan element kiritilgan.

Tahliliy kimyoda uzoq vaqt mobaynida "klassik" (an'anaviy) deya nomlanuvchi tahlil uslublari hukmronlik qilib keldi. Tahlilga "san'at" sifatida qaralgan va u keskin tarzda tajribachining "qo'lga" bog'liq bo'lgan. Texnik jarayon tahlilning nisbatan tez va oson uslublarni talab qilgan. Hozirgi kunda ommaviy kimyoviy tahlillarning aksariyati yarim avtomatlashtirilgan va avtomatlashtirilgan uskunalar yordamida amalga oshiriladi. Bunda uskunaning nisbatan qimmat tannarxi, uning yuqori samaradorligi hisobiga qoplanadi.



Antuan-Loran Lavuaze
(1743-1794) - buyuk frantsuz
kimyogari.



Dmitriy Ivanovich Mendeleev
(1834-1907) – buyuk rus kimyogari,
entsiklopedist-olim.

D. I. MENDELEYEVNING KIMYOVIY ELEMENTLAR DAVRIY JADVALI

Davy lar	Qator lar	E L E M E N T G R U P P A L A R I											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
1	1	H						(H)		He			
2	2	Li	Be	B	C	N	O	F		Ne			
3	3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		Ar			
4	4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni		
	5	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr		
5	6	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd		
	7	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe		
6	8	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt		
	9	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn		
7	10	Fr	Ra	Ac	Db	Jl	Rf	Bh	Hh	Mt			
* L A N T A N O I D L A R 58-71													
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
** A T I N O I D L A R 90-103													
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	(No)	(Lr)

Hozirgi vaqtda oz miqdordagi REK, ifloslantiruvchilar konsentratsiyasini nazorat qilish uchun tahlilning kuchli, axborotlashtirilgan va ta'sirchan yuqori sezgir uslublarini qo'llash lozim. Aslida, normativ jihatdan "komponentning yo'qligi" nimani anglatadi? Ehtimol, uning miqdori shunchalik ozki, natijada uni an'anaviy uslublar yordamida aniqlashning imkoniyati yo'q, lekin buni qilish kerak. Haqiqatdan ham, **atrof-muhitni himoya qilish – tahliliy kimyo uchun jiddiy da'vatdir**. Ifloslantiruvchi moddaning tahliliy uslublar yordamida aniqlash meyori 0.5 REKdan past bo'lmasligi, printsipial nuqtai-nazardan shart va zarur.

Fizik-kimyoviy instrumental usullar tahlilini rivojlantirishga bo'lgan ehtiyoj – o'tgan asrning 60 – yillarida paydo bo'lgan bo'lib, bunga gravimetriya va titrimetriya kabi, an'anaviy kimyoviy tahlil uslublar bilan aniqlash mumkin bo'lmagan juda ham kam miqdordagi moddalarni aniqlashga bo'lgan, masalan mikroelektronika singari, sanoat ishlab chiqarishning turli yo'nalishlarida qisqa vaqt ichida juda ko'p sonli tahlillar o'tkazishga ehtiyoj paydo bo'lganligi tufayli yuzaga kelgan.

1.3 Tahlil usullarining klassifikatsiyasi

Tahlil usublari eng avvalo maqsadiga ko'ra: sifatiy va miqdoriy, tahlil ob'ektlariga ko'ra: noorganik va organik guruxlarga bo'linadi.

Miqdoriy tahlil, muayyan birikma yoki moddalar aralashmasining tarkibiy qismini miqdoriy nisbatini aniqlash imkoniyatini beradi. Sifatli tahlildan farqli o'laroq, miqdoriy tahlil, tahlil qilinayotgan moddaning alohida tarkibiy qismlarini yoki tadqiq etilayotgan ob'ektning umumiy tarkibini tashkil etuvchi moddani aniqlash imkonini beradi.

Tahlil qilinayotgan modda tarkibidagi alohida elementlarni aniqlash imkonini beruvchi sifat va miqdoriy tahlil uslubini **elementli tahlil**; funksional guruhini aniqlovchi uslubini – **funksional tahlil**; muayyan molekulyar massani xususiyatini namoyon qiluvchi individual kimyoviy birikmalarni aniqlovchi uslub **molekulyar tahlil** deb ataladi.

3. Bajirilish usuli bo'yicha: kimyoviy, fizikaviy, fizik-kimyoviy (instrumental) uslublar.

4. Namunalarning og'irligi bo'yicha: makro - ($> 0,10$ g), yarim-mikro – ($0,10 - 0,01$ g), mikro – ($0,01 - 10^{-6}$ g), ultramikro-tahlil ($< 10^{-6}$ g).

Fizik-kimyoviy (instrumental) uslublarning umumiy soni juda ham ko'p, ular bir necha o'ntani tashkil etadi. Ular orasidan quyidagilar nisbatan ko'proq amaliy ahamiyatga ega:

1) **elektr-kimyoviy** – tahlil etilayotgan tizimlarning elektr o'tkazuvchanligi, tok kuchi va boshqa elektrokimyoviy yoki elektr-fizikaviy ko'rsatkichlarning potentsialini o'lchashga asoslangan.

2) **spektral** – moddani elektromagnitli nurlanish va qandaydir spektral ko'rsatkichlar (to'lqinning uzunligi, tebranishlar chastotasi, energiya) bilan o'zaro ta'sirlanishi natijasida yuzaga keladigan turli samaralarni o'lchashga asoslangan. Uslublarning mazkur guruhi amaliy jihatdan juda keng qo'llaniladigan va muhim hisoblanadi.

3) **xromatografik (bo'lish, ajratish va tahlil qilish)** – ajralib chiqadigan moddaning yuzaki (adsorbtsiya) va to'liq (absorbtsiya) yutilish jarayonlariga asoslangan. Tarkibiy qismning xususiyati bo'yicha yaqin bo'lgan murakkab aralashmalarni (aminokislotalar, monosaxaridlar, yog' kislotalari va boshqalar) parchalantirish borasida boshqa usul xromatografiya o'rnini bosa olmaydi va keng qo'llaniladi. Ushbu holatda xromatorammadagi xromatografik cho'qqi holati tahliliy ko'rsatkich hisoblanadi.

Instrumental o'lchanadigan va keyinchalik shu asosda tahlil o'tkaziladigan parametr – **analitik (tahliliy) signal** deb ataladi, bu uslubning **sifat** tavsifi. Uslubning **tahliliy signali faolligi, ya'ni analitik signalni kuchi esa** uning **miqdoriy** tavsifi hisoblanadi.

1.4 Tahlilning fizikaviy usullari

Ushbu uslublar moddalarning fizikaviy xossalarini kimyoviy tarkibidan kelib chiqishini qo'llashga asoslanadi. Quyidagi fizikaviy tahlil uslublari nisbatan keng tarqalgan:

1. **Spektral tahlil** tadqiq etilayotgan moddaning nurlanishni taratuvchanlik va yutuvchanlik spektrlarini tadqiq etishga asoslanadi. Xuddi shu uslub yordamida quyosh va yulduzlar tarkibi aniqlangan. Spektral chiziqlarning tavsifli faolligidan ularning miqdoriy tarkibi baholanadi (nemis olimlari Robert Bunzen va Gustav Kirxgoff, 1859 y.).

19-asrning o'rtalarida R.Bunzen kimyoviy elementlarning toza preparatlarini olish sohasida tan olingan dunyo etakchisi hisoblanardi. 1859 yilda u bu soxada yanada chuqurroq borishga qaror qildi va yorug'lik nurlarini prizma orqali uzatib, ularni vizual spektrga aylantirdi. O'sha vaqtga kelib, R.Bunzen allaqachon chog' holatidagi kimyoviy elementlar spektridagi kuchli aniq talaffuz qilingan ranglar, xususan, natriy - ajablanarli darajada to'lqin uzunligi va chastotasi bilan quyosh spektridagi qorong'u Fraunhofer chiziqlari bilan mos tushishini aniqlagan. Bugungi kunda bu Quyoshning oq nurlanishining bir qismini uning tashqi qobig'ida mavjud bo'lgan sovuqroq kimyoviy elementlar tomonidan yutilishining natijasi ekanligini bilamiz va quyosh nurlarida bir xil natriyning spektral chiziqlarining yo'qligi uning quyosh tojida mavjudligidan dalolat beradi. Kimyoviy elementlarning nurlanish va yutilish spektrlarining mos kelishligi kashf etilib, darhol nazariy tushuntirish olmagan uzoq eksperimental kashfiyotlar qatoriga qo'shildi, chunki Bunzen davrida yorug'lik va moddalar atomlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir mexanizmlari haqida kam ma'lumot mavjud edi.

Xuddi osha yili boshqa nemis olimi G.Kirxgoff intuitiv yutuqqa erishdi, kimyoviy elementning atomi faqat bir xil chastotali nurni chiqarishi va yutishi mumkin deb taxmin qildi. *Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, agar atom har qanday chastotali yorug'lik chiqaradigan bo'lsa, u albatta ushbu chastotadagi nurni yutish qobiliyatiga ega boladi.*

Kirxgoff-Bunzen kashfiyotining asosiy va uzoqqa cho'zilgan oqibatlaridan biri shundaki, bu kashfiyot amaliy tadqiqotlarning butun sohasi - spektroskopiya yoki spektral tahlil uchun asos yaratdi. Bu eksperimental va amaliy fan tarixidagi haqiqiy burilish bo'ldi. Shuni eslatib o'tish kifoya: astrofiziklar nurlanish spektrlarini o'rganib, nafaqat Quyoshning, balki Koinotdagi har qanday ko'rinadigan kosmik ob'ektning kimyoviy tarkibini katta aniqlik bilan aniqlaydilar

va oxir-oqibat, tarixda hech qachon biron bir kishi oldin bunday narsani xayol qilishga ham jur'at etmagan. Bugungi kunda dunyo bo'ylab o'n minglab ilmiy laboratoriyalar har qanday moddaning tarkibini deyarli xatosiz o'rganishga imkon beradigan yuqori texnologik kompyuter spektrometrlari va spektrograflari bilan jihozlangan va bunday spektrofik uskunalarning narxi ko'pincha millionlab AQSh Dollariga teng.

Qizdirilgan qattiq materiallardan yorug'lik taralishini tez-tez uchratish mumkin. Bir bo'lak po'lat qizdirilganda, avvaliga u qiziydi va o'zidan qizil rang taratadi, yanada yuqoriroq haroratda esa taralayotgan nur oqara boshlaydi. Ushbu oq rang, ko'rinadigan spektrning barcha ranglaridan iborat bo'ladi, bunday yorug'lik taratish to'xtovsiz deya ataladi. Agar NaI kristali qizdirilsa, undan sariq rangli nur taraladi, ya'ni ushbu yorug'likning tarkibida Na⁺ -ga xos nurlanishining bor-yo'g'i bir necha toifalari mavjud.

Turli moddalarning nur taratish tabiati turlicha bo'ladi. Eng tez-tez kuzatiladigan nurlanish chizig'i birinchi qo'zg'algan holatdan asosiy holatga o'tishga mos keladi, ya'ni eng kam energiyaga ega bolgan holatga. Bunday chiziq rezonansli chizig'i deb ataladi.

Uslubning afzalliklari: aniqlash chegarasining pastligi (10^{-5} %), ekspresslik, tahlil uchun oz miqdordagi moddaning talab etilishi, tahlilni masofada turib o'tkazish imkoniyatining borligi (Erning, undan 80 km masofadagi natriyli belbog'i ushbu uslubda aniqlangan).

Uskunalar: stilometrlar, stiloskoplar, spektrograflar va fotoregistratorli kvantometrlar.

2. Lyuminescentli tahlil lyuminesentsiya (nurlanish) faolligini moddaning konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslanadi. Ushbu bog'liqlikni ilk marotaba rus olimi S.M.Vavilov aniqlay oldi.



Ushbu reaksiyani: yorug'lik – fotolyuminesentsiya; rentgen nurlari – rentgenolyuminesentsiya; radioaktiv nurlanish – radiolyuminesentsiya; kimyoviy reaksiyalar – xemilyuminesentsiya hisobiga amalga oshirish mumkin. Ushbu uslublar juda ham past darajadagi aniqlash imkoniyatlariga (10^{-6} – 10^{-8} %, ba'zida 10^{-9} %) egaliklari munosabati bilan, kamyob va tarqoq elementlar, yuqori darajadagi toza moddalarni tahlil qilishda juda ham samarali ekanliklarini namoyon etishdi. Rus olimi E.A.Bojevolnov yuqori darajadagi toza moddalarni

tahlil qilishda kimyoviy uslublarni qo'llash, xuddi tuyaning vaznini, uning yungini qirqishdan avval va keyin o'lchash bilan aniqlagandek gap ekanligiga ishora qiladi.

3. Refraktometriya – sinish ko'rsatkichini konsentratsiyaga bog'liqligiga asoslanadi. Sinish (**refraktsiya**) – bir muhitdan ikkinchisiga o'tish vaqtida tog'ri chiziq bo'yicha taralayotgan nurning yo'nalishini o'zgartiradi, bunda nur muhit bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.

Refraktometriya – sinish ko'rsatkichining kattaligi bilan baholanadigan, nurning sinishini o'lchashdir. Uslub bajarilishining soddaligi bilan farqlanib, 10^{-3} % gacha aniqlikni ta'minlaydi, shuning uchun keng ko'lamda qo'llaniladi.

Ozuqa mahsulotlari (don, dukkakli don mahsulotlari va ularni qayta ishlashdan olingan mahsulotlar, non mahsulotlari va hokazo) tarkibidagi yog'larni aniqlashda refraktometrik uslub qo'llaniladi. Uslub mahsulotdan o'lchab olingan namunadagi yog'ni b-bromnaftalin yoki b-xlor-naftalin yordamida ajratib olishni nazarda tutadi. Yog'ning foizi erituvchining sinish qiymati va erituvchi tarkibidagi yog' eritmasi qiymati orasidagi tafovut orqali aniqlanadi (1.1 – jadval)

Jadval 1.1. Yog'ning fizikaviy xossalari

Yog'	Sinish qiymati	Zichligi g/sm ³
Kungaboqar yog'i	1,4748	0,919
Mol yog'i	1,4605	0,920
Margarin	1,4690	0,928
Eryong'oq yog'i	1,4696	0,917

Yog'lar aralashmasi yoki noma'lum yog'ning zichligini aniqlash uchun 0,920 g/sm³ ga teng bo'lgan zichlik qabul qilinadi.

4. Densimetriya – zichlikning konsentratsiyaga bog'liqligi (tarixiy rivoyatlarga ko'ra Gieron shohi osha davr faylasuf-olimi Arximedga o'zining oltin tojini tekshirib berishni buyuradi. Arximed ushbu toj tomonidan siqib chiqaziladigan suv miqdorini solishtirish orqali uning zichligidan toza oltindan emas, oltin va kumush qorishmasidan tayyorlanganligini aniqlaydi. "Nauka i jizn" jurnali, 1977 y., №3, 155-bet).

Aniqlash densimetr (areometr) yordamida amalga oshiriladi. Konsentratsiyani turli ishqorli eritmalar, asos va tuzlarning zichligi bilan nisbatini belgilovchi jadvallar mavjud. Uslub tahliliy kimyoda keng qo'llaniladi, vaholanki ko'pgina kimyoviy reaksiyalarning kechish ko'rsatkichlari reagentlarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Suyaklarning zichligi o'zgarishiga qarab,

ularning ahvoriga baho beriladi va bundan osteoporoz kasalligini davolashda foydalaniladi.

5. Rentgen tarkibiy tahlili – moddalarni tahlil qilish uchun rentgen nurlaridan foydalaniladi (qotishmalar, metallar, qurilish materiallarini tahlil qilish).

6. Magnitli spektroskopiya. So'nggi paytlarda yadroviy magnitli rezonans (YMR) va elektronli paramagnitli rezonans (EPR) uslublari tahliliy kimyoda keng qo'llanilmoqda. YMR, tadqiq etilayotgan moddani elektromagnit to'lqinlarini yadroviy magnetizm rezonansli yutilishidan foydalanishga asoslangan. EPR – doimiy magnit maydonida paramagnitli zarrachalar tomonidan elektromagnitli to'lqinlarni rezonansli yutilishi bilan bog'liq hodisani qo'llanilishidir.

7. Atomli – yutilish (absorbtsion) usuli gazlar alangasida metall atomlarini, to'lqinning ma'lum bir uzunligida yorug'lik energiyasini yutish qobiliyatiga ega bo'lishiga asoslangan. Atomli yutilish uslubi 10^{-12} % gacha aralashmani aniqlash imkoniyatini beradi. D.I. Medeleev davriy sistemasidagi elementlarning 70% ga yaqini shu uslub yordamida aniqlangan. Yaponiya firmalaridan biri birvarakayiga 71 ta elementni aniqlay oladigan uskunalarni ishlab chiqaradi.

1.5 Tahlilning instrumental (fizik-kimyoviy) usullari

Yuqorida aytilganlardan ma'lum bo'ldiki, kimyo fanining nonorganik kimyo bo'limi noorganik moddalarning, organik kimyo bo'limi organik moddalarning olinish yo'llari va xossalarini, analitik kimyo eritmalarning sifatiiy, miqdoriy tarkibini tekshiradi.

Fizik kimyo esa kimyoviy jarayonlarni har tomonlama va kimyoviy jarayon bilan yondosh boradigan fizikaviy jarayonlar bilan kompleks ravishda tekshiradi va o'rganadi. Kimyoviy jarayonlarda qanday moddalar — (anorganik yoki organik) moddalar ishtirok qilishidan qat'iy nazar nazariy fizik kimyo qonunlari o'z kuchini saqlaydi.

Tahlilning fizika-kimyoviy uslublari – ayni fizik kimyo faniga tayanadi. Bu keng ko'lamdagi uslublar guruhi hisoblanib, bunda miqdoriy tahlil o'lchamli uskunalalar yordamida amalga oshiriladi, shuning uchun ular ko'pincha instrumental uslublar deb ataladi.

Tahlilning ushbu usullari moddalarning fizikaviy xossalari va ularning tadqiq qilinayotgan modda sifatiiy va miqdoriy tarkibi orasidagi

bog'liqliklaridan foydalanadi. Fizikaviy xossalar “instrumentlar”, ya'ni o'lchash uskunalarini yordamida o'lchanadi – uning nomi ham shundan olingan.

1.6 Tahlilning instrumental usullarining ekologik va amaliy ahamiyati

Tahlilning instrumental (fizik-kimyoviy) usullarini yana bir bor tushunarli qilib ta'riflaymiz:

Tahlilning instrumental (fizik–kimyoviy) usullari (qisqacha aytganda - TIU) ma'lum bir kimyoviy reaksiyalar ta'sirida tadqiq etilayotgan kimyoviy moddalar aralashmasining (eritmasining) konsentratsiyasini uning fizikaviy xossalarida ro'y beradigan o'zgarishlarni o'lchash natijasida aniqlashga asoslanadi. (Bundan keyin TIU degan qisqartiruvga amal qilamiz).

TIU usullarining roli ekologiyada juda ham muhim, ayniqsa atrof-muhit monitoringida. Faqat spektroskopik, elektrokimyoviy, xromatografik (ular orasida mass – spektrometriyani alohida qayd etish lozim) va boshqa zamonaviy tahliliy uslublariga, aniqlikning yuqori darajadagi sezuvchanlik va tanlanish borasidagi zaruriy o'ta yuqori aniqlik chegaralariga erishishga imkon beradi. Ushbu muammoning muhimligini inobatga olib, ko'pgina firmalar bozorni turli ob'ektlarning maxsus monitoringini amalga oshira oladigan har xil sodda va murakkab uskunalar bilan boyitib bormoqdalar.

Tahlilning fizika-kimyoviy usublari zamonaviy tahliliy laboratoriyalar tomonidan oziq-ovqat sanoatining turli sohalarida, saqlashdan to tashishgacha bo'lgan ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida, xomashyo va oziq-ovqat mahsulotlarini sifati haqidagi quyidagi asosiy ma'lumotlarni olish uchun qo'llanib kelinmoqda:

Asosiy komponentlar – oqsillar, lipidlar, uglevodlar;

Fermentlar, aminokislotalar, gormonlar, pestitsidlar;

Nitratlar va nitritlar, sharbatlar, pivo, vino va boshqalardagi aktiv reaksiyani (pH);

Mahsulotlar, xom ashyolar va ularning upakovka o'ramlaridagi Zn, Al, Pb, Cd va boshqa metallarni aniqlash uchun.

Masalan, tuproq resurslari ekologik tadqiqotlarida ishlatiladigan instrumental vositalarning % miqdori quyidagicha:

Fotometrik asboblari - taxminan 26% (22 usul);

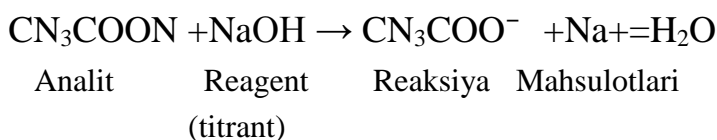
Atom-absorbtsiya yoki atom-emissiya spektrometrlari - 21% (20);

xromatograflar (gaz-suyuq, ion) - 40% (18);
elektrokimyoviy asboblari - 11% (9);
titratorlar - 7% (6);
mass-spektrometrlar - 5% (2);
IQ-spektrometrlar, fluorimetrlar - har biri 2,5% (2);
qolganlari - 3-4% (3).

Ko'pchilik TIU tahlili titrlash orqali amalga oshiriladi.

Titrlashning ta'rifi. Titrlash namunadagi (tadqiq qilinayotgan tabiiy suv namunasida yoki biron-bir eritmada) ma'lum bir moddaning (analitning) miqdoriy aniqlash imkonini beruvchi analitik uslubdir. U tadqiq qilinayotgan modda va o'sha modda mavjud bo'lgan namunaga qo'shiladigan konsentratsiyasi ma'lum reagent (titrant) o'rtasidagi to'liq kimyoviy reaksiyaga asoslangan.

Taniqli misol - bu sirka kislotasini (CN_3COON) natriy gidroksid (NaOH) bilan titrlash:



Reaksiya tamom bo'lguncha titrant qo'shiladi. Maqsadga erishish, ya'ni analitning konsentratsiyasi aniqlanishi uchun titrlash reaksiyasini oxirgi nuqtasi oson kuzatiladigan bo'lishi kerak. Bu reaksiya nazorat qilinishi kerak, degan ma'noni anglatadi, (ko'rsatilgan) tegishli metodlar bilan, masalan, potentsiometriya (elektrodlar bilan potentsialni o'lchash) yoki rangli indikator ko'rsatkichlarini qo'llab.

Taqsimlangan titrant hajmini o'lchash analitik tarkibni asoslangan holda hisoblashga imkon beradi. Titrlashda ishtirok etuvchi reaksiya tez, to'liq, aniq va yaqqol kuzatiladigan bo'lishi kerak.

Termometrik titrlash asosida – termik izolyatsiyalangan idishdagi reaksion qorishmani titrlash jarayonida haroratning o'zgarishi yotadi.

Radiometrik titrlash – tahliliy reaksiya kechish jarayonida tadqiq etilayotgan tizimning qaysidir bir komponentida radioaktivlikning o'zgarishi yotadi.

Tahlilning elektr-kimyoviy, optik, xromatografik uslublari haqida keyingi boblarimizda batafsil gapirib o'tamiz.

So'nggi paytlarda tahliliy amaliyotda tahlil uslubiyotining gibridd ko'rinishlari qo'llanilmoqda – bu, keyinchalik u yoki bu uslub yordamida komponentlarni aniqlash maqsadida avvaldan ajratilgan va konsentratsiyalangan

organik birikmalarni tahlil qilish uslublaridir. Bunday gibridlashtirish bir ixcham uskunada tadbiq etiladi. Cu^{2+} va Fe^{3+} ionlarini xromatografiya usuli yordamida ajratilishi va keyinchalik Cu^{2+} ni titrimetrik va Fe^{3+} ni esa fotometrik uslublar yordamida miqdoriy aniqlanishi, bunday uslublarga yaqqol misol bo'lib xizmat qilishi mumkin. Bunday uslublarning afzalligi: yuqori darajada aniq ajratilishi, nisbatan oddiylik, aniqlanish darajasining yuqoriligi, avtomatlashtirish imkoniyatining mavjudligi.

1.7 Tahlilning instrumental usullarining afzalliklari va kamchiliklari

Ushbu uslublarning **afzalliklari**:

1. avtomatlashtirish imkoniyatining borligi;
2. aniqlanish chegarasining yuqoriligi ($1 - 10^{-9}$ mkg) va aniqlanishi mumkin bo'lgan konsentratsiyaning juda pastligi (10^{-12} g/ml);
3. yuqori darajadagi sezuvchanlik. An'anaviy uslublarda yuqori aniqlikka ega bo'lishiga qaramasdan, katta miqdordagi asosiy moddalarning "soyasida" boshqa ba'zi bir moddalarning aralashmalari va izli miqdorini aniqlashga sezuvchanligi etishmas edi. TIUning sezuvchanligi esa $10^{-5} - 10^{-6}$ %, ba'zi hollarda esa hatto 10^{-12} %ni tashkil etishi mumkin.
4. Yuqori sezgirlik – fizik parametr (ordinata o'qi) konsentratsiyaga (abstsissa o'qi) bog'liqligi graduirovkasi egri chizig'ining nishablik burchagi tangensi kattaligidir. Burchak tangensi qanchalik katta bo'lsa, uslub shunchalik sezuvchan bo'ladi, ya'ni fizik xossalarni bir xil o'zgaruvchanligiga erishish uchun ajraladigan moddaning konsentratsiyasi yoki miqdorini kamroq o'zgarishi talab etiladi;
5. Yuqori selektivlik;
6. TIUning muhim afzalligi **ekspressligi** – ya'ni tahlilning tez amalga oshirilishi va natijalarning qisqa muddatda olinishi bo'lib, vaqtning tejalishi va ortiqcha mehnatni talab etmasligidan tashqari, ko'pincha katta iqtisodiy samara ham beradi. Bundan tashqari, ko'pgina uskunalar tahlilning o'tkazilish jarayonini yoki uning ba'zi bir bosqichlarini avtomatlashtirish, butun texnologik tsiklni nazorat qilish imkonini beradi.

Kamchiliklari:

1. Tahlil natijalarini qayta tekshirish imkonining an'anaviy uslublarga nisbatan yomonligi;
2. Xatolik darajasi ± 5 % (an'anaviy uslubda: $0,1 - 0,5$ %);

3. uskunalarning murakkabligi va narxining yuqoriligi.

TIUning asosiy kamchiligi etalonlarga, standartlashtirilgan namunalarga, standartli aralashmalarga va darajalangan graduirovka grafiklariga bo'lgan talabdir. Biroq, ta'kidlash joizki, zamonaviy tahliliy uskunasozlik "soyasida" an'anaviy kimyoviy uslublar, yuqori darajadagi aniqligi, ishonchliligi va ochiqiligi bilan o'z ahamiyatini yo'qotmadi. Ular tahlilning yuqori darajadagi aniqligi kerak bo'lganda va vaqt chegaralanmaganida, tengsiz hisoblanadi. Bundan tashqari TIU uchun etalonlar an'anaviy kimyoviy uslublar yordamida tayyorlanadi. Arbitraj sudlarda ham kimyoviy uslublarda olingan yuqori darajadagi aniqlik afzalroq bo'lib hisoblanadi.

1.8 Tahlilning instrumental usullarida qo'llaniladigan asosiy usullar

TIUning barcha turlarida ikkita asosiy usul qo'llaniladi – to'g'ridan-to'g'ri (bevosita) va titrli (bilvosita) o'lchash.

To'g'ridan-to'g'ri (bevosita) usullar – bunda, analitik (tahliliy) signalning kattaligining tahlil etilayotgan moddaning tabiati va uning konsentratsiyasiga bog'liqligi qo'llaniladi. Analitik signal "*I*" faolligi va moddaning konsentratsiyasi orasidagi bog'liqlik turlicha xususiyatga ega bo'ladi. Ko'pincha bunday bog'liqlik oddiy chiziqli mutanosiblikda namoyon bo'ladi.

$$I = k C \quad (1)$$

k- o'zgarmas son (konstanta); *C* – konsentratsiya.

Yuqorida keltirilgan mutanosiblikka qat'iy rioya etishga hech bo'lmaganda, tahlil qilinayotgan konsentratsiyalar sohasida amal qilinishi talab etiladi.

TIU tahlil usullari qo'llanilganda modda konsentratsiyasini aniqlashga to'g'ridan-to'g'ri erishishning uchta usuli tahliliy amaliyotda keng tarqalgan.

1. *Graduirovkalanagan (Darajalangan) grafik usuli.* Ushbu usulda *I* analitik signalning aniqlanadigan turli konsentratsiyali moddaning bir necha standartli eritmaları uchun faolligi o'lchanadi va koordinatalarda darajalangan grafiki tuziladi: $I = f(C)$. Keyin xuddi shu shartlar asosida tahlil etilayotgan noma'lum namunaning (topshiriqning) analitik signalini faolligi o'lchanadi va darajalangan grafik asosida tahlil etilayotgan moddaning konsentratsiyasi aniqlanadi.

2. *Qo'shimchalar usuli.* Ushbu holatda avval tahlil qilinayotgan namunaning (topshiriqning) *I_x* tahlil signalining faolligi o'lchanadi, keyin namunaga oldindan

ma'lum C_{ct} konsentratsiyali standart eritmaning ma'lum hajmi kiritiladi va yana bir marotaba I_{x+ct} signalining faolligi (1) formuladan kelib chiqqan holda o'lchanadi,

$I_x = k C_x$, demak:

$I_{x+ct} = k (C_x + C_{ct})$ bo'lsa,

unda

$$C_x = \frac{C_{ct} I_x}{I_{x+ct} - I_x}. \quad (2)$$

3. *Molyar xususiyat usuli.* Ushbu usulda ham bir nechta standart eritmalarining analitik signali faolligi o'lchanadi. k molyar xususiyat formula bo'yicha barcha o'lchamlarning o'rtacha kattaligi sifatida hisoblanadi

$$k = \frac{I}{C}, \quad (3)$$

ya'ni, natijada moddaning 1 molga teng (proportsional) bo'lgan analitik signalning faolligi olinadi. Keyin xuddi shu sharoitda tahlil qilinayotgan namunaning I_x signalining faolligi o'lchanadi va quyidagi formula bo'yicha tahlil qilinayotgan komponentning konsentratsiyasi hisoblanadi:

$$C_x = \frac{I_x}{k} \quad (4)$$

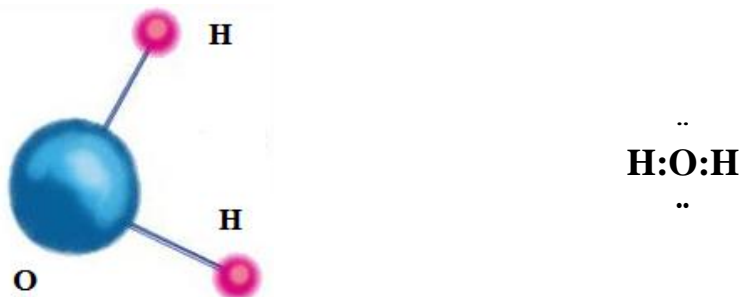
Bilvosita (titrli) usullar. Ushbu uslublar guruhida analitik signalning titrlash jarayonidagi o'zgarishi o'lchanadi va koordinatlarda titrlash egri chizig'i quriladi $I=f(V)$, bunda V – qo'shimcha ravishda quyilgan titrantning hajmi. Modda konsentratsiyasi signalning faolligiga qarab emas, mutanosiblik nuqtasidagi titrant hajmiga qarab aniqlanadi. Shu sababdan titrimetriya uslublari bilvosita uslublar nomini olgan. Bunda titrlash egri chizig'ining turlari ko'p bo'ladi, chunki tahliliy signalning faolligi nafaqat aniqlanadigan komponentning konsentratsiyasi, balki titrantni va qolaversa reaksiya mahsulotining konsentratsiyasi bilan ham bog'liq bo'lishi mumkin.

1.9 Suv molekulasining tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari

Ekologiya va tabiatni muxofazasi, tashqi muhit tarkibiy qismlarini sifatiiy va ifloslanganlik darajasi monitoringi sohasidagi ko'pchilik tadqiqotlarda analitik kimyo tahlillari kimyoviy elementlar va birikmalarning suvda erigan atomlari,

ionlari va molekularini tahlil qilish orqali amalga oshiriladi. Bunga sabab, ko'pchilik tabiiy va suniy kimyoviy moddalar suvda ozmi-ko'pmi erish xususiyatiga ega, ya'ni suv tabiatdagi eng yaxshi erituvchilardan biridir. Bu xususiyat Er kurrasida hayot bo'lishining ham asosini belgilab beradi. Albatta ko'pchilik moddalar, ayniqsa suniy ifloslantiruvchi birikmalar suvda deyarli erimaydi, va ularni organik erituvchilarda, kislotalarda, va boshqa kuchli erituvchilarda eritilib, keyingina analitik tahlil ishlari bajariladi (masalan xlororganik pestitsidlar, neft maxsulotlari, yog'lar, oqsillar va h.k.). Shuning uchun ham qichqacha bo'lsada suvning molekulasining tuzilishi bilan tanishib o'tish lozim bo'ladi.

Suv (vodorod oksidi) H_2O vodorodning kislorod bilan eng oddiy va mustahkam birikmasidir. Suvning molekulyar massasi 18.0160, bundan vodorodga 11.19% va kislorodga 88.81% to'g'ri keladi. Suv tarkibiga kiruvchi yadrolar teng burchakli uch hosil qilib, uning asosida ikkita proton (ya'ni vodorod atomlari), cho'qqisida esa kislorod atomi joylashgan. Vodorod bilan kislorod yadrolari orasidagi masofa 0,1 nM ga yaqin bo'lib, vodorod atomlari yadrolari orasidagi masofa 0,15 nM ga tengdir. Kislorod atomidagi elektronlar quyidagicha qavatlarida joylashgan: $1s^2 2s^2 2p^4$, ya'ni tashqi energetik qavatda 6 ta elektronlar joylashgan. Tashqi elektron qavatni tashkil etuvchi elektronlardan ikkitasi kislorod atomi va vodorod atomlari o'rtasidagi kovalent bog'ni hosil qiladi, kolgan 4 ta elektron taqsimlanmagan ikkita elektron juftini hosil qiladi:



1.1 rasm. Suv molekulasining tuzilishi

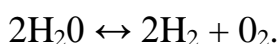
O—H bog'ni hosil kiluvchi elektronlar elektromanfiyligi yuqori bo'lgan kislorod atomi tomon siljigan. Natijada vodorod atomlari musbat zaryadga ega bo'lib, bu atomlarda ikkita musbat qutb vujudga keladi. Elektronlar juftlarining manfiy zaryadlari markazi nisbatan kislorod atomi yadrosi tomon siljigan bo'lib, ikkita manfiy qutb hosil qiladi.

Toza suv rangsiz tiniq suyuqlikdir. Suvning zichligi qattiq xolatdan suyuq holatga o'tganda boshqa moddalardagi kabi kamaymaydi, balki oshadi. Suvning +

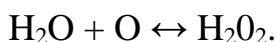
4°C dagi zichligi 1 g/sm³ ga teng, 4°C dan yuqorida ham, undan pastda ham suvning zichligi 1 dan kichik bo'ladi. Bu xodisa suvning zichlik anomaliyasi deb ataladi.

Shuning uchun ham muz yuzada qoladi va o'zidan pastdagi suv qatlamlarini yanada sovishdan va muzlashdan saqlaydi. Bu suv havzalaridagi tirik organizmlarning hayotini qattiq sovuqda ham saqlanib qolishiga yordam beradi. Toza suvning solishtirma issiqlik sig'imi barcha suyuq va qattiq moddalarnikidan katta bo'lib, 4,18 j/(kg·grad) ga teng. Shuning uchun ham suv yozdan qishga o'tish davrida hamda kechasi sekin soviydi.

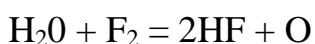
Suvning kimyoviy xossalari. Suv molekulari nihoyatda ko'p issiqlik chiqishi bilan hosil bo'lganligi sababli, suv qizdirishga juda chidamlidir. Lekin 1000°C dan yuqorida suv bug'i vodorod bilan kislorodga parchalana boshlaydi. Moddalarning qizdirish natijasida parchalanishi termik dissotsiatsiya deb ataladi.:



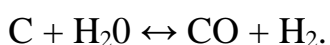
Suvning reaksiyaga kirishish xususiyati yuqoridir, masalan: ko'pgina metall va metallmaslarning oksidlari suv bilan birikib, asoslar va kislotalarni hosil qiladi. Ancha aktiv metallar suv bilan reaksiyaga kirishganda, vodorod ajralib chiqadi. Suv atomar kislorod bilan birikib, vodorod peroksidni hosil qiladi:



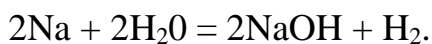
Suv fluor bilan reaksiyaga kirishganda atomar holdagi kislorod ajralib chiqadi:



Cho'g' holdagi ko'mir orqali suv bug'i o'tkazilganda CO va H₂ aralashmasi hosil bo'ladi:



Uy temperaturasida ishqoriy metallar ta'sirida suv parchalanadi:



Asl metallar (oltin, platina, kumush) va simob suv bilan reaksiyaga kirishmaydi. O'z-o'zicha boradigan juda ko'p reaksiyalarda suv bug'i katalizator vazifasini o'taydi. Suv qutbli modda bo'lganligi uchun juda yaxshi erituvchidir.

1.10 Tahlilning instrumental usullarida eritmalar va kontsentratsiyalarni ifodalash usullari

Moddalarning suvda eruvchanligi. *Moddaning biror erituvchida ma'lum bir temperaturada eriy olish xususiyati moddaning eruvchanligi deyiladi.* Har

qanday eritma eruvchi moddadan va erituvchidan tashkil topgan bo'ladi. Tuzlarning suvli eritmalarida suv erituvchi hisoblanadi. Agar eritmani hosil qiluvchi ikkala komponent erish jarayonida bir xil agregat holatda bo'lsa masalan, spirt va suv), ko'proq miqdordagi komponent erituvchi hisoblanadi. Ba'zi bir moddalarning erishida issiqlik ajralib chiqishi erituvchi bilan eruvchi modda o'rtasida kimyoviy o'zaro ta'sir borligini ko'rsatadi. Moddalarning eruvchanligi (ya'ni to'yingan eritmasining konsentratsiyasi) erigan moddaning va erituvchining tabiatiga shuningdek, harorat va bosimga bog'liq.

Moddaning ma'lum temperaturada 100 g erituvchida erib, to'yingan eritma hosil qiladigan massasi uning eruvchanlik koeffitsienti deb ataladi. Masalan, glyukoza uchun bu ko'rsatkich 200 g, osh tuzi uchun 35 g.

Nazariy jihatdan olganda mutlaqo erimaydigan modda bo'lmaydi. Hatto, oltin va kumush ham juda oz darajada bo'lsa ham suvda eriydi. Ko'pincha, qattiq moddalarning suvda eruvchanligi harorat ko'tarilishi bilan ortib boradi. Gazlarda, aksincha, temperatera ortishi bilan eruvchanlik kamayib boradi.

Gazlarning suvdagi eruvchanligi ekzotermik jarayondir. Temperatura ko'tarilishi bilan gazlarning eruvchanligi kamayadi. Gaz suyuqlikda eriganda ma'lum vaqtdan so'ng muvozanat qaror topadi:

Gaz + suyuqlik \leftrightarrow gazning suyuqlikdagi to'yingan eritmasi.

Gaz eriganda sistemaning hajmi ancha kamayadi. Demak, bosimning oshirilishi muvozanatning o'ng tomonga siljishiga, ya'ni gaz eruvchanligining oshishiga olib keladi. Gazlarning suyuqliklardagi eruvchanligi Genri qonuni bilan ifodalanadi:

O'zgarmas temperaturada ma'lum hajmdagi suyuqlikda erigan gazning massasi shu gazning partzial bosimiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$C = k \cdot p \quad (5)$$

C — gazning to'yingan eritmadagi massa konsentratsiyasi,

p — partzial bosim, k — proporsionallik koeffitsienti yoki Genri konstantasi.

Ta'kidlash kerakki, bu qonun faqat past bosimlarda va ideal eritmalarda amal qiladi. Gazlar aralashmasi eritilganda har qaysi gaz mustaqil ravishda eriydi, ya'ni bir gazning erishiga aralashmadagi boshqa gazlar hech qanday xalal bermaydi. Gazlar juda yuqori bo'lmagan bosim va erituvchi bilan gaz o'zaro kimyoviy ta'sirlashmagan hollardagina Genri qonuniga bo'ysunadi.

Eritmalarning konsentratsiyalarini ifodalash turlari. To'yingan eritmalar kam ishlatiladi. Ko'pgina hollarda to'yinmagan eritmalardan foydalaniladi. Kam modda erigan eritmalar suyultirilgan eritmalar, ko'p miqdor modda erigan eritmalar konsentrlangan eritmalar deb yuritiladi.

Eritmaning yoki erituvchining ma'lum massa miqdorida yoki ma'lum hajmida erigan modda miqdori eritmaning konsentratsiyasi deb ataladi. Konsentratsiyalarni ifodalashning TIU tahlillarida qo'llaniladigan asosiy turlari quyidagilardan iborat:

Massa konsentratsiyasi. Bu 1 l eritmada erigan moddaning massasini ko'rsatadi:

$$C = \frac{m \text{ modda}}{V \text{ eritma}} \quad (6)$$

m modda – erigan moddaning massasi, g

V eritma – eritmaning hajmi, litrda.

O'lchov birligi – ko'pincha g/l. Mikrotahlillarda kichikroq o'lchamlar: mg/l, µg/l ham qo'llaniladi, masalan, suvdagi mikroelementlar tahlilida. Ushbu usul bilan ko'pincha tabiiy va mineral suvlarning tarkibini baholashadi.

Foizli konsentratsiya. Bu o'lchamsiz miqdor bo'lib, erigan moddaning foizlarda ifodalangan massa qismi erigan modda miqdori eritmaning umumiy miqdoriga nisbatan foiz hisobida ifodalanadi.

$$C (\%) = \frac{m \text{ modda}}{m \text{ eritma}} \times 100\% \quad (7)$$

Masalan, 15% li osh tuzi eritmasi deyilganda 100 gramm eritmada 15 g NaCl bor, 85 grami suvdur (aniqroq aytganda osh tuzi tarkibida bir qator boshqa tuzlar ham bo'ladi). Yoki, masalan, 3%-lik yodning spirdagi eritmasi har 100 g eritmada 3 g yod yoki 3g yod 97g spirda erigan.

3. *Molyar konsentratsiya (Cm).* 1 litr eritmada qancha mol miqdorida erigan modda borligini ko'rsatadi Ya'ni erigan moddaning 1 litr eritmada mollar soni eritmaning molyar konsentratsiyasi deyiladi. Bunday eritmalar molyar eritmalar deyiladi.

Odatda molyar konsentratsiya C_m yoki M bilan ifodalanadi.

Masalan, $1M$ N_2SO_4 eritmasi – bu 1 litr eritmada 1 mol (ya'ni 98 g) sulfat kislotasi borligini bildiradi. Demak, $2M$ H_2SO_4 eritmasi deganda har bir litrida 196 g kislota bor.

$$C_m = \frac{M \text{ modda}}{V \text{ eritma}} \quad (8)$$

M modda – erigan moddaning molyar massasi (g/mol),

V eritma – eritmaning hajmi, litrda.

Normal eritma deb 1 litr eritmada erigan moddaning ekvivalentlar soniga aytiladi. Bunday eritmalar normal eritmalar deb ataladi. Ular C_n yoki N harfi bilan ifodalanadi.

Chunonchi, $2n$ H_2SO_4 eritmasi deganda bir litr eritmada 2 ekvivalent sulfat kislota erigan deb tushunish kerak. 1 ekvivalent H_2SO_4 49 (g) ga teng bo'lsa, 2 ekvivalenti 98 (g) ga teng. Demak, 1 n eritma tayyorlash uchun 49 g kislota 1 l suvda eritish lozim.

Demak, o'zaro reaksiyaga kirishayotgan eritmalarning normal konsentratsiyalari o'zaro teng bo'lsa, bu eritmalar qoldiqsiz reaksiyaga kirishadi. Bunday eritmalarning qoldiqsiz reaksiyaga kirishadigan hajmlari ularning normalliklariga teskari proportsionaldir:

$$V_1 / V_2 = N_2 / N_1 \quad (9)$$

Bu nisbatlagi V_1 — birinchi eritmaning hajmi, V_2 — ikkinchi eritmaning hajmi, N_1 — birinchi eritmaning normalligi, N_2 — ikkinchi eritmaning normalligi.

Bu tenglama asosida reaksiya uchun kerak bo'ladigan eritmalarning hajmigina emas, balki reaksiya uchun sarf bo'lgan eritmalarning konsentratsiyasini ham hisoblab topish mumkin.

Nazorat savollari

1. O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining qaysi moddasi atrof-muhit muhofazasiga, jumladan tozaligi masalalariga bag'ishlangan?
2. "Tabiatni muhofaza qilish to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Qonunining qaysi moddalarida tabiat resurslaridan foydalanish atrof-muhitni ifloslanishdan asrash to'g'risida aytib o'tilgan?
3. Tahliliy kimyo nima va uning qisqacha rivojlanish tarixi?
4. Kimyoviy reaksiyalar natijasida moddalarning vaznini saqlanib qolish qonuni nima va kim tomonidan kashf etilgan?
5. Tahlil uslublarining klassifikatsiyasi
6. Tahlilning fizikaviy usublari
7. Tahlilning instrumental (fizik-kimyoviy) usublari
8. Tahlilning fizik-kimyoviy (instrumental) usublari ekologik va amaliy ahamiyati
9. Tahlilning instrumental uslublarining afzalliklari va kamchiliklari
10. Tahlilning instrumental usullarida qo'llaniladigan asosiy usullar.
11. Suv molekulasining tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari
12. Eritmalar va konsentratsiyalarni ifodalash usullari
13. Refraktometriya va densimetriya nima?
14. Eruvchanlik va eruvchanlik koeffitsienti nima?
15. Gazlarning suvda eruvchanligi va temperatura orasida qanday bog'liqlik bor?
16. Moddaning massa konsentratsiyasi nima?
17. Foizli konsentratsiya nima?
18. Moddaning molyar massasi nima?
19. Molyar konsentratsiya nima?
20. Normal eritma qanday yaratiladi?
21. Suvning fizik-kimyoviy xossalarini gapirib bering.
22. Qaysi konsentratsiyalarni ifodalash turlarini bilasiz?

II BOB. TAHLILNING ELEKTR-KIMYOVIIY USULLARI

Ushbu bobni yozishda foydalanilgan adabiyotlar:

1. Axrorova P.O. Chirchiq daryosi suv sifatining o'zgarish dinamikasini konduktometriya metodida baholash (suvning elektr o'tkazuvchanligi, mineralizatsiyasi va xlorid ionlari konsentratsiyasi misolida). Magistrlik dissertatsiyasi avtoreferati, (raxbar: Karimov B.K.) Toshkent – 2019, 119 b.

2. Лебедева М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. Пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216с.

3. Vasilev V.P. Analitik Kimyo. (ikki qismli). Gravimetrik va titrimetrik analiz usullari. Muharrir – M. Odilova. Oliy o'quv yurtlarining kimyo-texnologiya mutaxassisligi talabalari uchun darslik. «O'ZBEKISTON» nashriyoti, 1999 y. 368 b. www.ziyouz.com kutubxonasi.

4. Инструментальные методы анализа : лаборатор. практикум: [учеб.-метод. пособие] / [В. И. Кочеров, И. С. Алямовская, Н. Е. Дариенко, С. Ю. Сараева Т. С. Свалова, А. И. Матерн]; под общ. ред. С. Ю. Сараевой ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал, федер. ун-т. - Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2015. - 96 с. ISBN 978-5-7996-1385.

5. Инструментальные методы анализа веществ и материалов: метод. указания / сост. [И. А. Платонов и др.]. – Самара: СГАУ, 2015. – 36 с.

6. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии: Учебное пособие/Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172с.

7. Каримов Б.К., Разақов Р.М. Гидрохимическая характеристика водоемов коллекторно-дренажных систем среднего течения р. Сырдарьи. Сборник научных трудов НПО САНИИРИ, 1989, с. 49-58.

8. Нечипоренко А.П. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Электрохимические методы. Потенциометрия и кондуктометрия: Учеб.-метод. пособие / Под ред. В.В. Кириллова. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 34 с.

9. Симаков В.В., Никитина Л.В., Третьяченко Е.В. Электрогравиметрия. Методические указания к лабораторной работе по курсу физической химии и аналитической химии для студентов технических специальностей. Саратов, 2006б 26с.

10. Стунжас П.А. О расчете электропроводности воды Аральского моря и коррекции “зондовой” солености 2002–2009 гг. *Океанология*, 2016, 56 (6), 861-868.

11. Тищенко П. Я., П. А. Стунжас , Г. Ю. Павлова, Т. А. Михайлик , П. Ю. Семкин, Р. В. Чичкин. Алгоритм расчета минерализации речных и солености эстуарных вод из данных электропроводности. *Океанология*, 2019, 59(4), 591-599.

12. Francis Rouessac and Annick Rouessac. *Chemical Analysis - Modern Instrumentation Methods and Techniques*. Second Edition. John Wiley&Sons, Ltd, 2007, 599.

13. Karimov B.K., Kamilov B.G., M. Matthies. Unconventional water resources of agricultural origin and their re-utilization potential for development of desert land aquaculture in the Aral Sea basin. Bhaduri, Bogardi, Leentvaar, Marx (Eds.) 2014: *The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance*, Springer International Publishing Switzerland, pp. 183-200.

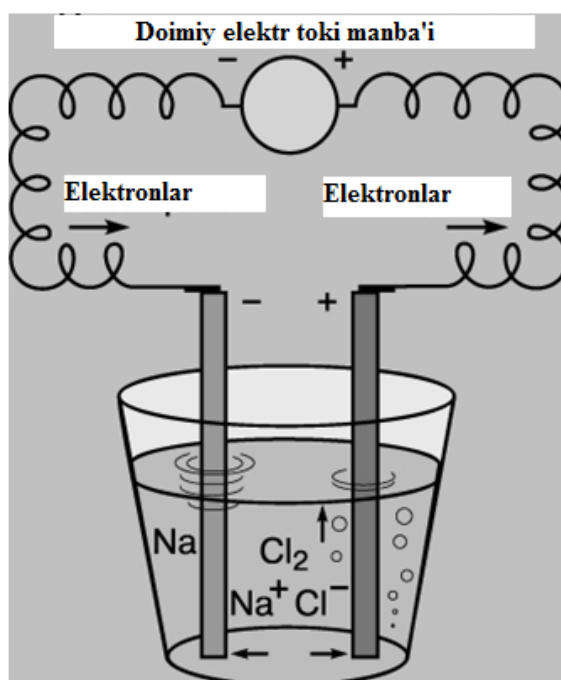
14. Karimov B.K., M. Matthies, V. Talskikh, M.A. Plotsen and E.B. Karimov. Salinization of River Waters and Suitability of Electric Conductivity Value for Saving Freshwater from Salts in Aral Sea Basin. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, Vol. 16, No. 3 (2019), pp. 109-114. DOI 10.3233/AJW190039.

15. Mettler-Noledo. Basics of titration. (51725228A_V02.17 Basics of Titration _Complete_ en). 17.07.2020 da qarab chiqildi, 45p.

2.1 Kirish. Elektr-kimyoviy usullarning klassifikatsiyasi

Tahlilning TIU usullari orasida elektr- kimyoviy uslublar guruhi muhim o'rin egallaydi. Ularni ommaboplik, o'ziga xoslik – ko'pgina boshqa ionlar orasidan alohida ionlarni aniqlash imkoniyatining mavjudligi, rangli va loyqa eritmalarini ham maxsus ishlov bermasdan tahlil qilish imkoniyatlari boshqalardan ajratib turadi. Tahlilning elektr-kimyoviy uslubi o'zida, tahlil etilayotgan eritma bilan aloqada (kontaktda) bo'lgan elektrodalarda, shuningdek elektrokimyoviy yacheykalarining (katakchalarning) elektrodlar orasidagi bo'shliqda kechadigan hodisalarni tadqiq etish va tahlil etishni mujassam etadi.

Shunday qilib, tahlilning elektr-kimyoviy uslublari kimyoviy reaksiyalarni kechish jarayonida o'zgaradigan kimyoviy eritmalarining (analitik signallarning) elektr parametrlarini o'lchash va qayd etishga asoslanadi. Elektr-kimyoviy tizim odatda, tadqiq etilayotgan aralashma va elektrodlar bilan yagona konstruktiv yaxlitlikni hosil etadigan idishdan iborat elektrokimyoviy katakchadan (yacheykadan) tashkil topgan (2.1 rasm).



2.1 rasm. Elektr-kimyoviy katakcha (galvanik element).

Elektr-kimyoviy usullarning quyidagi klassifikatsiyasi qabul qilingan:

Birinchi toifa tizimdagi elektr energiya manbaining tabiatini inobatga oladi va shunga asosan ushbu uslublarning ikki guruhi farqlanadi:

- tashqi potensial yuklanmagan uslublar. Bu yerda elektr energiyasi manbai – elektrokimyoviy tizimning (galvanik element) o'zi. Bunday uslublarga

potentsimetrik uslublar kiradi.

- tashqi potentsial yuklangan uslublar. Bunga quyidagilar kiradi: konduktometriya, voltamperometriya, qulonometriya, elektrogravimetriya.

Ikkinchi toifa qo'llanilish usuli bo'yicha klassifikatsiya va bunga asosan quyidagi ikki uslublar guruhlarini farqlashadi: bevosita va bilvosita.

- Bevosita uslublarda analitik signalni eritma konsentratsiyasining funksiyasi sifatida o'lchanadi va uskuna ko'rsatmasi bo'yicha eritmadagi moddaning miqdorini topishadi (bevosita potentsiometriya, bevosita konduktometriya va hokazo).

- Bilvosita uslublar – bu titrlash usublari bo'lib, bunda titrlashning yakuni tizimning elektr parametrlarini o'lchashga asoslangan holda aniqlanadi (konduktometrik, amperometrik titrlash va hokazo).

Bevosita o'lchashlarda elektr tokini (potentsialini) moddaning eritmadagi konsentratsiyasi bilan bog'liqligidan foydalaniladi.

Bilvositada esa tokning kuchini (potentsialini) aniqlanishi lozim bo'lgan moddani ma'lum titrant bilan titrlashning oxirgi nuqtasini belgilab olish uchun o'lchanadi, ya'ni o'lchanayotgan parametrning titrant xajmiga bog'liqligidan (titrlanganlik darajasidan) foydalaniladi.

Barcha hollarda, tahlil etilayotgan eritma konsentratsiyasiga funktsional bog'langan va to'g'ri o'lchanilishi mumkin bo'lgan, o'lchanadigan elektr (tok kuchi, kuchlanish) yoki elektr-kimyoviy (aralashmaning elektr o'tkazuvchanligi, elektrodning qutblanishi) parametrlar analitik signal bo'lib hisoblanadi.

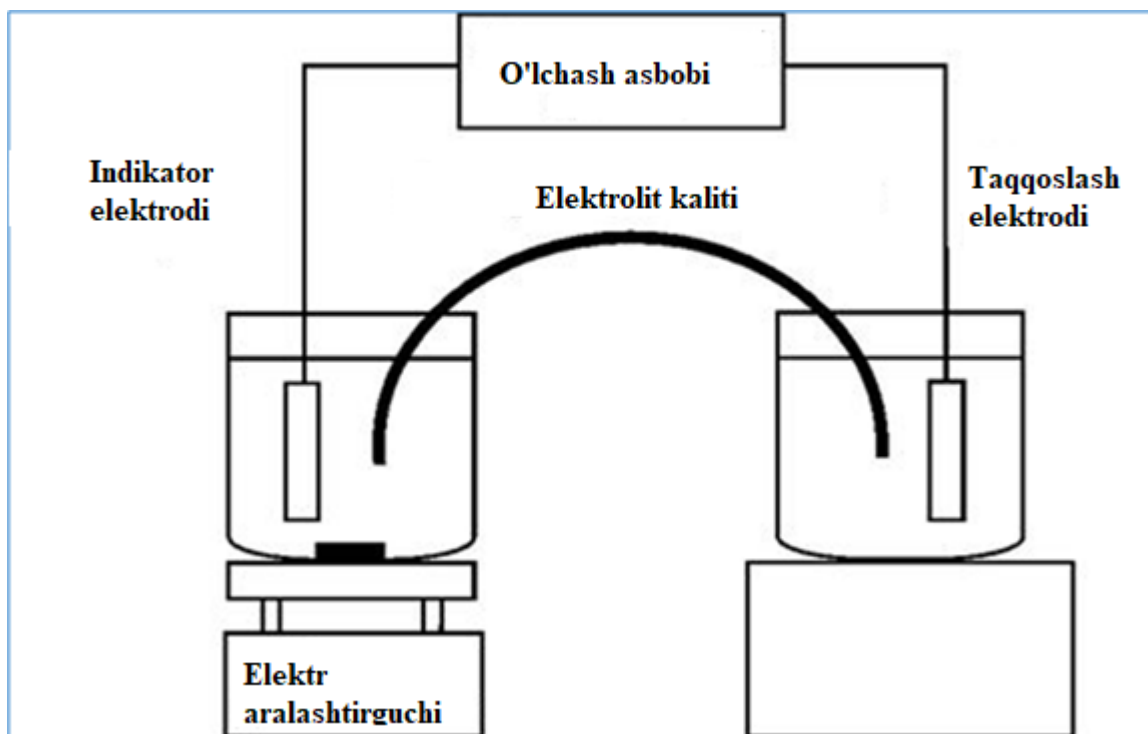
Tahlilning elektr-kimyoviy usublari moddalar konsentratsiyasini keng intervalda (1 dan $1 \cdot 10^{-9}$ mol/l gacha) aniqlash imkoniyatini berishi, juda ham osonlik bilan avtomatlashtirilishi va oziq-ovqat mahsulotlari sifatini nazorat qilishda qo'llanilishi mumkin.

2.2 Tahlilning potentsiometrik usullari

Potentsiometrik uslub, *galvanik elementlar tomonidan qaytariluvchi elektr harakatlantiruvchi (yurituvchi) kuchlarni (EHK) o'lchashga asoslangan bo'lib*, ushbu kuchlar aralashma tarkibidagi moddalar tarkibini aniqlash va turli fizik-kimyoviy kattaliklarni o'lchashga ishlatiladi. Potentsiometrda odatda ikkita

elektroddan iborat galvanik element qo'llanilib, ushbu elektrodlar bitta eritmaga (ko'chirilmas element, 2.1 rasm) yoki turli xil tarkibga ega bo'lgan va bir-biri bilan suyuqlik ko'prigi orqali aloqaga ega (ko'chadigan zanjir) eritmalarga solinadi (2.2 rasm).

Boshqacha qilib aytganda, tahlil, tadqiq etilayotgan aralashmaga solingan ikkita elektrod – taqqoslash elektrodi va indikator elektrodidan iborat potentsiometrik katakchada o'tkaziladi. **Potentsiali eritmadagi aniqlanadigan ionlarning faolligi (konsentratsiyasi) ga bog'liq bo'lgan elektrod – indikator elektrodi deb ataladi.**



2.2 rasm. Turli xil tarkibga ega bo'lgan va bir-biri bilan suyuqlik ko'prigi (kalit) orqali aloqaga ega eritmalarga solingan galvanik element (ko'chadigan zanjir).

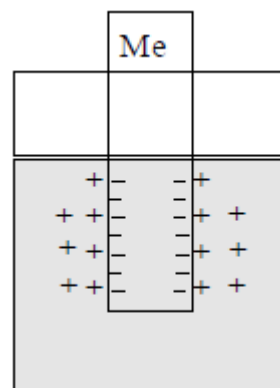
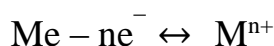
Indikator elektrodning potentsialini o'lchash uchun aralashmaga, potentsiali aniqlanadigan ionlarning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan ikkinchi elektrod tushiriladi. Bunday elektrod taqqoslash elektrodi deb ataladi. EHKning kattaligini ushbu elektrodlar potentsialining har xilligi farqidan hisoblash mumkin.

Buning uchun elektrodlar tashqi elektr zanjiridan o'lchash asbobiga – potentsiometr ga ulanadi. Potentsiometr yacheykadagi elektrodlar potentsialining har xilligini farqini, ya'ni indikator elektrodining potentsialini taqqoslov elektrodining potentsialiga nisbatan o'lchaydi. Taqqoslov elektrodining potentsiali bunday sharoitda doimiy (konstant) ($\varphi_{\text{taq.}} = \text{const}$) kattalik bo'ladi,

indikator elektrod potentsiali o'zi esa bunday konstant kattalik hisoblanmaydi ($\varphi_{ind.} \neq const.$). **Bunday potentsiallar xilma-xilligi potentsiometrik yacheykaning elektr harakatlantiruvchi kuchi (EHK) degan nom bilan ataladi:**

$$EHK = \Delta\varphi = \varphi_{taq.} - \varphi_{ind.} \quad (2.1)$$

Demak, qandaydir bir metal plastinkasini suvga tushirganda, uning yuzasida ikki qavatli elektr qatlamini hosil bo'lishi bilan bog'liq jarayon kuzatiladi. Metalning kristal panjaradan iborat ionlari suvning qutb molekulalarining ta'siri ostida ajraladilar va suvga o'tib uni musbat zaryadlaydilar (φ_+). Elektronlar metalning, uni manfiy zaryadlagan (φ_-) holda, yuza qatlamida qoladilar. Natijada metal va aralashma o'rtasida dinamik muvozanat o'rnatiladi:



Metalning eritma – metal yuzasi ajralish fazasining chegarasida ikki qatlamli elektr qatlam hosil bo'ladi. Metal-eritma chegarasida hosil bo'lgan potentsiallar farqi $\Delta\varphi = \varphi_+ - \varphi_-$ (muvozanat paydo bo'lgan sharoit yuzaga kelish sharti bilan), teng kuchli, ya'ni **muvozanat elektrod potentsiali** deb ataladi.

Elektrod potentsiali (EP) kattaligining eritmadagi ionlar faolligiga bog'liqligi Nernst tenglamasida aks etadi:

$$\varphi_p = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}} \quad (2.2)$$

Bu yerda φ^0 – standart elektrod potentsiali, Voltlarda o'lchanadi; $R = 8,314 \text{ Dj}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ – universal gaz doimiysi; T – absolyut harorat (K); n – elektrodli reaksiyada ishtirok etuvchi elektronlar soni; $F=96500 \text{ Kl}/\text{mol}^{-1}$ – Faradey doimiysi; $a_{Me^{n+}}$ –eritmadagi reaksiyada qatnashayotgan moddani oksidlangan va qaytarilgan formasi ionlarining (ushbu misolda metal ionlarining) faolligi.

2.3 Elektr-kimyoviy usullarda elektrodlar

Tahlilning potentsiometrik uslubida elektrodning ikkita asosiy toifalaridan foydalaniladi:

- fazalari orasidagi chegarada elektronlar ishtirokida reaksiyalar kechadigan, ya'ni **elektron almashinuvchi** elektrodlar (**birinchi va ikkinchi turkumli hamda oksidlanuvchi-qaytariluvchi elektrodlar**);

- fazalari orasidagi chegaralarda ionlar almashinuvi bilan bog'liq reaksiyalar kechadigan elektrodlar. Bunday elektrodning **membranali**, yoki **ionalmashinuvchi** elektrodlar, ko'pincha esa **ionoselektiv elektrodlar** ham deyiladi.

Qayta tiklanuvchan elektrodlar (qaytar) – termodinamik tenglamalarga asosan potentsialining sakrashi konsentratsiyalarga bog'liq bo'lgan elektrodlar. Qayta tiklanuvchan elektrodning katta tezlik bilan muvozanat tiklanadi, va potentsialning sakrashi vaqti mobaynida o'zgarmas bo'lib qoladi. Elektr toki o'tish jarayonida potentsialning sakrashi sezilarli darajada o'zgarmasligi kerak, elektr tokidan uzilgandan so'ng esa muvozanat zudlik bilan qayta o'rnatiladi. Bunday talablarni qondira olmaydigan elektrodlar **qayta tiklanmaydigan (qaytmas)** elektrodlar deb ataladi. Potentsimetrlarda qaytar (qaytariluvchan) elektrodlar ishlatiladi.

I-turkumli elektrodlar – xuddi shunday nomlanuvchi metallar, va ulardan farqli o'laroq, qaytariluvchan hisoblangan, shu metallar kationlari bilan muvozanatda turuvchi elektrod. Eng oddiy elektron almashinuvchi elektrod – bu metal plastinka bo'lib, u xuddi shu metalning tuzli eritmasiga yoki elektrolit eritmasiga cho'mdirilgan bo'ladi. Masalan, Zn/Zn^{2+} ; Cu/Cu^{2+} va hokazo.

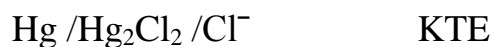
Taqqoslov elektrodi sifatida standart vodorod elektrodi (SVE) – I-turkumli elektrod - $Pt(H_2)/2H^+$ ishlatiladi. Uning potentsiali pH kattaligida aniqlanib, uy haroratida ($25^{\circ}C$) u quyidagiga teng bo'ladi:

$$E = E_0 + 0,059 \lg [H^+] = -0,059 \text{ pH} \quad (2.3)$$

Standart vodorod elektrodi (SVE) ishlashda noqulay, shuning uchun u amaliyotda II-turkumli elektrodlar – kalomelga to'yingan elektrod (KTE) va xlor-kumushli elektrod (XKE) larga almashtiriladi (2.3 rasm).

II – turkumli elektrodlar– metal plastinkalardan iborat elektrod bo'lib, ushbu metalning kam eruvchan tuzlari bilan qoplangan va tarkibida, metalning qiyin eruvchan tuzlarining anioni, va ulardan farqli o'laroq, qaytariluvchan anion

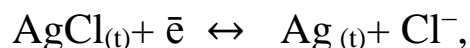
tuzlar bo'lgan eritmalarga botirilgan bo'ladi.



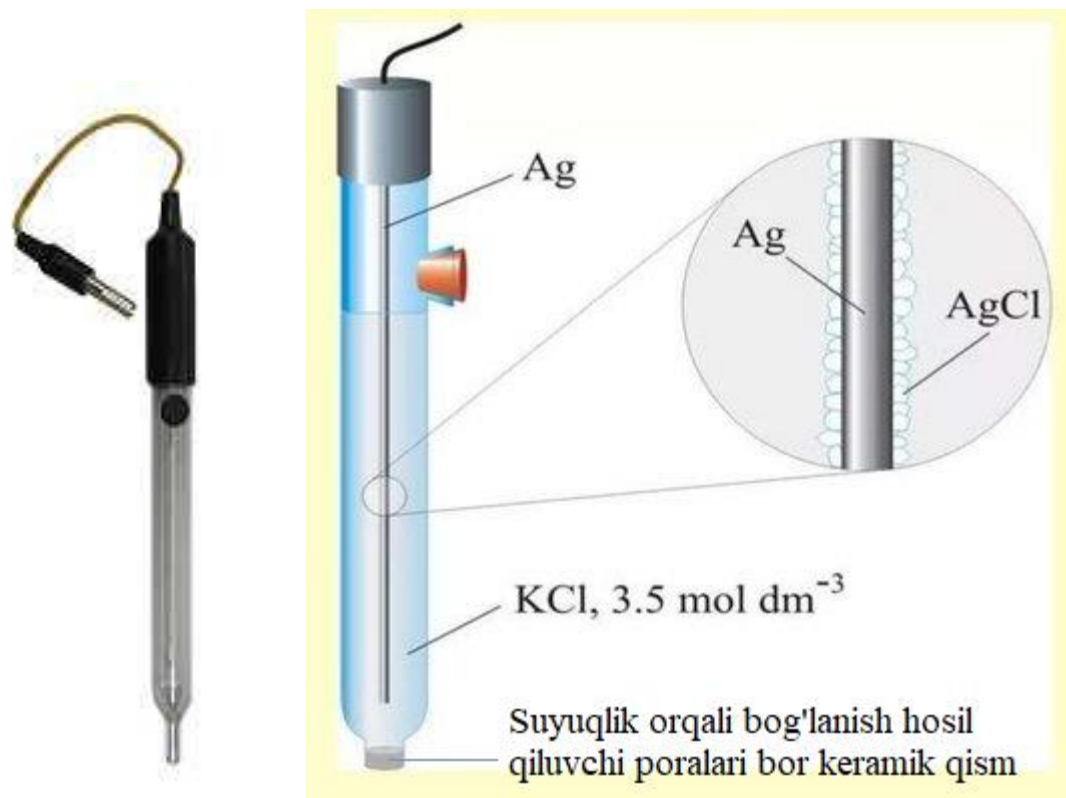
Ularga taqqoslov elektrodleri – xlor-kumushli (XKE), to'yingan kalomelli (TKE) va ba'zi bir boshqa elektrodler kiradi. Ikkinchi turkumli elektrodler odatda taqqoslov elektrodleri sifatida qo'llaniladi, vaholanki ularni qiyin eriydigan birikmalarning anionlarini aniqlashda foydalanish mumkin.

Cl^- konsentratsiyasi ma'lum bir bosqichda, eritmaga xuddi shunday anionli yaxshi eriydigan tuzni (ko'pincha KCl) qo'shish orqali qo'llanib boriladi. Tahliliy amaliyotda qo'llaniladigan taqqoslov elektrodlerining boshqalardan ajralib turuvchi afzalligi, potentsialning oddiy tayyorlanishi, qayta tiklanishi va past haroratli koeffitsientdadir. Ushbu talablarga XKE va TKE lar javob beradi.

Xlor-kumushli elektrod (XKE) - Cl^- anionlariga sezuvchan bo'lib, elektrodning kationli metali (Ag^+) bilan birga cho'kma hosil qiladi. U elektr tokini yaxshi o'tkazadigan, AgCl qatlami bilan bir tekis qoplangan kumush simdan iborat bo'ladi (2.3 rasm). Simni KCl bilan yaxshi to'yintirilgan eritmaga cho'mdirishadi. Eritmada muvozanat o'rnatiladi:

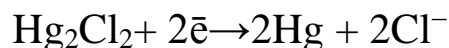


ya'ni uning potentsiali Cl^- ionlari potentsiali bilan aniqlanadi. Ushbu xlor-kumush elektrodning potentsiali +0,201 V ga teng. KCl 0,1 n konsentratsiyali bo'lganida u +0,29 V ga teng bo'ladi, 1,0 n bo'lganida esa 0,24 V ga teng.



2.3 rasm. Xloridkumushli taqqoslash elektrodi – (XKE) (chapda) va uning tuzilishi (ongda).

To'yingan kalomel elektrodi (TKE) metalli simob va kalomel Hg_2Cl_2 asosida tayyorlangan. Elektrodning fe'lini ta'riflovchi elektrokimyoviy tenglama, yarimreaksiya bilan ta'riflanadi:



Xlor-kumushli elektroddagi holat singari, uning potentsiali ham Cl^- ionlarining konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Elektrolit sifatida KCl bilan to'yingan eritmadan foydalanilganda, elektrodning potentsiali 0,244 V ga teng bo'ladi. KCl eritmasining 1,0 n uchun $E = 0,280 \text{ V}$; 0,1 n uchun esa $-0,334 \text{ V}$.

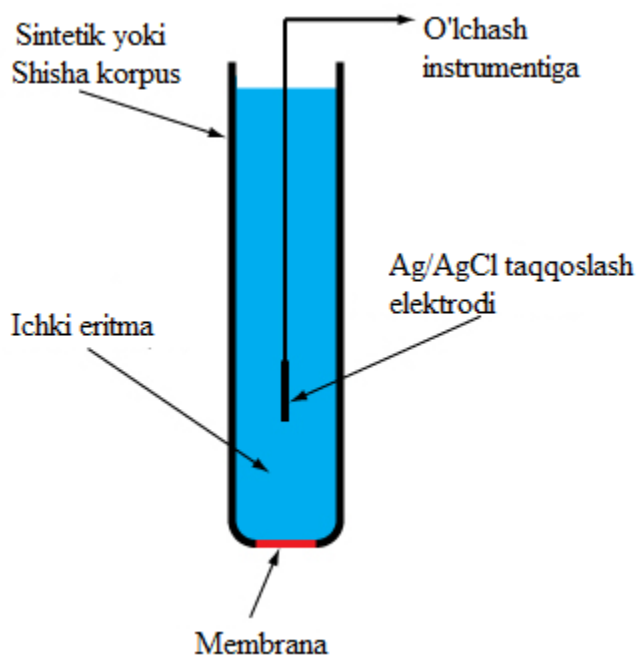
Ionoselektivli (membranali) elektrodlar – kationlari yoki anionlari bilan qaytariluvchan, qattiq yoki suyuq membranalari bilan yutuvchi elektrodlar bo'lib – aniqlanadigan ionlarga nisbatan yuqori darajadagi maxsuslik va o'xshashlikka ega bo'lgan elektrokimyoviy yarimelementlar.

Ionoselektivli elektrodlar (ISE) bilan ishlaganda ular tahlil qilinayotgan eritmaga yoki suv namunasiga tushiriladi, elektronlar kechadigan elektrokimyoviy reaksiyalar emas, membranalarning ichki va tashqi qatlamlarida, ya'ni ikkita bo'linishning yuza qismida, qattiq va suyuq fazalarda yuzaga keladigan potentsiallarning turli xilligidan foydalaniladi. Bo'limning

birinchi yuzasi – membrananing ichki devori va elektrodning ichki eritmasi, ikkinchisi – membrananing tashqi devori va tashqi (tahlil etilayotgan) eritma (suv namunasi). ISEda membrana tadqiq etilayotgan va yordamchi ichki eritmani ajratib turadi, keyingisining kimyoviy tabiati mazkur elektrodning u yoki boshqa ionga nisbatan selektivligini belgilaydi (2.4 rasm).

Ionoselektivli elektrodlar quyidagi guruhlarga bo'linadi:

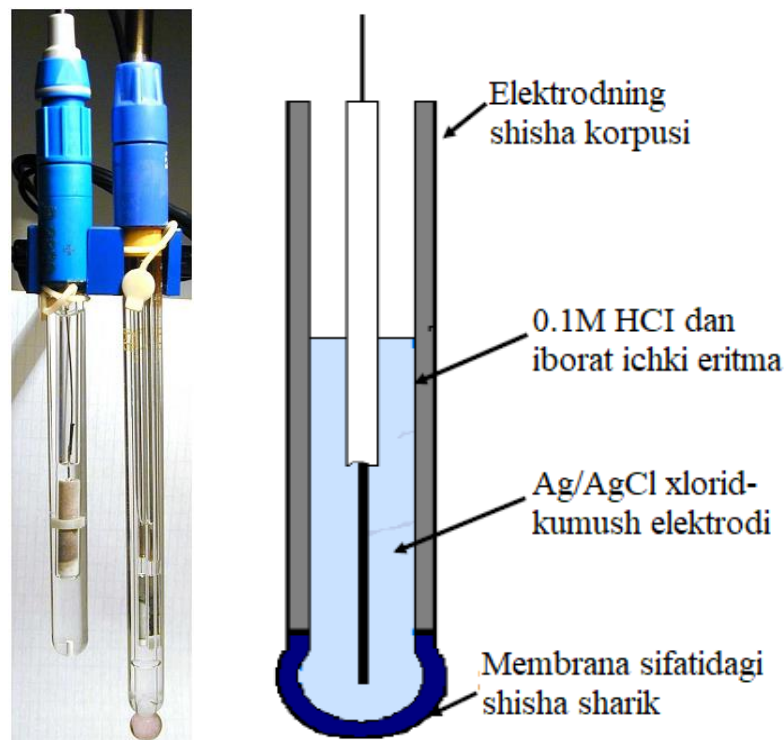
- Shisha elektrodlar;
- Gomogen yoki geterogen membranali qattiq elektrodlar;
- Suyuqlikli elektrodlar (uyushgan ionlar, metallarning xelati yoki neytral ligandlar asosida)
- Gaz elektrodleri;
- Biologik moddalarni faolligini (konsentratsiyasini) o'lchash uchun elektrodlar.



2.4 rasm. Noorganik polikristall yoki noorganik monokristall tuzlaridan yasalgan qattiq membranali ion-selektiv makroelektrod tuzilishi. (https://chem.libretexts.org/Courses/Northeastern_University/11%3A_Electrochemical_Methods/11.2%3A_Potentiometric_Methods dan olindi, 01.26.2021)

Membranali elektrodlar, elektrolitning ikkala eritmasi bilan kontakt (aloqa) qiluvchi $MX_1(s_1)/\text{membrana}/MX_2(s_2)$, ion almashinuvchi materialdan bo'lgan plastinkalar shaklida bo'ladi.

Ionoselektiv elektrodlar orasida, pH ni o'lchashga mo'ljallangan shisha elektrod keng qo'llaniladi (2.5 rasm).

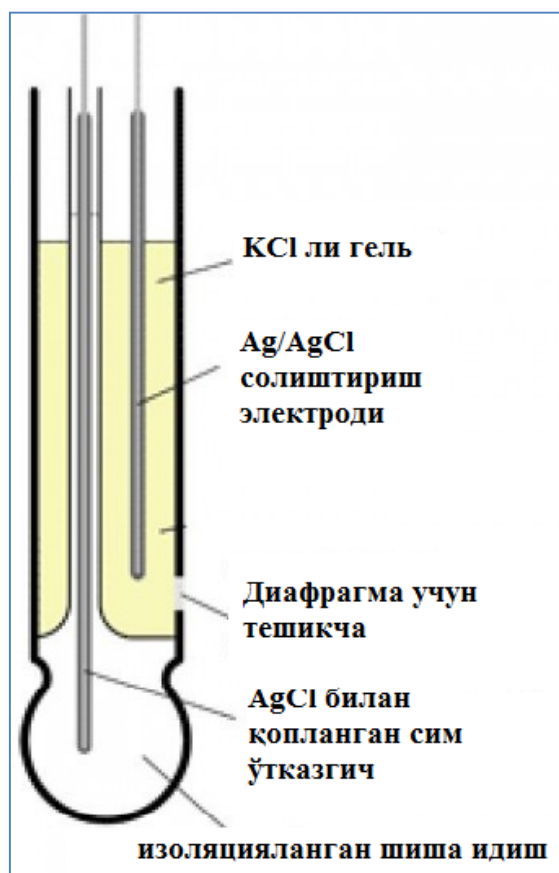


2.5 rasm. pH metriyada qo'llaniladigan xlorokumushli taqqoslash elektrodi (chapdagisi) va shishali ionselektiv elektrod va uning tuzilishi (o'ngdagisi). (https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_obschim/stud/2014-2/5.pdf, 26.01.2021)

Bozorda mavjud bo'lgan ko'plab pH elektrodleri H^+ - ionli selektiv shisha elektrod va qo'shimcha taqqoslash elektrodleri bo'lgan birlashtirilgan kombinativ elektrodlerdir, ular bir korpusda qulay tarzda joylashtirilgan (2.6 rasm). Ba'zi bir maxsus dasturlar uchun alohida pH elektrodleri va taqqoslash elektrodleri hali ham qo'llanilmoqda - ular ba'zan tadqiqot maqsadlari uchun zarur bo'lgan yuqori

aniqlikni ta'minlaydi. Ko'pgina hollarda, birlashtirilgan elektrodlar juda aniq va ulardan foydalanish juda qulay.

Hozirgi kunda boshqa moddalar ionlarini aniqlashda ishlatiladigan shisha ionselektiv elektrodlar ham ishlab chiqilgan, masalan quyidagilar: Li^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , NH_4^+ , Ag^+ , va Tl^+ .



2.6 rasm. Zamonaviy pH metriyada qo'llaniladigan kombinativ elektrodning tuzilishi.

Shisha elektrod –bu unchalik ham murakkab bo'lmagan tizimning birmuncha shartli nomi bo'lib, ushbu tizim, pastki qismida maxsus elektrodli shishadan iborat sharik payvandlangan, unchalik ham katta bo'lmagan izolyatsiyalovchi shishali idishdan iborat. Bunday elektrod tokni o'tkazuvchi bilan jihozlangan. Shishali elektrodda ichki standart eritma sifatida 0,1 M vodorod xlorid kislotasi, odatda natriy va kaliy xloridlari bilan qo'shilgan holda ishlatiladi. Shuningdek xlorid yoki bromidlar aralashtirilgan qandaydir buferli eritmadan foydalanish ham mumkin. Tokni o'tkazuvchi sifatida, kumush xloridi bilan qoplangan kumush simdan iborat bo'lgan xlor-kumushli elektrod xizmat qiladi. Tok o'tkazuvchiga izolyatsiyalangan, ekranlangan (tashqi ta'sirdan saqlovchi to'siqli) sim o'rnatiladi. Shishali elektrod odatda xlor-kumushli taqqoslov elektrodi bilan juft holda ishlatiladi (2.5 rasm). Bunda qo'llaniladigan elektrokimyoviy zanjirni quyidagicha yozish mumkin:

Ag,AgCl HCl(0.1M) shisha tahlil qilinayotgan eritma KCl AgCl, Ag	
Shisha elektrodi	Xlor-kumushli elektrod

Shisha elektrodning potentsiali, shishadagi ishqorli metallar ionlari bilan eritmadagi vodorod ionlarining almashinuvi yo'li bilan shakllanadi. Shisha va eritmadagi ionlarning energetik holati turlicha. Bu shunga olib keladiki, vodorodning ionlari shisha va eritma orasida shunday taqsimlanadiki, ushbu fazalarning yuzasi qarama-qarshi zaryadlarga ega bo'ladi, shisha va eritma orasida eritmani pH ko'rsatkichiga bog'liq bo'lgan potentsiallar xilma-xilligi yuzaga keladigan ahamiyat kasb etadi.

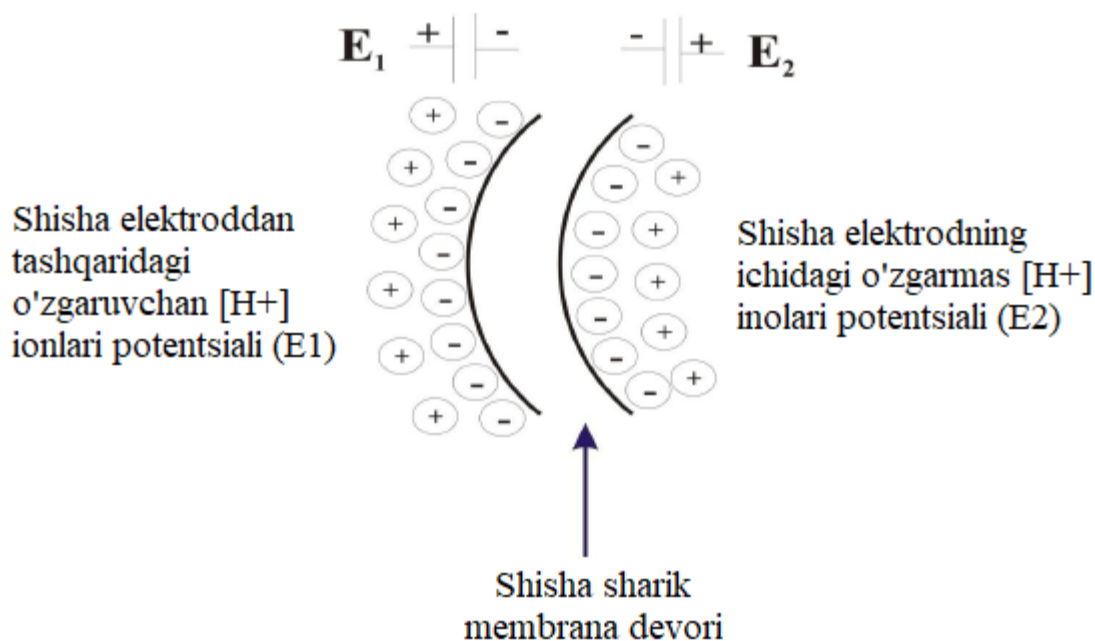
O'lchanayotgan pH ko'rsatkichi shisha membranada chegara potentsialining shakllanishi bilan belgilanadi.

Har qanday materialda zaryad muvozanati mavjud bo'lmaganda, ushbu material jismida elektr quvvati mavjud:

-membrana ichki devoridagi protonlar konsentratsiyasi doimiy bo'lgan holatda membrane tashqi devoridagi protonlarning konsentratsiyasi tashqaridagi analit eritmasidagi protonlarning konsentratsiyasi yoki faolligi bilan belgilanadi.

-bu konsentratsion farq biz o'lchaydigan potentsial farqni keltirib chiqaradi va uni biz pH metr yordamida o'lchaymiz.

-membrananing har bir ayrim olingan chegarasida shisha yuzasida H⁺ adsorbsiyasi natijasida hal qiluvchi kichik mahalliy potentsial shakllanadi (2.6a rasm).



2.6a rasm. Shisha elektrodi membranasidagi chegara potentsialining shakllanishi.

(<http://lcwu.edu.pk/ocd/cfiles/Chemistry/Maj/Chem-414/PotentiometricMethodChapter23.pdf>, 26.01.2021)

Laboratoriya amaliyotida odatda, shishali elektrodlardan pH ni o'lchashda qo'llaniladi. Ishni boshlashdan avval shishali elektrodlarni birmuncha vaqtga 0,1 M li HCl eritmasida saqlanadi.

Shisha sharni artish mutlaqo mumkin emas, chunki bu elektrodning geliyli qatlamini buzilishiga olib kelishi mumkin. Elektrodning yuzasini o'tkir predmetlar bilan qirish aslo mumkin emas, chunki shishali sharning qalinligi millimetrning o'ndan bir qismini tashkil etadi va sezuvchan elementni ishdan chiqaradi.

2.4 Tahlilning potentsiometrik usulining turlari

Potentsiometrik o'lchamlar usullari ikki turga bo'linadi:

1. **Bevosita potentsiometriya (ionometriya)** – ionlar konsentratsiyasini, jumladan $[H^+]$ ni, Nernst tenglamasi yordamida galvanik elementlarning elektr harakatlantiruvchi kuchlari (EHK) bo'yicha aniqlash. Potentsiometriyaning eng mashhur qo'llanilishi – pH-metriyadir.

2. **Bilvosita yoki potentsiometrik titrlash** elektr potentsiali o'lchamlarini turli reaksiyalarda ekvivalentlik nuqtasini topishga qo'llashga asoslanadi.

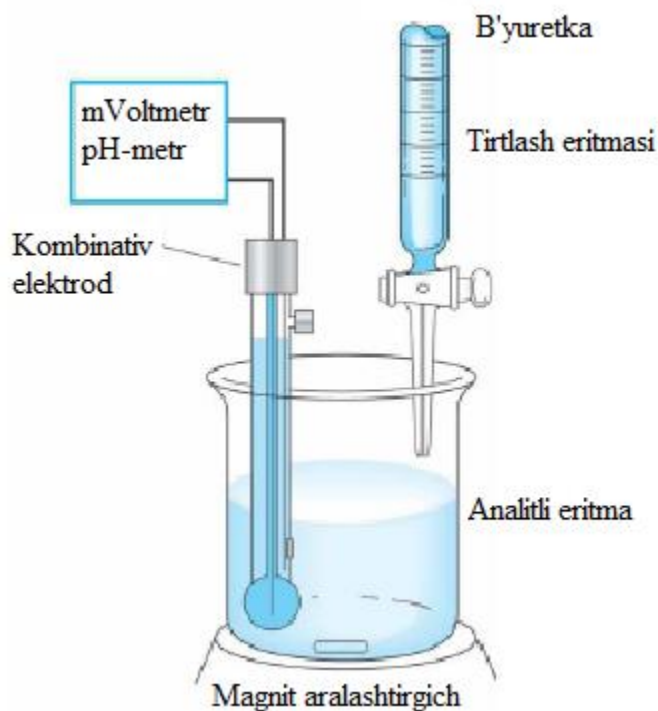
Bevosita va bilvosita potentsiometriya va potentsiometrik titrlash o'tkazish

uchun bir turdagi instrumentlar ishlatiladi. Potentsiometrik o'lchamlar sxemasiga indikator elektrodi, taqqoslov elektrodi va potentsial-o'lchovchi instrumentlar (uskuna) kiradi. Instrumentlar sifatida turli pH-metrlar qo'llaniladi. pHni o'lchashdan avval uskuna buferli eritmalar bo'yicha sozlanadi (kalibratsiya).

Potentsiometrik tahlil eritmadagi ionlarning faolligini bevosita aniqlashda (bevosita potentsiometriya, ionometriya), shuningdek titrlash jarayonida, indikatorli elektrodni titrlash jarayonidagi potentsialini o'zgarishi bo'yicha ekvivalentlik nuqtasini indikatsiyalashda (potentsiometrik titrlash) keng qo'llaniladi. Potentsiometrik titrlash jarayonida, potentsialni aniqlovchi ionlarning konsentratsiyasi o'zgaradigan, quyidagi kimyoviy reaksiyalarning tiplari qo'llanilishi mumkin: kislotali-asosiy bog'lanish reaksiyalari, oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi, cho'ktirish va kompleks hosil bo'lishi reaksiyasi.

Potentsiometrik titrlash uslubi yordamida aniqlangan natijalar, to'g'ri potentsiometrik uslubni qo'llashga nisbatan aniqroq, chunki ushbu hollarda ekvivalentlik nuqtasi yaqinida unchalik ko'p bo'lmagan konsentratsiyaning o'zgarishi, indikatorli elektrod potentsialining katta o'zgarishiga sabab bo'ladi. Titrlash jarayonida, titrantning har bir portsiyasi qo'shilganidan so'ng yacheyka EHKsi o'lchanadi va yozib boriladi. Boshida titrant unchalik katta bo'lmagan portsiyada qo'shib boriladi, yakuniy nuqtaga yaqinlashgan sayin (reagentning unchalik katta bo'lmagan portsiyasi qo'shilganda potentsialning keskin o'zgarishi) portsiyalar kichraytirib boriladi (2.7a rasm).

Potentsiometrik titrlashning yakuniy nuqtasini aniqlash uchun turli usullardan foydalanish mumkin. Eng oddiy usuli titrlash yo'ychizig'ini – elektrod potentsialini titrant hajmiga bog'liqlik grafigini tuzish hisoblanadi (2.7b va 2.8 – rasmlar). Masalan, titrlashni $\text{pH} = 8.2$ ga yoki $E = 100 \text{ mV}$ ga tenglashgunicha davom ettiriladi.

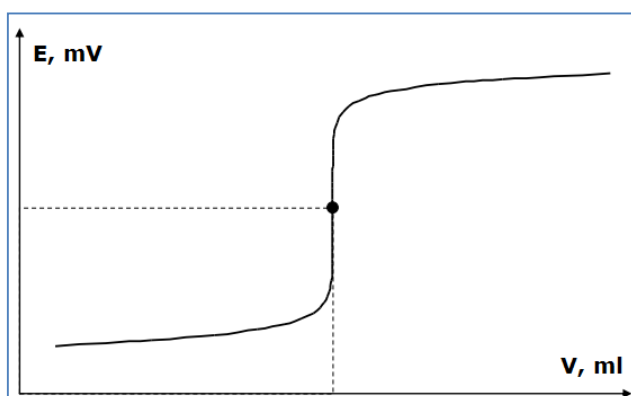


2.7 rasm. Potentsiometrik titrlash jarayoni.

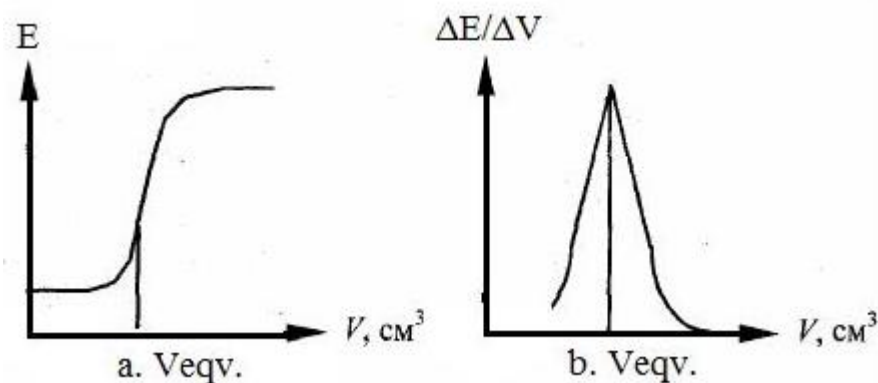
Boshqa bir usuli potentsial o'zgarishini reagent hajmining o'zgarish birligiga taqsimlash $\Delta E/\Delta V$ (2.8 b-rasm).

Ko'rib chiqilgan usullar, titrlash egri yoychizig'i ekvivalentlik nuqtasiga nisbatan simmetrik va yoychiziqning keskin bukilgan joyi ushbu ekvivalentlik nuqtasiga mos keladi degan farazga asoslangan. Bunday faraz, agar moddalar ekvimolekulyar nisbatlarda o'zaro ta'sirlashsa va elektrodli jarayon to'liq qayta tiklanuvchan bo'lsagina asosli bo'ladi.

Potentsiometrik uslubning boshqa tahliliy usublardan afzalligi – o'lchashlarni tez va yengillik bilan o'tkazilishidir. Indikatorli elektrodlar potentsiali muvozanatini aniqlash vaqti oz, bu reaksiyalar kinetikasi va texnologik jarayonlarni avtomatik nazoratini o'rganish uchun qulay. Mikroelektrodlardan foydalanish orqali, hajmi millilitrning o'ndan bir qismini tashkil etuvchi na'munalarda aniqlash ishlarini olib borish imkoniyatiga erishish mumkin.



2.7b rasm. Titrlash egri yoychizig'ida ekvivalentlik nuqtasi



2.8-rasm. Potentsiometrik titrlash egri yoychizilari:

- a) E (indikator elektrodi potentsiali)ni V (titrlashga ketgan eritmaning hajmi)ga bog'liqligi; b) $\Delta E/\Delta V$ ni V ga bog'liqligi

Potentsiometrik uslub loyqalangan va bo'yalgan eritmalarda, yopishqoq pastalarda aniqlash ishlarini olib borish imkoniyatini beradi, bunda filtrlash va qayta haydash (peregona) operatsiyalariga ehtiyoj qolmaydi. Potentsiometrik o'lchashlarni nazoratning tahlil etilayotgan eritmani buzmaydigan guruhlariga kiritishadi va tahlil etilayotgan eritmada keyingi tadqiqotlarda va boshqa maqsadlarda ham foydalanish mumkin.

To'g'ri potentsiometrik uslubda aniqlash xatoligi 2 – 10% ni tashkil etsa, potentsiometrik titrlashda – 0,5 – 1,0% ni tashkil etadi. Potentsiometrik uslubda komponentlar tarkibini aniqlash oralig'i turli tabiiy va sanoat ob'ektlarida – shishali elektrodlar uchun 0 dan 14 pHgachani, va boshqa ionosektivli elektrodlar tipi uchun aniqlanadigan ionni 10 dan 10^{-5} (10^{-7}) M gachasini tashkil etadi.

Potentsiometrik titrlash uslubining afzalliklaridan biri, uning to'liq yoki qisman avtomatlashtirilishidir. Titrantni uzatish, titrlashni egri yoychizig'ini yozib borish, ekvivalentlik nuqtasiga mos keladigan titrlash vaqtida titrantni uzatishni to'xtatish jarayonlarini avtomatlashtirish mumkin. Titrlash texnikalari

ko'pdan beri ma'lum, tez ishlaydi, aniqligi yuqori, instrumentlari arzon, malakasi uncha yuqori bo'lmagan xodimlar ham eplashi mumkin, juda chuqur kimyoviy bilim talab qilinmaydi (2.9 rasm).



2.9 rasm. AT 100 Seriyali “Titra-Lab”
“Aquaamalytics” firmasi avtomatik titratori.

2.5 Konduktometriya (konduktometrik tahlil)

Konduktometriya – bu elektr o'tkazuvchanlikni o'lchashga asoslangan turli fizikaviy-kimyoviy kattaliklarni aniqlash uslubidir.

Ushbu uslubning asoschisi – nemis fizigi Friedrich W. Kolraush birinchi bo'lib 1885 yilda, kuchli elektrolitlar eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini konsentratsiyaga bog'liqligini tenglamasini taklif etdi. Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi tashqi kuchlanish manbai ta'siri ostida eritilgan moddalarning ajralishi va shakllangan ionlarning ko'chishiga (migratsiyasiga) asoslanadi.



1840-1910. Friedrich Wilhelm Georg Kohlraush.

Harakatlanadigan ionlar elektr toki maydonida eritma molekullari tomonidan – **relaksatsiya effekti** – va qarama-qarshi zaryadlangan ionlar tomonidan tormozlantiruvchi ta'sirni sezishadi – **elektroforetik effekt**. Ushbu tormozlanish natijasida eritma elektr tokini o'tishiga qarshilik ko'rsatadi. Ya'ni elektr o'tkazuvchanlik (W) – bu qarshilikka teskari kattalikdir:

$$W = 1/R \quad (2.4)$$

Elektrolitlar eritmalarining tashqi elektr maydoni ta'siri ostida elektr tokini o'tkazishi elektr o'tkazuvchanlik deb ataladi. Simens (S) elektr o'tkazuvchanlikning birligi hisoblanadi va bu 1971 yil Xalqaro konferensiyada Germaniyalik injener-elektrik Ernst Werner von Siemens sharafiga atalgan. Shunday qilib, 1 simens (S) = 1 Om⁻¹.

Elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi quyidagi tenglamada keltirilgan:

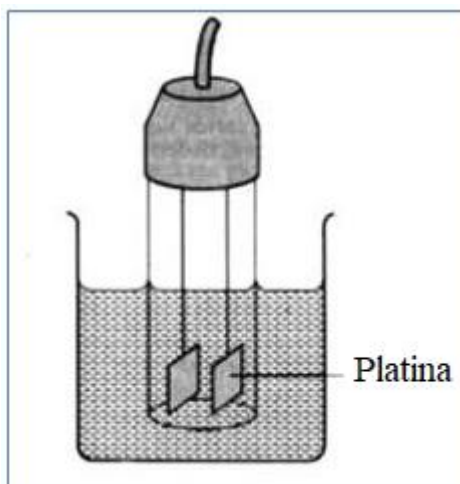
$$W = K \cdot \frac{S \cdot c \cdot U}{L} \quad (2.5)$$

Bu yerda K – proporsionallik koeffitsienti; S -elektrodlar maydoni; s – ionlarning harakatchanligi, L – elektrodlar orasidagi masofa.

Ushbu elektrodlar juftligi uchun L , $S = \text{const}$ bo'lganida ushbu tenglama quyidagi shaklga kiradi:

$$W = K \cdot c \cdot U \quad (2.6)$$

Elektr o'tkazuvchanlikni aniqlash uchun konduktometrik yacheyka –tubi ochiq shisha idishda ikkita maydoni aniq (S), bir-biridan chegirilgan uzoqlikda (L) mahkam qotirilgan elektrodlardan foydalaniladi. Yacheyka elektrolit eritmasiga 2.10 rasmda ko'rsatilgandek botiriladi:



2.10 rasm. Konduktometrik yacheyka (katakcha)

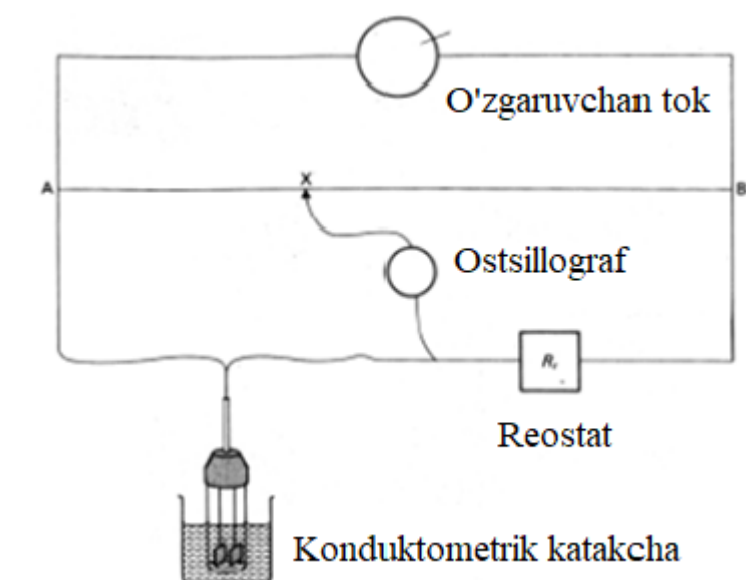
Konduktometrik yacheykaning qarshiligi maxsus moslama – Uitston ko'prikchasi yordamida o'lchanadi (2.11 rasm). Sirg'aluvchan tutashuv simli qarshilik bo'ylab, ostsillograf minimal signalni qayd qilmaguncha, surib boriladi. Bunda qarshilik yacheykasining tutashuv holati (X nuqtasi) quyidagi nisbat

yordamida aniqlanadi:

$$R_{ya} = BX \cdot R_r / AX,$$

Bunda R_{ya} – konduktometrik yacheyka qarshiligi, R_r – reostatning qarshiligi.

Yacheykaning qarshiligi topilganidan so'ng, eritmaning elektr o'tkazuvchanligini hisoblash mumkin.



2.11 rasm. Konduktometrik yacheykaning qarshiligini o'lchash maxsus moslamasi – Uitston ko'prikchasi.

Munosabat (L/S) mazkur yacheykaga xos bo'lgan doimiy kattalikni aks ettiradi. U yacheykaning doimiysi yoki konstanti deya ataladi. Uni, elektrolitli o'tkazuvchanligi ma'lum bo'lgan u yoki bu eritmaning mazkur yacheyka yordamida qarshiligini o'lchash orqali aniqlash mumkin.

Yacheyka doimiysi yacheykaning muhim tafsifi bo'lib hisoblanadi. U elektrodlarning maydoni, ular orasidagi masofa, idishning shakli va tok o'tkazadigan eritmaning hajmiga bog'liq bo'ladi. Elektrni ko'chishida eritmaning, elektrodlar orasida joylanganga nisbatan, sezilarli darajadagi ko'p miqdori ishtirok etishini inobatga olib (2.10 rasm), elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash uchun idishga (o'lchash yacheykasiga) solinadigan suyuqlikning harorati, elektrodlar chekkasidan, ular orasidagi masofadan taxminan ikki barobar ko'p miqdorda bo'lishi kerak.

Yacheyka doimiysini eksperimental tarzda, solishtirma elektr o'tkazuvchanligi ("χ" grekcha Xi harfi) darajalar va konsentratsiyalarning keng sohasida yaxshi ma'lum bo'lgan, elektr o'tkazuvchan standartli eritmalar bo'yicha topishadi. Odatda standart eritmalar sifatida kaliy xloridning suvli

eritmalaridan foydalaniladi. Yacheykaning doimiysini aniqlash uchun xlorid kaliy eritmasining qarshiligi o'lchanadi. Kaliy xloridning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi jadvalda keltirilgan.

2.1 jadval. *Kaliy xlorid eritmasining [C(KCl)=0,02 mol/l] turli haroratlarda solishtirma elektr o'tkazuvchanligi*

Temperatura, °C	X χ , S/cm	Temperatura, °C	X χ , S/cm
0	0.001521	20	0.002606
10	0.001994	25	0.002765
14	0.003193	30	0.003036
18	0.002397	35	0.003320

Elektr o'tkazuvchanlikni solishtirma (κ , kappa) va ekvivalentli (λ) turlarga bo'lishadi. Bundan keyin qisqalik uchun elektr o'tkazuvchanlik iborasini EC abbreviaturasi bilan (inglizchadan "electric conductivity") belgilaymiz.

2.5.1 Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

Solishtirma (κ – grekcha *kappa* harfi)) elektr o'tkazuvchanlik – bu har birining yuzasi maydoni 1 cm² dan to'g'ri keladigan, bir-biridan 1 cm uzoqlikda joylashgan elektrodlar orasida, 1 cm³ eritmaga botirilgan elektrodning elektr o'tkazuvchanligi bo'lib hisoblanadi. O'lchov birligi: S/m.

2.5.2 Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik (λ) – bu biri ikkinchisidan L = 1 cm uzoqlikda joylashgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi 1 g-ekv (1n) elektrolit eritmasidagi elektr o'tkazuvchanlikdir.

O'lchov birligi: Om⁻¹ · g · ekv⁻¹ · cm² (Om⁻¹ · cm²), yoki S · g · ekv⁻¹ · cm².

κ va λ larning bog'liqligi quyidagi teglamada aks etadi:

$$\lambda = \frac{1000}{S} \cdot \kappa \quad (2.7)$$

Bu yerda S – g-ekv/l dagi eritma konsentratsiyasi.

Shunday qilib, konduktometrda tahliliy analitik signal bo'lib elektr o'tkazuvchanlik hisoblanadi. Amaliyotda ko'pincha solishtirma (κ) elektr o'tkazuvchanlikdan foydalaniladi. Hozirgi zamonaviy konduktometr instrumentlarining hammasi temperatura kompensatori bilan jihozlangan, bu esa

temperaturaning elektr o'tkazuvchanlik ko'rsatkichiga ta'sirini avtomatik tarzda hisobga olingan natijalarni olishga hamda bir vaqtning o'zida temperaturani ham aniq o'lchash imkonini beradi. Temperaturani hisobga olgan holda o'lchangan elektr o'tkazuvchanlik ba'zan "maxsus elektr o'tkazuvchanlik" ham deyiladi.

2.5.3 Tabiiy suvlar va eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi xalqaro o'lchov birliklari.

Yuqorida ko'rsatilgan o'lchov birligi - S/m tabiatda kam uchraydigan ancha katta ko'rsatkichdir, shuning uchun amaliyotda odatda yuqori aniqlikni ko'rsatish imkonini beradigan uni ulushlaridan [mS/cm (millisimens) va μ S/cm (mikrosimens)] foydalaniladi (2.2 jadval).

2.2 jadval. Elektr o'tkazuvchanlikning xalqaro o'lchov birliklari

Sm/sm ning ulushlari		
O'lchov birligi	Nomlanishi	Belgilanishi
10^{-1} S	Detsisimens	dS
10^{-2} S	Santisimens	cS
10^{-3} S	Millisimens	mS
10^{-6} S	Mikrosimens	μ S
10^{-9} S	Nanosimens	nS

Suvning sho'rliqi suvdagi mineral tuzlarning umumiy miqdoriga teng. Suvning elektr o'tkazuvchanligi esa suvdagi tuzlarning miqdoriga to'g'ri proporsional bog'liq (ma'lum bir kattalikkacha). Shundan kelib chiqqan holda, suvning sho'rliyini quyidagi tenglamadan hisoblab topish mumkin:

$$\text{Suv sho'rliqi (mg/l)} = 0.5 * 1000 \times \text{EC (mS/cm)}$$

Albatta bu tenglamani har bir suv havzasi uchun alohida aniqlash lozim, chunki EC tuz faqatgina tuz miqdoriga emas, suv temperaturasiga va ma'lum darajada tuz tarkibiga ham bog'liq (keyingi betga qarang).

2.6 Tahlilning konduktometrik usullari qo'llanilishi

Tahlilning konduktometrik usublari sanoatda tuzli eritmalarning konsentratsiyasini tahliliy nazorat qilishda, yerusti va yerosti suvlarning tuzli tarkibi, suvning sifati va tozalashni nazorat qilish, oqova suvlarning ifloslanganligini baholashda qo'llaniladi.

Tahlilning konduktometrik uslubi boshqa tahliliy uslublar oldida birmuncha afzalliklarga ega:

1) loyqalangan va bo'yalgan eritmalarda aniqlash ishlarini olib borish, qolaversa, organik indikatorlarni qo'llashni chegaralovchi oksidlovchi va qaytaruvchi moddalar bo'lgan hollarda ham aniqlash ishlarini olib borish;

2) Nafaqat to'yingan, balki 10^{-4} mol/l miqdorda aralashtirilgan eritmalarni ham tahlil qilish;

3) nafaqat suvli, balki suvsiz, shuningdek aralashtirilgan suvli-organik eritmalarda ham tadqiqot ishlarini olib borish;

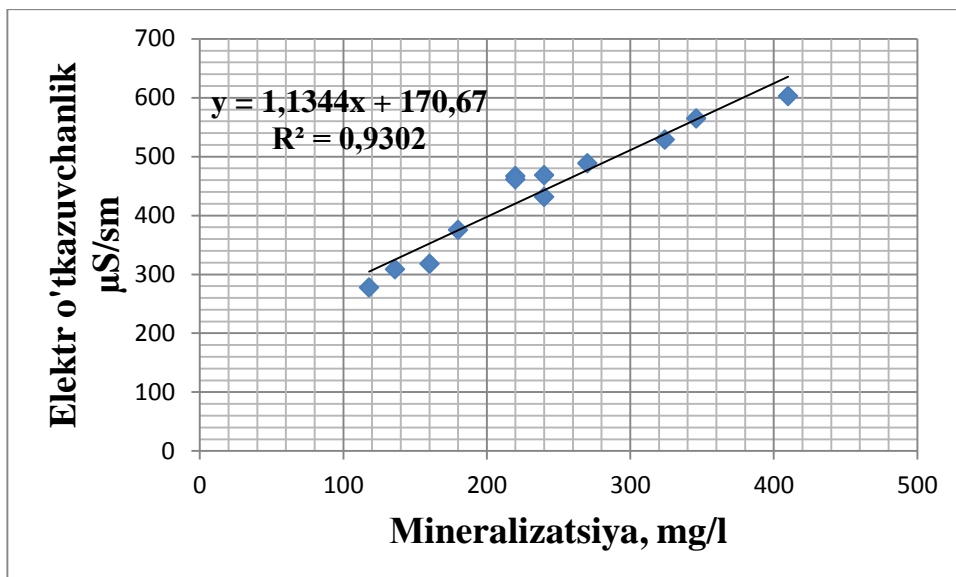
4) turli-tuman tipdagi reaksiyalarni: tadqiq etilayotgan eritmalarni elektr o'tkazuvchanligini o'zgarishiga olib keladigan neytrallashtirish, cho'ktirish, kompleks hosil qilish, oksidlanish-qaytarilish, birikish, o'rin almashtirish, sovunlanish va hokazolarda keng ko'lamda qo'llash;

5) odatda boshqa usublarda aniqlash ishlarini olib borishda xalaqit beradigan aralashmalarni ajratib olish bilan bog'liq ortiqcha harakatlar bu usulda kerak bolmay qoladi.

Odatda ushbu usullarni qo'llanish oldidan sozlash (kalibratsiya) egri yoychizig'i (grafiki) tuzib olinadi. Daryo suvlari mineralizatsiyasi (ayniqsa tog' va tog'oldi zonalarida) juda pastligi tufayli bunday chiziq odatda egri emas, to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. Bunday grafik har bir daryo yoki havza uchun ayrim tuziladi. Masalan, kafedramizda olib borilgan tadqiqotlarda (Axrorova, 2019) Chirchiq daryosi uchun quyidagi grafik hisoblab topilgan (2.12 rasm).

Har bir havza/oqim uchun ushbu grafik asosida approksimatsiya tenglamasini osongina hisoblab chiqish mumkin. Masalan, keltirilgan rasmdagi bog'liqlik uchun:

$Y=1.1344x+170.67$ ($R^2=0.93$), ($x = EC$; $Y =$ suv mineralizatsiyasi) ya'ni ushbu tenglama asosidagi hisob/kitoblar yuqori aniqlikka ega bo'ladi.



2.12 rasm. Chirchiq daryosi suvi mineralizatsiyasi va elektr o'tkazuvchanligining korrelyatsion bog'liqligi.

2.7 Tabiiy suvlarni elektr o'tkazuvchanligi

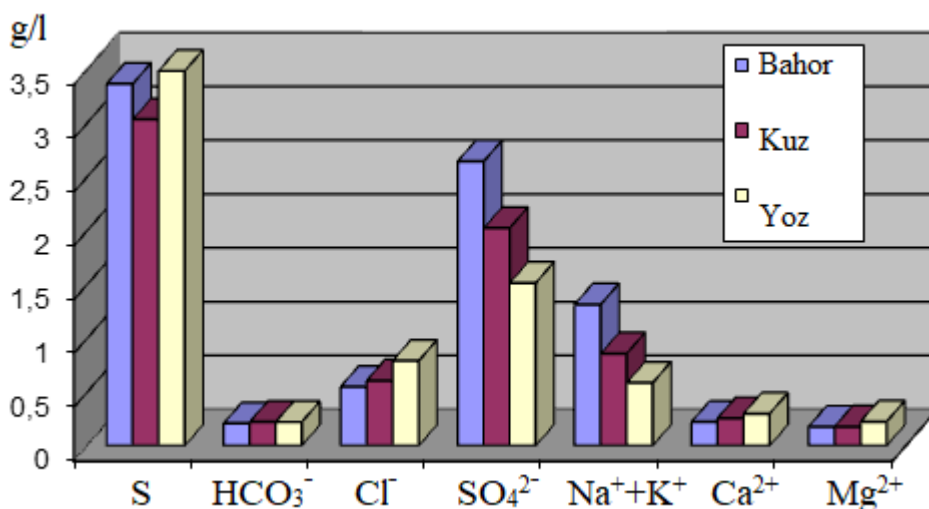
Erigan kimyoviy elementlarning aksariyat qismini noorganik moddalar tashkil etadigan yerusti va yerosti suvlarida, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ularni kontsentratsiyasining taxminiy integral yig'indi ko'rsatkichi bo'lib xizmat qiladi. Tabiiy suvlar asosan kuchli elektrolitlar aralashmasidan iborat eritmalardan tashkil topgan bo'ladi (Karimov, Razaqov, 1989). Suvning mineral qismini asosan Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ionlari tashkil etadi (2.13 rasm). Ya'ni barcha quyidagi asosiy ionlar kontsentratsiyalarining yig'indisi:

$$S = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{NO}_3^-].$$

Qavslarda tegishli ionlarning kontsentratsiyalari berilgan - g/l. S – barcha asosiy ionlar yig'indisi, NO_3^- faqat agar ushbu birikma bilan yuqori ifloslanish bo'lgan hollar bo'lsagina hisobga olinadi.

Tabiiy suvlarning elektr o'tkazuvchanligi aynan shu ionlar bilan shartlanadi. Boshqa ionlar, masalan Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , NO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- lar, suvning elektr o'tkazuvchanligiga unchalik kuchli darajada ta'sir ko'rsatmaydi, chunki ushbu ionlar suvda, yetarli miqdorda kamdan-kam uchraydilar. Erigan gazlar ham suvning elektr o'tkazuvchanligiga sezilarli ta'sir ko'rsata olmaydilar. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik bo'yicha noorganik moddalarni (meneralizatsiya) taxminiy yig'indisini baholashda eng ko'p uchraydigan qiyinchiliklar bir qator sabablarga asoslanadi. Ulardan eng kattasi –

turli tuz eritmalarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi bir xil emas, yerusti suvlarining kimyoviy tarkibi keng o'zgaruvchanlikka ega.



2.13 rasm. Markaziy Mirzachul zovuri suvining 2003-2004 yy. mineralizatsiya va ion tarkibi xususiyatlari, g/l (Karimov et al. 2014).

Tabiiy suv havzalarining elektr o'tkazuvchanligini o'lchashda turli-tuman instrumentlar – konduktometrlar mavjud. Quyida (2.14 rasm) TIQXMMI “EvaSRB” kafedrasida qo'llanilayotgan instrumentning rasmi keltirilgan. Odatda bu o'lchovlarni bir vaqtning o'zida GPS (geografik pozitsiyalash sistemasi) bilan birgalikda ishlatilisa yaxshi.



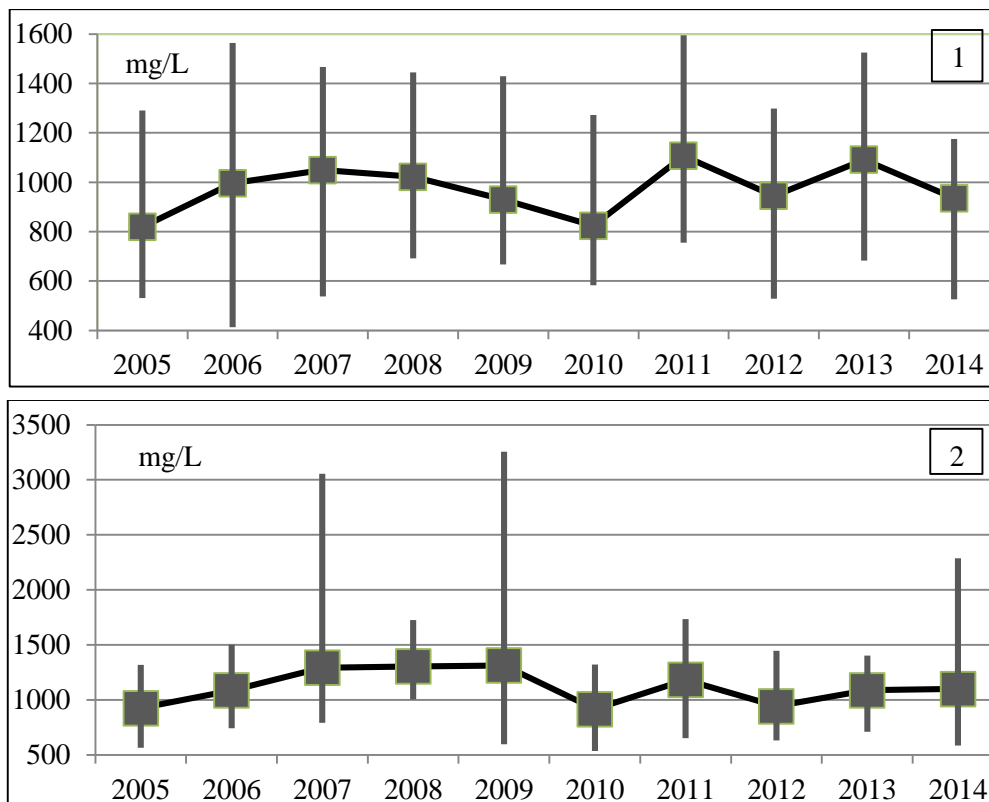
2.14 rasm. Cond 330i rusumli konduktometr va GPS

Ko'pgina daryolar, har bir litriga bir necha o'n milligrammdan tortib, bir

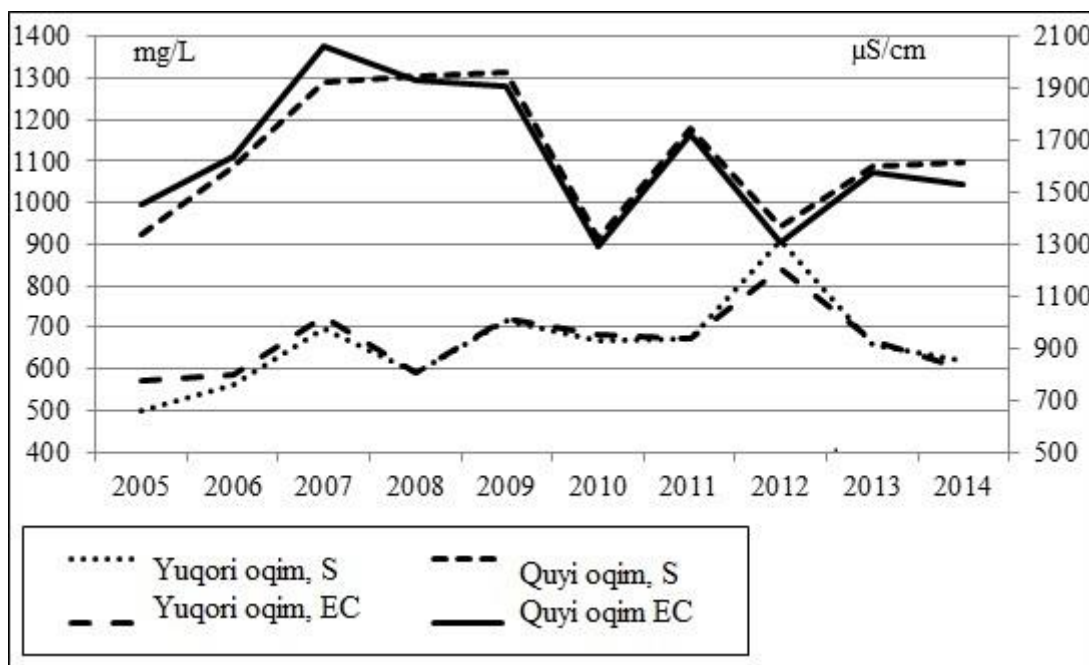
necha yuz milligrammgacha bo'lgan mineralizatsiyaga ega. Ayniqsa Markaziy Osiyo daryolarining quyi oqimlarida mineralizatsiya 1000 mg/l dan ham oshib ketadi. Ularning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $2 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ chegarasida bo'ladi, ba'zan undan ham oshib ketadi. Yerosti suvlari mineralizatsiyasi 40-50 mg/l dan 650 mg/l gacha, sho'rlangan ko'llarniki esa 3000-4000 va undan ham oshiq bo'lgan intervalda, atmosferadagi namlikda esa $10^{-5} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ oralig'ida o'zgarib turadi, mineralizatsiyasi 1,0 g/l dan ko'p bo'lgan suvlarniki esa $10^{-2} \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ dan yuqori bo'ladi. Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalari, qishloq xo'jaliklari, ichimlik suv ta'minoti bilan shug'ullanuvchi korxonalar suvning sifatiga, shu jumladan mineralizatsiyasiga ma'lum bir talablarini qo'yishadi, chunki suvning tarkibida katta miqdordagi tuzning bo'lishi o'simliklarga va hayvonlar organizmiga, ozuqa sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, qozon devorlariga sopolsimon qatlamlarning hosil bo'lish jarayonlarining tezlashishiga, metallarning korroziyaga uchrashiga, nihoyat buyraklarda tuz yig'ilishiga sabab bo'ladi. Shu munosabat bilan, elektrolitlarning, ayniqsa noorganiklarning kontsentratsiyasini taxminiy ko'rsatkichi bo'lib hisoblangan solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni kattaligi mineralizatsiyani baholashda qo'llaniladi.

Bizning Orol dengizi havzasida olib borgan tadqiqotlarimiz shuni ko'rsatadiki, Amudaryo, Sirdaryo va Chirchiq kabi yirik daryolarimizda elektr o'tkazuvchanlik (EC) va mineralizatsiya orasida kuchli korrelyatsion bog'liqlik borligini (korrelyatsiya koeffitsienti R^2 0.84-0.99) isbotladi (Karimov et al., 2019). Shuning uchun ham biz elektr o'tkazuvchanlikni suvlarni sho'rlanishini nazorat etish maqsadida ishlatishni tavsiya qildik. Masalan, Orol dengizi havzasi daryo suvlari uchun ichimlik suv normativi 1000 mg/l ga teng, bunga to'g'ri keladigan o'rtacha EC kattaligi esa 1330-1930 $\mu\text{S}/\text{cm}$ orasida bo'lar ekan. Bunday katta oraliqning sababi turli daryolarda suv sifati va temperaturasining har xil bo'lishidir.

Shu bilan birga hozirgi davrda (2005-2014 yy.) Amudaryo va Sirdaryo suvining o'rtacha mineralizatsiyasi 920-1310 mg/l gacha etadi (ba'zan 1600 mg/l), ya'ni ruxsat etilgan kontsentratsiya (REK) dan ancha ortadi (2.15, 2.16 rasmlar).



2.15 rasm. Sirdaryo (1) va Amudaryo (2) suvining (2005-2014 yy.) o'rtacha mineralizatsiyasi ko'rsatkichlari.



2.16 rasm. Amudaryo suvning mineralizatsiyasi va elektr o'tkazuvchanligi orasidagi bog'liqlik grafigi.

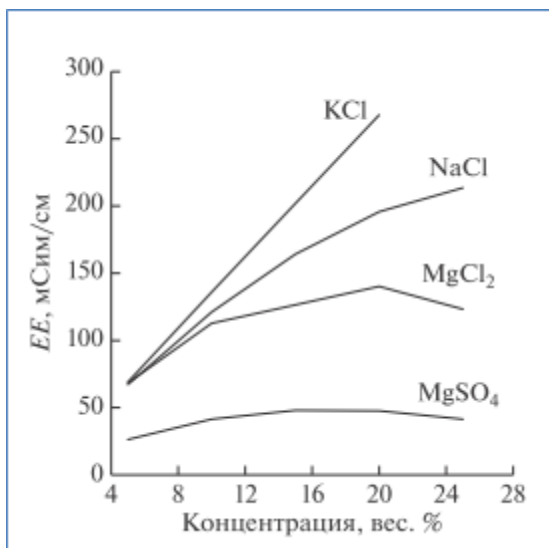
2.8 Bevosita konduktometriya va konduktometrik titrlash

Konduktometriya usulini ikki xil tarzda amalga oshirsa bo'ladi: bevosita konduktometriya va konduktometrik titrlash.

Bevosita konduktometriya. Tadqiq etilayotgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi darajalangan sozlash (kalibratsiya) grafiki bo'yicha o'lchanadi, grafik esa standart eritmalaridan foydalangan holda ma'lum temperatura sharoitida shakllantiriladi va tadqiq etilayotgan eritmaning konsentratsiyasini aniqlashda ishlatiladi. Uslub, selektiv bo'lmaganligi sababli, keng qo'llanilmaydi, ya'ni elektr o'tkazuvchanlik – barcha ionlarning mavjudligi bilan shartlanadigan additiv kattalikdir. Shunga qaramasdan, uslub ishlab chiqarishni uzluksiz nazorat qilish uchun: ozuqa mahsulotlarining sifati, turli xildagi materiallarning (qog'oz, gazlar, don, tekstil materiallari) namligini aniqlash uchun va suvning (daryo, mineral, distillangan) umumiy tuzlilik darajasini aniqlash uchun keng qo'llanilmoqda; kam eriydigan elektrolitlarning eriganligini aniqlash uchun; elektrolitlar, shu jumladan kompleks birikmalarning barqaror ajralishini aniqlash uchun.

Ko'pgina hollarda uni boshqa uslublar, potentsiometriya, refraktometriya, xromatografiya kabi uslublar bilan qo'shgan holda ishlashadi.

Biroq, elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligining murakkabliklari ushbu uslubda namoyon bo'ladi. Konsentratsiyaning oshishi bilan elektr o'tkazuvchanlik avvaliga ortib boradi, yanada yuqori konsentratsiyalarda esa ($>3 n$) keskin kamayib ketadi (2.16 rasm). Shuning uchun, ushbu uslubda o'ta yuqori sho'rlikdagi suv namunalari va eritmalar bir nechta barobar suyultirilgan holda qo'llanilishi maqsadga muvofiq. Bundan tashqari, bizning praktikamiz ko'rsatadiki, bunda eng yaxshi yechim - chuchuk, sho'rtak va sho'r suvlar uchun ayrim elektrodlardan foydalanish maqsadga muvofiq.



2.16 rasm. Orol dengizi suvi tarkibidagi tuzlarning elektr

o'tkazuvchanligining konsentratsiya oshuvi bilan bog'liqligi (Stunjas, 2016).

Konduktometrik titrlash. Ekvivalentlik nuqtasini, elektr o'tkazuvchanlikni titrant hajmiga bog'liqligini keskin qiyshiq sinishi bo'yicha aniqlash mumkin. Bunda, elektr o'tkazuvchanligi yetarli daraja keskin o'zgaradigan reaksiyalarning barcha tiplari (neytrallanish, cho'kish, kompleks shakllanishi) qo'llanishi mumkin.

Qiyshiq titrlashda keskin sinishga erishish uchun aralashtirish effektini inobatga olish kerak. Tadqiq etilayotgan, mikrobyuretkalar ($2-5 \text{ cm}^3$) bilan konsentratsiyalangan titrant aralashmali modda, katta hajmdagi (100 cm^3) titrlash orqali minimumga keltiriladi. Ishonchli natijalarga erishish uchun elektr o'tkazuvchanlikka ta'sir etuvchi turli omillarni (barqaror ajralish, ionlarning harakatchanligi, eritmaning ionli kuchi va hokazolar) inobatga olinishi kerak.

Titrant va eritmani to'g'ri tanlanishi konduktometrik titrlashning ijobiy omillarini yaratadi.

Afzalliklari: kislota va asosiy aralashmalarni alohida, ajratilgan holda aniqlash imkoniyatining mavjudligi, loyqalangan va bo'yalgan aralashmalarni 2% li aniqlikgacha titrlash.

2.9 Qulonometriya

Tahlilning yuqori sezuvchanligi va aniqligini bevosita qulonometriya va qulonometrik titrlash uslublari ta'minlaydi. Uslubning asosida – tadqiq etilayotgan moddani konsentratsiyasini, elektrod potentsialining tadqiq etilayotgan moddaning ajralish potentsialiga teng bo'lgan holatida moddani elektroliz qilish uchun sarflangan elektr energiyasini registratsiya etish orqali aniqlash yotadi.

M.Faradeyning birlashgan umumiy qonuniga asosan erigan moddaning massasi (m , g) va elektr tokining miqdori (Q , qulon) mazkur tenglamada ifodalanganidek, bir-biriga bog'liq bo'ladi:

$$M = \frac{Q \cdot M}{n \cdot F} \quad (2.8)$$

Bu yerda M – moddaning molyar og'irligi, g/mol; n - reaksiyada ishtirok etadigan elektronlarning soni; F – 96487 Kl/mol ga teng bo'lgan Faradey soni.

Qulonometrik tahlil ishchi elektrodning nazorat qilinuvchi potentsialida

ham, elektrolit yacheykasi orqali o'tadigan nazorat qilinuvchi tokda ham qo'llaniladi. Bunda elektr tokining barchasi asosiy elektrokimyoviy jarayonga va elektr tokini miqdorini (Q) nisbatan ishonchliroq aniqlashda sarflanishi muhim.

2.10 Tahlilning elektr-gravimetrik usuli

Elektr-gravimetrik usul – tashqi manbaadan olingan doimiy tok ta'siri ostida (elektroliz) elektrodalarda moddalarning ajralishidir. Ya'ni elektroliz natijasida elektrodalar massasining oshuvi kuzatiladi. Uslubda tahlil etilayotgan metal elektr-qaytarilish jarayonida katodda elementar shaklda ham yoki elektr-oksidlanish jarayonida anodda oksidlar shaklida ham ajratib olinishi mumkin. Elektroliz jarayoni qonuniyatlari uni kashf etgan ingliz olimi Michael Faradey (1791 – 1867) nomi bilan bog'langan. Faradeyning 1-Qonuni bo'yicha elektroliz ta'sirida katod yoki anod reaksiyalarida ajralib chiqadigan moddaning og'irligi, tokning kuchi, vaqti va moddaning kimyoviy ekvivalentiga proporsionaldir.

Moddaning bir mol ekvivalenti ajralib chiqishi uchun 96500 qulon elektr toki kerak bo'ladi. Bir qulon (1 Kl) – o'tkazuvchi orqali 1 soniya (s) davomida 1 A tok kuchi ta'siri ostida o'tgan elektr tokining miqdori.

1 qulon elektrda ajraladigan moddaning miqdori **elektr-kimyoviy ekvivalentlik** (Ee) deb ataladi, u ushbu modda ekvivalentini 96500 ga bo'linganiga teng ($E_e = M/96500 \text{ g/mol}$).

Qo'shimcha jarayonlarning kechishi oqibatida, elektroliz ta'sirida ajraladigan moddaning og'irligi, Faradey qonuni asosida nazariy hisoblangan og'irlikka nisbatan, odatda kam bo'ladi, ya'ni tok (η – grek harfi *Eta*) bo'yicha chiqish aksariyat hollarda 100% dan kam bo'ladi. Shuning uchun elektrodda ajralib chiqqan moddaning og'irligi:

$$M = E_e \cdot I \cdot t \cdot \eta \quad (2.9)$$

yoki

$$m = \frac{M}{n} \cdot 96500 \cdot I \cdot t \cdot \eta \quad (2.10)$$

Bu yerda m – moddaning og'irligi, I – tok kuchi, A; t – vaqt, s; E_e – elektrokimyoviy ekvivalentlik, g/mol; M – elektrodda ajraladigan moddaning molyar og'irligi, g/mol; η – tok bo'yicha chiqish, %; n – elektr-kimyoviy jarayonda ishtirok etuvchi elektronlar soni.

Tok bo'yicha chiqish η (%) elektroliz jarayonida muhim xarakteristikasi

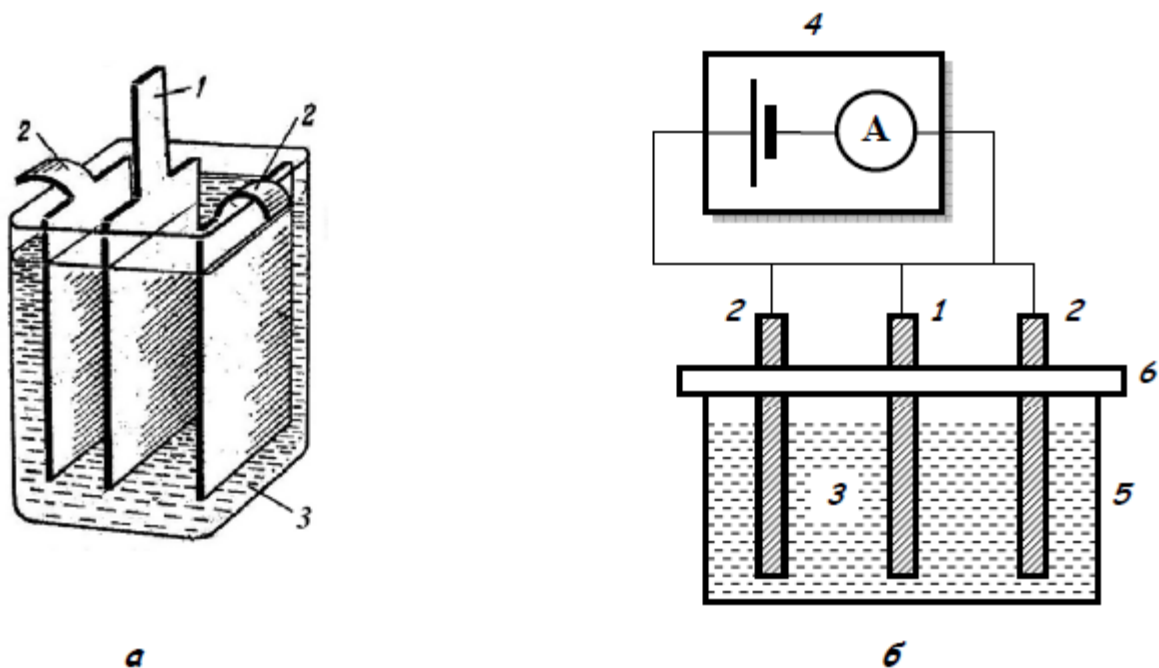
bo'lib xizmat qiladi, u quyidagicha hisoblanadi:

$$\eta = \frac{M_{\text{amaliy}}}{M_{\text{nazariy}}} \cdot 100\%$$

Bunda: M amaliy – elektrolizda ajralib chiqqan moddaning real massasi, g; M nazariy – moddaning Faradey qonuni bo'yicha hisoblangan massasi, g.

Elektr-gravimetriya tahlilning elektr-kimyoviy va gravimetrik uslublarining tutashgan qirrasidan joy oladi. Elektrodda metal ajratiladi va o'lchanadi, shu orqali tadqiq etilayotgan eritmaning tarkibidagi metal aniqlanadi.

Eng oddiy qulonomer to'rtburchakli shisha idishga joylangan 2 ta mis anodlar va markazdan o'tkazilgan 1 ta mis katoddan iborat (2.17 rasm). Bunda elektrolit sifatida metal eritmaları qollanilishi mumkin, masalan mis kuporosi (mis sulfat tuzi).



2.17 rasm. Qulonomerning (a) va qulonometriya tajriba moslamasining ko'rinishi. 1 – katod, 2 – anodlar, 3 – 1M CuSO_4 eritmasi, 4 – tok manbaasi, 5 – shisha idish, 6 – diaelektrik qorqoq. (Manbaa: Симаков и др. 2006).

Elektroliz o'tkazish uchun kuchlanish qanday tanlanadi? Ushbu kuchlanishni yoki potentsiallar farqini parchalanish potentsiali deb atashadi. Uni tok kuchining (I) kuchlanishga (E) bog'liqligi qiyshiq yoychizig'i orqali aniqlashadi.

Parchalanish potentsialiga ($E_{\text{parch.}}$) erishilishi bilan qiyshqlik keskin ortadi. Elektroliz tezligini oshirish uchun zanjirdagi tok kuchlanishini hamisha $E_{\text{parch.}}$ dan yuqoriroq saqlab borish kerak. Elektrodlarning yuzasida kechadigan

keraksiz murakkab fizika-kimyoviy jarayonlarni kechishi uchun zarur bo'lgan ushbu ortiqcha kuchlanishni o'takuchlanish deb ataladi.

Agar tadqiq etilayotgan aralashma Eparch. kattaligi bilan farq qiluvchi turli komponentlar qorishmasiga ega bo'lsa, kuchlanishni qat'iy boshqarish orqali ularni bir-biridan oson ajratish mumkin. Bunda birinchi navbatda kichik kattalikdagi Eparch. ega bo'lgan metal ajralib chiqadi.

Tahlilning gravimetrik uslublarini ikkita varianti mavjud:

1. Moddalarning makromiqdorini aniqlashda qo'llaniladigan keng tarqalgan uslub. Doimiy tok manbai ta'siri ostida elektrodda moddalarning ajralishi yuzaga keladi.

2. Ichki elektroliz uslubi - moddalarning mikromiqdorini aniqlashga qo'llaniladigan, nisbatan kam tarqalgan uslub. Ushbu variantda doimiy tok eritmaga galvanik juftlik tushirilganidan so'ng paydo bo'ladi. Doimiy tok manbai kerak bo'lmaydi.

Elektr-gravimetrik uslub tahliliy amaliyotda, ayniqsa rangli metallar va ularning qorishmalarini aniqlashda keng qo'llaniladi.

Doimiy tok manbai sifatida akkumulyator va to'g'rilagich (o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantiruvchi asbob) ishlatiladi. Potentsiallarning farqi voltimetr, tok kuchi – ampermetrlar yordamida o'lchanadi. Aralashmalar qizdirilganda yoki aralashtirilganda elektroliz faollashadi.

Elektr-gravimetrik uslubda odatda platinali elektrodlar (setkali katod va spiralga o'ralgan – anod) dan foydalaniladi.

Uslubning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- uslubning soddaligi, yetarli darajada aniqligi va tezligi, ushbu uslubni rangli metallar va ularning qorishmalarini aniqlashda qo'llashga asos bo'ldi;

- uslub cho'kmalarni filtrlashni talab qilmaydi (gravimetriyada – eng uzoq va holdan toydiruvchi jarayon);

- elektrolit va elektrod potentsialini tanlash yo'li orqali ko'pkomponentli aralashmalarni tahlil qilish imkoniyati.

Elektr-gravimetriyada ishlatiladigan cho'kmalarga quyidagi talablar qo'yiladi: Aniqlanadigan komponent elektrodda miqdor jihatdan ajralishi, olinadigan cho'kma toza, mayda zarrali bo'lishi va keyingi operatsiyalar – yuvish, quritish va vaznini o'lchashda – cho'kmaning isrof bo'lishiga olib kelmasligi uchun, elektrodning yuzasiga yaxshi yopishishi kerak. Bunday cho'kmalarni olish uchun: Tokning zichligini, aralashmaning tarkibi va haroratini, elektrodning yuzasi va materialini, harakatlanish tezligini boshqarib

turish kerak.

Nazorat savollari

1. Tahlilning potentsiometrik uslubining ahamiyati nimada?
2. Qaysi jarayon elektrod potentsialini yuzaga kelishiga sabab bo'ladi?
3. Nernst tenglamasi qanday bog'liqlikni aks ettiradi? Unga kiruvchi kattaliklarning mohiyatini tushuntiring.
4. Standartli elektrod potentsiali nima? Uni eksperimental tarzda qanday aniqlash mumkin?
5. Standartli vodorodli elektrod, elektrodli Reaksiyaning qurish printsiplari.
6. Galvanik element qanday tuzilgan? Uning ishlash jarayonida qanday Reaksiyalar kechadi?
7. Galvanik elementning EHK qanday paydo bo'ladi?
8. Potentsiometriyada qo'llaniladigan elektrodlar qanday toifalanadi?
9. Taqqoslov elektrodleri – xlor-kumushli va kalomelli. Ularning tuzilishi, vazifasi, ishlash printsiplari, elektrodli Reaksiyalar.
- 10.10. Indikatorli elektrodlar klassifikatsiyasi. Ularning taqqoslov elektrodlaridan farqi va vazifalari.
- 11.1 va 2- navli metalli indikatorli elektrodarga misol keltiring. Ularning harakatlanish mexanizmini tushuntirib bering.
12. Ionosektiv elektrodning asosiy tiplari qana? Ular qanday tuzilgan va ishlash printsiplari qanday?
13. Shishali elektrod qanday tuzilgan? Shishali elektrodning ionli selektiv guruhlarining vazifalari nimaga asoslangan.
14. Bevosita potentsiometriya (ionometriya)ning ahamiyati nimada? Uslubning afzalligi va kamchiliklari.
15. Potentsiometrik titrlash uslubining ahamiyati nimada? Potentsiometrik titrlash egri yoychiziqclarini qaysi koordinatlarda tuziladi? Koordinatlarni tanlash nimaga asoslangan?
16. Potentsiometrik titrlashga quyidagi Reaksiyalardan foydalangan holda misol keltiring: a) neytrallash; b) oksidlash-qayta tiklash; v) cho'kish; g) kompleks shakllanishi.
17. Oziq-ovqat sanoatida bevosita potentsiometriya va potentsiometrik titrlash uslublarini qo'llash.
18. Tabiiy suvlar sifatini aniqlashda konduktometriyadan foydalanish.

III BOB. TAHLILNING SPEKTROSKOPIYA USULLARI

Ushbu bobni yozishda foydalanilgan adabiyotlar:

1. Лебедева М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. Пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216с.
2. Платонов И.А., Е.А. Новикова, Е.Н. Тупикова, И.Ю. Рощупкина. Инструментальные методы анализа веществ и материалов: метод. указания / сост. – Самара: СГАУ, 2015. – 36 с.
3. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии: Учебное пособие / Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172 с.
4. В.И. Кочеров, И.С. Алямовская, Н.Е. Дариенко, С.Ю. Сараева, Т.С. Свалова, А.И. Матерн. Инструментальные методы анализа: лаборатор. практикум: [учеб.-метод. пособие]. Под общ. ред. С. Ю. Сараевой; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал, федер. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. - 96 с.
5. Francis Rouessac and Annick Rouessac. Chemical Analysis - Modern Instrumentation Methods and Techniques. Second Edition. John Wiley&Sons, Ltd, 2007, 599.

3.1 Spektroskopiyaga kirish – elektromagnit nurlanish (spektr)

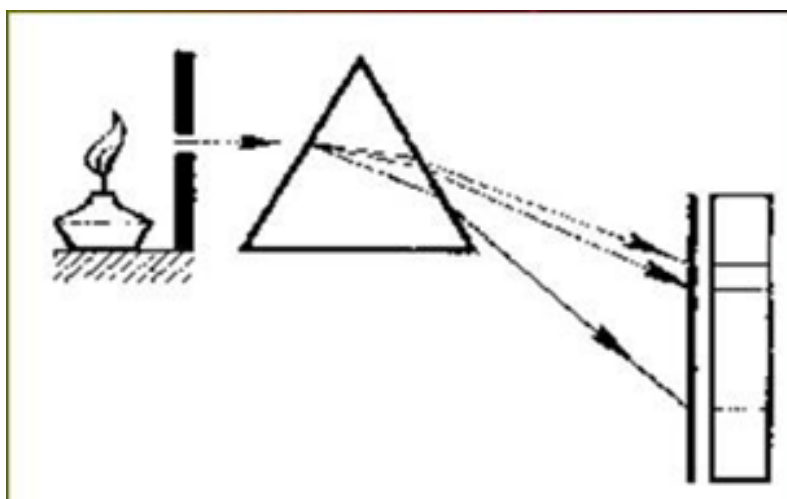
Ekologik nazorat uchun zamonaviy laboratoriyalar optik (spektral) tahlil uslublarining ko'plab variantlarini o'z ichiga oladi - elektromagnit nurlanish va har qanday spektral parametr (to'lqin uzunligi, tebranish chastotasi, energiyasi) bilan moddaning o'zaro ta'sirining turli ko'rsatkichlarini o'lchashga asoslangan. Bu usullar guruhi eng keng va muhim amaliy ahamiyatga ega.

Boshqacha qilib aytganda, bu tahlil usullari o'rganilayotgan modda atomlari yoki molekulalari tomonidan elektromagnit nurlanishning emissiya hodisalaridan foydalanishga yoki bu nurlanishning modda bilan o'zaro ta'siriga asoslangan.

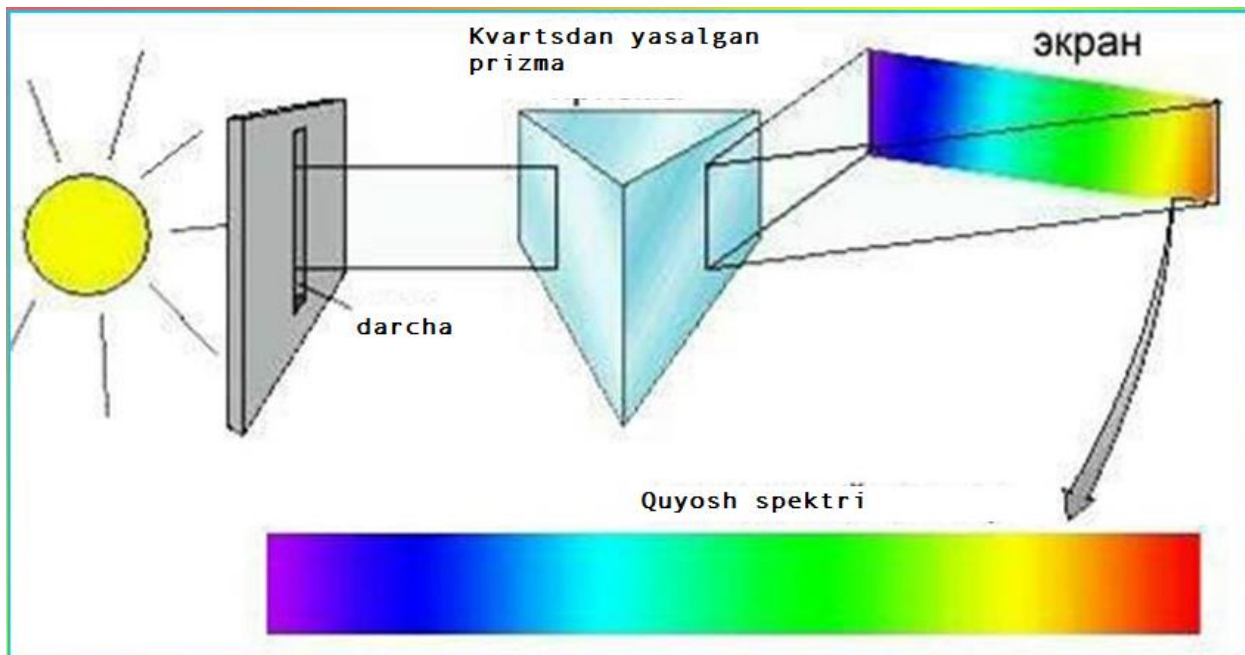
Barcha spektroskopiya tahlil metodlari asosida elektromagnit nurining modda bilan o'zaro ta'siri yotadi, aniqroq aytganda moddani tashkil etuvchi molekulalarning tarkibiy elementlari bilan:

- atomlar,
- molekula yoki molekularning ma'lum bir guruxlari,
- ionlar
- elektronlar.

Spektroskopiya — moddalarning elektromagnit nurlanish bilan o'zaro ta'sirlari xaqidagi fandir (molekulalar ularning massasi va zaryadiga qarab ajratiladigan mass-spektrometriyadan tashqari). Spekr so'zi lotincha "*Spectrum*" (ko'rinish, ya'ni bizning o'rganayotgan fanimizga qo'llaganda nurning ko'rinishi degan ma'noni bildiradi) - ma'lum tartibda joylashtirilgan oddiy tebranishlar to'plami. *Biron bir moddadan chiqayotgan nurlanish tarkibidagi chastotalarning (yoki nur to'lqini uzunligining) yig'indisi nurlanish spektri (NS) deb ataladi.* Masalan, yorug'lik nurini shaffof prizmadan o'tkazilsa, spektrlarga bo'linishi kuzatiladi (3.1 rasm).

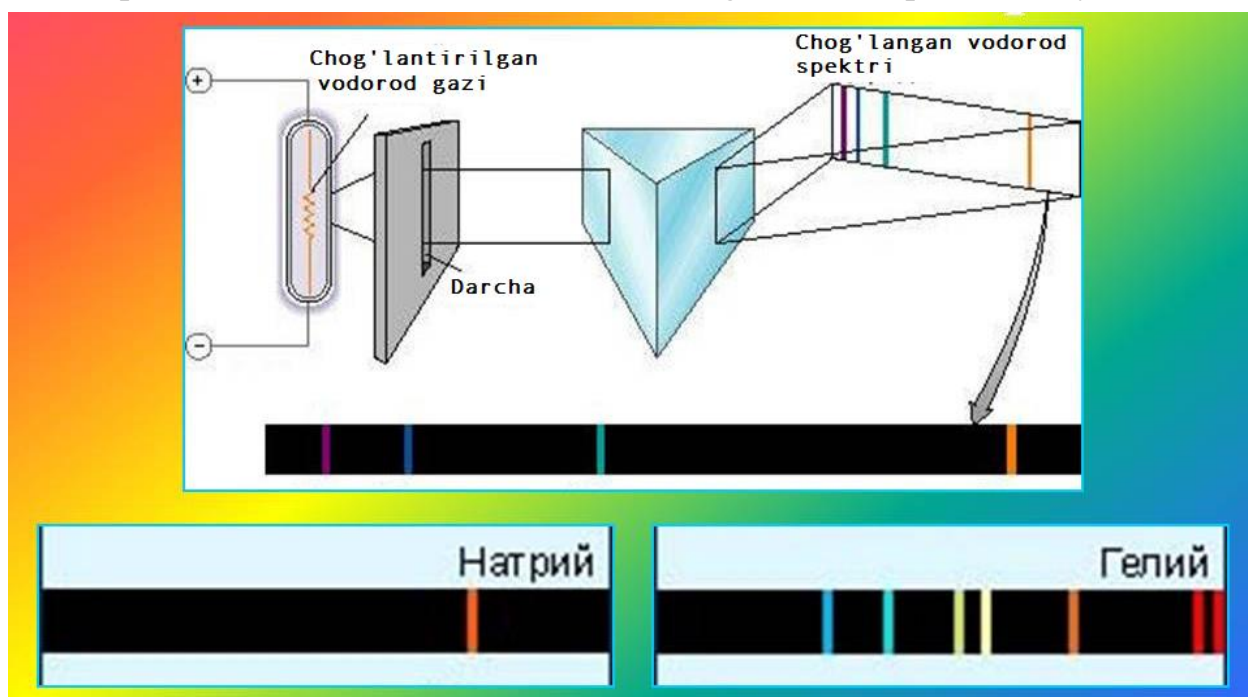


3.1 rasm. Yorug'lik nurini shaffof prizmadan o'tkazilganda spektrlarga bo'linishi.

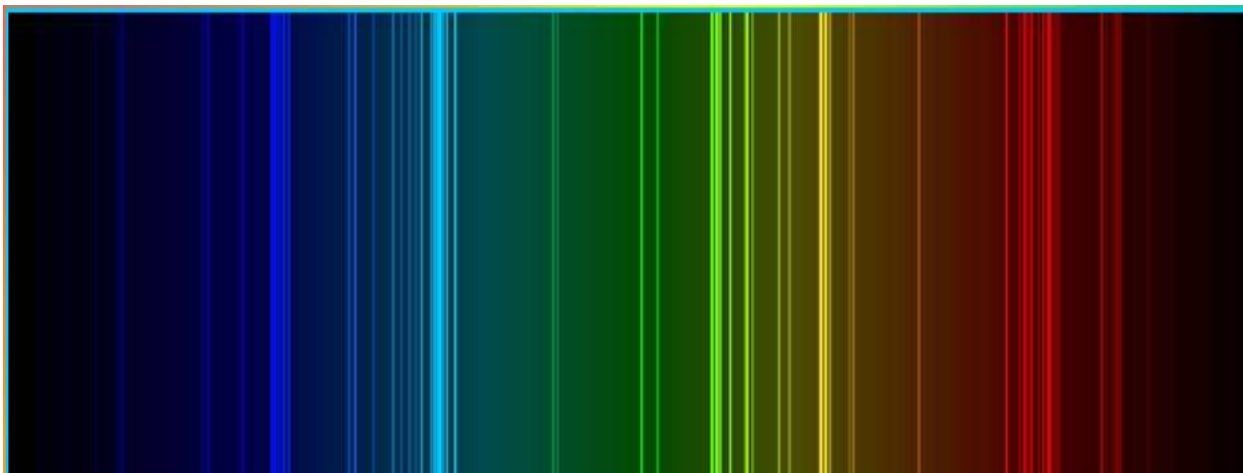


3.2 rasm. Quyosh spektri uzluksiz spektrga yorqin misol bo'ladi.

Spektrlar uzluksiz (3.2 rasm), chiziqsimon (3.3 rasm) va yo'l-yo'l (olachipor, 3.4 rasm) bo'ladi. Bu spektrlarning barchasi jumladan qizdirilgan jismlar spektrlarida sodir bo'ladi va nurlanishning emission spektrlari deyiladi.



3.3 rasm. Cho'g'langan vodorod gazi, natriy va geliy elementlari spektrlari chiziqsimonga yorqin misoldir.



3.4 rasm. Yo'l-yo'l spektr.

Har qanday modda qizigan holatida o'zidan chiqaradigan nurlanishning o'sha turlarinigina yutadi, ya'ni yutilish spektrlari – absorbtсион xarakterga ega. *Yutilish va nurlanish spektrlariga qarab moddaning tabiatini (sifatiy tahlil) va spektral chiziqlarning intensivligiga qarab esa – moddalar miqdorini (miqdoriy tahlil) aniqlash mumkin.*

Tashqaridan ma'lum miqdorda energiya yetkaziladigan tizim qo'zg'algan deb ataladi. Bunday tizim beqaror bo'ladi va iloji boricha tez va kam energiya sarflash bilan asl holiga qaytishga intiladi. Shu bilan birga bu tizim kvant ($h\nu$) energiyani yo'qotadi. Bu jarayon issiqlik ajralib chiqishi, ma'lum chastotadagi nurlanish bilan o'tadi yoki bir vaqtning o'zida har ikkala jarayon ham kechadi.

Birinchi qo'zg'algan holatidan asosiy holatiga, ya'ni eng kam energiyaga ega bo'lgan holatga o'tishga to'g'ri keladigan nurlanish chizig'i eng ko'p kuzatiladi.

Nurlanish chastotasi (ν), ya'ni har bir berilgan nuqtaning 1s dagi tebranishlar soni tizimining energiyasi o'zgarishiga quyidagicha bog'liq:

$$\Delta E = h\nu, \quad (8.1)$$

Bu yerda ΔE - energiya tizimining o'zgarishi; h - Plank doimiysi, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ (J – joul); ν - chastota.

Qo'zg'algan atom yoki molekulalarning nurlanishini odatda to'lqin uzunligi (λ) bilan tavsiflanadi, u esa vakuumda (\cong *havoda*) ν ga quyidagicha bog'liq bo'ladi:

$$\lambda = c/\nu, \quad (8.2)$$

Bu yerda c - yorug'lik tezligi - $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ga teng.

O'lchov birliklari: ν - gerts (Hz); λ - mikrometr ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), nanometr ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) va angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), eng tez-tez foydalanadigani bu 1-chi va 2-chi o'lchamlar.

Spektral maydon uch qismga bo'linadi: ultrabinafsha (UB), $\lambda = 200 \dots 400 \text{ nm}$; ko'rinuvchan, $\lambda = 400 \dots 760 \text{ nm}$; infraqizil (IQ), $\lambda > 760 \text{ nm}$.

UB va ko'rinuvchan maydonlarda yutilish yo'laklarining tabiati ($\lambda = 200 \dots 760 \text{ nm}$) elektron o'tishlariga bog'liq; IQ maydonida – yutuvchi modda molekulasidagi atomlarning tebranishlariga. IQ spektroskopiyada nurlanish odatda $\bar{\nu} = 1/\lambda$ to'lqin soni bilan xarakterlanadi; agar λ kattalik cm da o'lchansa, unda to'lqin sonining birligi "teskari cm", ya'ni cm^{-1} bo'ladi. To'lqin soni qulay, chunki u bu nurlanishga sabab bo'ladigan o'tish vaqtida chiqarilgan energiyaga to'g'ri proporsionaldir. IQ spektrining o'rta maydoni to'lqin sonlari o'rtacha $3600 \dots 300 \text{ cm}^{-1}$ bilan xarakterlanadi.

Ko'rinadigan maydondagi moddaning yutilish spektri ($\lambda = 400 \dots 760 \text{ nm}$) va uning inson ko'zi bilan idrok etiladigan rangi o'zaro bog'liq.

Rang - yorug'likning aks etgan yoki tarqalayotgan nurlanishning spektral tarkibiga mos ravishda ma'lum ko'rish sezgisiga olib kelish xususiyati. Ko'rinadigan spektrning alohida tor bo'limlari ettita asosiy rang va ular orasidagi juda ko'p turli turlarning rang hissini beradi (jadval. 3.1).

Jadval 3.1 Spektrning asosiy ranglari

Asosiy rang	λ , nm
Qizil	760...650
To'q sariq (Oranj)	650...600
Sariq	600...560
Yashil	560...490
Och ko'k	490...450
Ko'k	450...420
Binafsha	420...400

3.2 Spektroskopik tahlil turlari

Tahlilning optik usullarini bir qator xususiyatlarga ko'ra tasniflash

mumkin. Keng tarqalgan spektroskopiya tahlil metodlari quyidagilardir:

- Atom-absorbtsiya spektroskopiya (AAS);
- Atom-emissiya spektroskopiya (AES);
- Ko'rinadigan va ultrabinafsha (UB) diapozonlarda elektron spektroskopiya;
- Infraqizil (IQ) spektroskopiya;
- Mass - spektrometriya

Barcha spektroskopiya metodlari uchun umumiy narsa shuki, o'lchash natijasi (analitik signal) ma'lum spektrdan iborat bo'ladi.

Elektromagnit nurlanish energiyaning shunday turiki, bunda uning fa'zodagi tarqalishi ham to'liq va ham zarracha tabiatiga ega bo'lishi mumkin. Vakuumba elektromagnit nurlanish tezligi taxminan=300 000 km/s ga teng. Elektromagnit nurlanish spektrida har xil nurlar mavjud: radio va mikronurlar, infraqizil (issiqlik) nurlari (IQ), ko'rinadigan, ultrabinafsha (UB), rentgen va γ -nurlar (3.2 jadval).

Tadqiqot ob'ektlariga ko'ra optik uslublar yadroviy, atom va molekulyar spektroskopiya bo'linadi. Nurlanish spektroskopiya (emission va lyuminestsensiya spektroskopiya), yutilish spektroskopiya (absorbtsion spektroskopiya) va nurning sochilishi spektroskopiya (nefelometriya va turbidimetriya) kabi turlari nurlanish va modda orasidagi o'zaro ta'sir turiga qarab ajratiladi. Bundan tashqari optik usullar elektromagnit nurlanish energiyasi diapozonlari (oralig'lar) ga ko'ra ham farqlanadi (3.2 jadval).

3.2 jadval. Elektromagnit nurlanish spektridagi nurlar tavsifi

Spektr maydoni	To'liq uzunligi intervali (λ)
Radioto'liqlar	> 0.5 m
Mikroto'liqlar	$10^{-3} - 1$ m
Infraqizil nurlanishi	$750 - 10^{-6}$ nm yoki $7,5 \cdot 10^{-7} - 10^{-3}$ m
Ko'rinadigan nurlar	$400 - 750$ nm yoki $4 \cdot 10^{-7} - 7,5 \cdot 10^{-7}$ m
Ultraviolet nurlanishi	$10 - 400$ nm yoki $10^{-8} - 4 \cdot 10^{-7}$ m
Rentgen nurlanishi	$10^{-2} - 10$ nm yoki $10^{-11} - 10^{-8}$ m
γ - nurlanishi	$10^{-4} - 0,1$ nm yoki $10^{-13} - 10^{-10}$ m

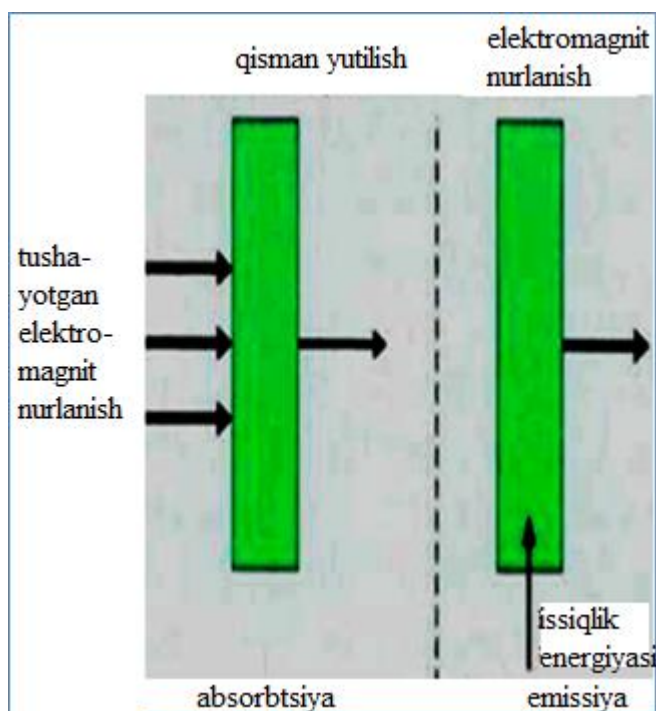
Spektroskopiya tahlil metodlarini tahlil qilinayotgan modda molekulasini elektromagnit to'liqni absorbtsiya (yutilishi) yoki emissiya (nur tariqasida qaytarishi) etishiga qarab 2 ga bo'lish mumkin (3.5 rasm):

- agar tahlil qilinayotgan modda molekulasi elektromagnit to'liqni absorbttsiya qilsa (yutsa), bunday tahlil absorbttsiya spektroskopiyasi deyiladi.
- agar emissiya qilsa (nur tariqasida qaytarsa), — emissiya spektroskopiyasi deyiladi.

Energiya yutilishidan (absorbtsiyasidan) bevosita keyin zarrachalar qo'zg'algan holatda boladi (qutichaga qarang). Bu odatda juda qisqa vaqt davom etadi ($\sim 10^{-9}$ s). Zarracha ortiqcha energiyani yana qaytargandan keyin esa yana asosiy energiya holatiga qaytadi.

1-tur usullar. Yutilish (absorbtsion) spektroskopiyasi, ya'ni nurlanish (yorug'lik) yutilishining tahlili metodlari. Ular qo'llanilayotgan uskunaga qarab, quyidagi turlarga bo'linadi:

1. monoxromatik yorug'likning yutilishiga asoslangan spektrofotometrik usul (ya'ni, ma'lum to'liqin uzunligiga ega bo'lgan yorug'lik) va,
2. polixromatik yorug'likning yutilishiga asoslangan fotokolorimetrik uslub (ya'ni, turli to'liqin uzunligiga ega bo'lgan yorug'lik).



3.5 rasm. Elektromagnit nurlar absorbttsiyasi va emissiyasi hodisasi.

QUTICHA: Atomlardagi elektronlarning qo'zg'algan holatga o'tishi haqida

Atomning orbital modelida manfiy zaryadlangan elektronlar musbat zaryadlangan yadro atrofida aylanadi.

Ikki zarra orasidagi tortishish kuchlarini engish va elektronni atom yadrosidan ajratish uchun qo'shimcha energiya talab qilinadi.

Elektronlar yadro atrofida o'zboshimchalik bilan emas, balki ma'lum orbitalarda (orbitallarda) harakatlanadi.

Har bir orbitalda elektron ma'lum energiya qiymati bilan xarakterlanadi. Masalan, elektronni yadrodan uzoqroq energiya sathiga o'tkazish uchun atomga ta'sir etuvchi nurlanish energiyasi kvantlari aynan shu ikki orbital orasidagi energiya farqiga to'g'ri kelishi zarur. Natijada atom asosiy energetik holatdan qo'zg'algan holatga o'tadi.

Spektrofotometrik tahlil usuli - monoxromatorlar tomonidan olingan qat'iy belgilangan to'lqin uzunligida (λ) yorug'lik yutilishining yutilish spektrini aniqlash yoki o'lchashga asoslangan. Bu spektral chiziq moddaning maksimal (eng yuqori) yutish egri chizig'iga mos keladi;

Fotokolorimetrik tahlil uslublariga ko'zga ko'rinadigan (400-800 nm) va yaqin ultrabinafsha (200-400 nm) maydonlarda molekulyar muhit orqali nurlanish yutilishini o'lchashga asoslangan usullar kiradi. Tekshirilayotgan bo'yalgan eritmani rangi intensivligini o'lchash yoki uni standart eritmani rangi intensivligi bilan taqqoslashga asoslangan.

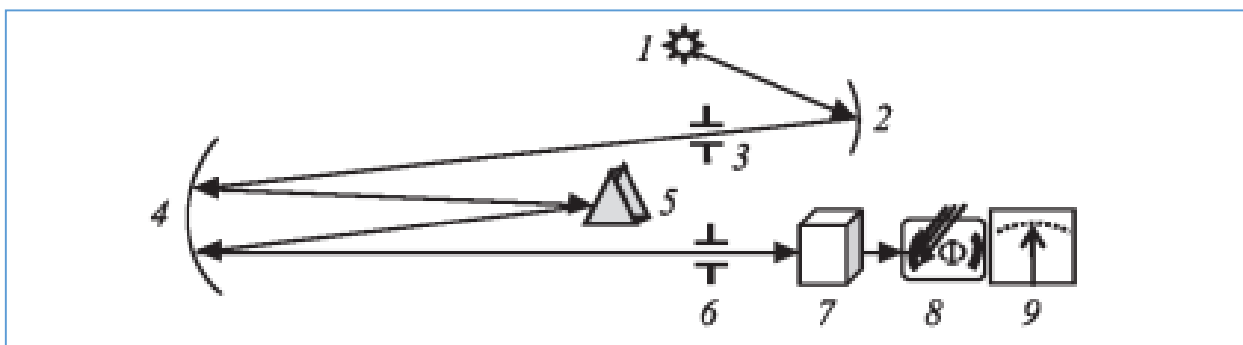
Ishlatiladigan yorug'likni o'lchash usuliga qarab fotometriyaning quyidagi turlari farqlanadi:

- vizual kolorimetriya - tahlil qilinayotgan va standart eritmalarining rangini vizual (ko'z bilan chamalab) usulda taqqoslash asosida modda konsentratsiyasini aniqlash (masalan indikatorlar qo'llanilishi);

- fotokolorimetriya - spektr maydonining filtrlar bilan olingan tor bo'lagida (kengligi 10-100 nm) elektromagnit nurlanish intensivligini o'lchashga asoslangan);

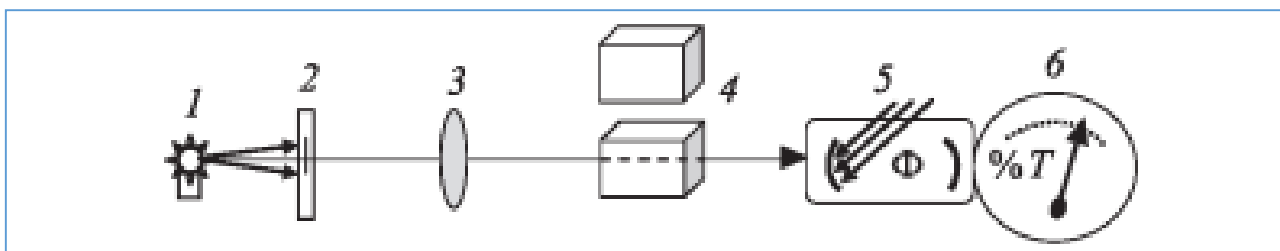
Spektrofotometrik ham, fotokolorimetrik tahlil usuli ham yutuvchi modda tomonidan nur yutilishi va uning konsentratsiyasi orasidagi mutanosiblik munosabatiga asoslangan. Farqi shundaki, birinchi uslubda qurilmaga qurilgan monoxromatorlar (shisha yoki kvarts prizmalar, difraktsion prujinalar) yordamida monoxromatik yorug'lik ajratib olinadi (3.6-rasm), ikkinchi usulda esa 20-100 nm

oraliqda to'liqin uzunliklaridagi nurni o'tkazadigan bo'lgan polixromatik yorug'likning ma'lum bandli yorug'lik filtrlaridan foydalaniladi (3.7-rasm).



3.6 Rasm Spektrofotometrning optik sxemasi:

1 - Nurlanish manbai; 2 - ko'zgu; 3 - kirish uyasi; 4 - sferik ko'zgu; 5 monoxromator; 6 - chiqish uyasi; 7 - eritma bilan kyuveta; 8 - fotoelement; 9 – analitik signal indikator.



3.7 Rasm Bitta nurli fotoelektrokolorimetrning sxemasi:

1 - volfram chiroq; 2 - yorug'lik o'tkazuvchanlikni 100% ga sozlash uchun xizmat qiluvchi harakatlanuvchi diafragma; 3 - rang filtri; 4 - tahlil qilinayotgan eritma bilan kyuveta; 5 - fotoelement; 6 – mikroampermetr.

Fotokolorimetriya spektrning ko'rinadigan maydonidagi rangli eritmalarni o'rganishda qo'llaniladi. Spektrofotometriya spektrning ko'rinadigan va ultrabinafsha maydonlarida, hatto rangsiz eritmalarni o'rganish uchun ham ishlatilishi mumkin. Bundan tashqari, uslubni tanlash tahlil natijalarining aniqligiga va Buger-Lambert-Ber qonunining majburiy bajarilishiga qo'yiladigan talablar bilan belgilanadi.

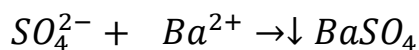
2-tur usuli. Muallaq zarrachalar tomonidan nurning sochilishi (nefelometriya) va nur sochilishi tufayli nur yutilishiga (turbidimetriya) asoslangan tahlil usul.

3-tur usuli. Lyuminesensiya tahlili o'rganilayotgan modda bilan

nurlanishning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan ikkilamchi nurlanishni o'lchashga asoslangan. Ultrabinafsha nur bilan nurlantirilganda modda ikkilamchi nurlanish beradi.

Birinchi guruh usullari, ya'ni spektrofotometriya eng katta amaliy qiziqish uyg'otadi.

Turbidimetriyaning qo'llanilishiga misol: Reaksiya yordamida turli tabiiy ob'ektlardagi oltingugurt miqdorini aniqlashda



Ushbu tahlilga gravimetrik uslubda 2 – 3 kun; turbidimetrik usulda esa atigi 2–3 soat talab qiladi.

Fotometrik tahlilda spektrning UB, ko'rinadigan va IQ maydonlarida elektromagnit nurlanishning yutilishidan foydalanadi. Spektrning ko'rinadigan maydonida, ya'ni 400... 760 nm to'liq uzunligi oralig'ida nurlar yutilishiga asoslangan fotometrik tahlil uslublari eng keng tarqalgan. Bu hol usul yordamida ko'rinadigan spektrda fotometrik aniqlashga mos ko'p turdagi rang-barang organik va anorganik birikmalar eritmalarini yaratish imkoniyati bilan izohlanadi, juda oddiy va nisbatan arzon qurilmalar.

Fotometrik tahlilda qo'llaniladigan kimyoviy reaksiyalar, ularning kimyoviy tabiatidagi farqlariga qaramay, eritma tomonidan nur yutishining paydo bo'lishi yoki kuchsizlanishi bilan birga kechishi shart. Miqdoriy tahlilda ishlatiladigan har bir reaksiya singari rang reaksiyasi ham selektiv, tez, to'liq bo'ladigan va qaytadan bajarish (natija aniqligiga ishonch hosil qilish maqsadida) imkoniyati bo'lishi sharti bilan amalga oshirilishi kerak. Bundan tashqari, olingan analitik shaklning rangi vaqt va yorug'lik ta'siriga barqaror bo'lishi kerak, tahlil etilayotgan moddaning konsentratsiyasi haqida ma'lumot beruvchi eritmaning o'zida nur yutishi yutilish va konsentratsiyani bog'lovchi fizik qonunlarga, xususan Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunishi kerak.

Anorganik moddalar fotometrik tahlilida aniqlanayotgan elementlarning anorganik va, ayniqsa, organik reagentlar bilan komplekslar hosil qilish reaksiyalaridan ko'p foydalaniladi; oksidlanish-qaytarilish, sintez va boshqa turdagi reaksiyalardan esa kamroq foydalaniladi. Organik moddalar fotometrik tahlilida rangli birikmalarning sintezi Reaksiyalaridan ko'proq foydalaniladi, ular azotli birikmalar, polimetin va xinonimin bo'yoqlari, nitro birikmalarning atsiformalari va boshqalar bo'lishi mumkin. Ba'zan bunda moddalarning o'z

rangidan foydalanadilar.

3.3 Yorug'lik yutilishi asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni)

Nurlanish oqimi qisman yutuvchi muhitdan o'tganda (3.8 rasm), Buger-Lambert-Ber qonuniga ko'ra o'tgan oqim I ning intensivligi

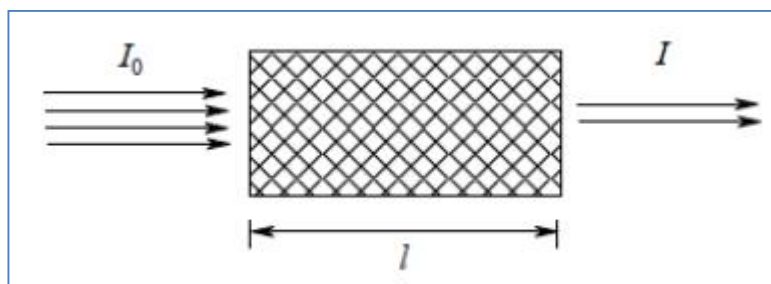
$$I = I_0 \cdot 10^{\varepsilon_{\lambda} \cdot l \cdot c} \text{ ga teng} \quad (3.3)$$

Bu yerda I_0 - yutuvchi muhitga (eritmaga) kelayotgan nurlanish oqimining intensivligi; ε_{λ} - berilgan to'lqin (λ) uzunligidagi molyar yutilish koeffitsienti; l - yutuvchi qatlamning kyuvetaning) qalinligi; c - yutuvchi moddaning (eritmadagi) konsentratsiyasi, mol/dm³.

Yoki logarifmik shaklda yozsak:

$$\begin{aligned} \lg I &= \lg I_0 - \varepsilon_{\lambda} \cdot l \cdot c \\ \lg \left(\frac{I_0}{I} \right) &= A = \varepsilon_{\lambda} \cdot l \cdot c \end{aligned} \quad (3.4)$$

$\lg \left(\frac{I_0}{I} \right)$ - qiymatni (8.4.) eritmadagi moddaning nurlarni yutish sig'imini xarakterlovchi **optik zichlik** deyiladi.



3.8 Rasm. Eritma qatlamidan yorug'lik oqimining o'tish sxemasi

Analitik amaliyotda, fotometrik aniqlashning asosiy jarayonining mohiyatini, ya'ni optik diapazonning elektromagnit nurlanishining kvantlarini analitik shaklda yutilishini ta'kidlash uchun, bu kattalikni yutilish yoki nurlanish (yorug'lik) yutilishi deb ataladi va shartli ravishda A harfi bilan belgilanadi. Yutuvchi qatlamning doimiy qalinligida bir qator analitik aniqlashlar bajariladi.

Endi o'rganayotgan Qonunimizni ta'riflash fursati keldi, demak:

Buger-Lambert-Ber qonuni: eritmaning optik zichligi moddaning

konsentratsiyasiga va yutuvchi qatlam qalinligiga to'g'ri proporsional.

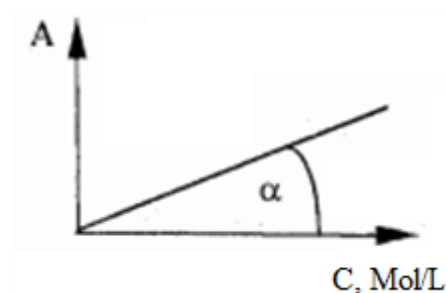
Nurlanish (yorug'lik) yutilishi (absorbtsiyasi) qiymati A ni bevosita asbob shkalasidan o'qish mumkin. Biroq ayrim asboblar faqat nurlanishni o'tkazish shkalasiga - T (%) ega:

$$T = (I / I_0) \cdot 100\% \quad (3.5)$$

Shuning uchun fotometrik aniqlashlarni bajarishda bunday qurilmalarning o'qishlari formula bo'yicha absorbtsiya uchun qayta hisoblanishi kerak:

$$A = \lg(1 / T) \cdot 100 = 2 - \lg T \quad (3.6)$$

Amalda A ning doimiy l da aniqlanayotgan modda konsentratsiyasiga bog'liqligi va analitik aniqlashning aniq sharoitlarida kalibrlash grafigi – koordinatalar boshidan chiqib o'tuvchi to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlanadi (3.9 Rasm).



3.9 Rasm. Kalibrlash grafigi

Bu holda uslubning aniqlanish chegarasini aniqlovchi ϵ_λ molyar yutilish koeffitsienti, agar konsentratsiya, mol/L bilan ifodalansa, kalibrlash chizig'ining absissa o'qiga og'ish burchagining tangensiga teng bo'ladi. Agar konsentratsiya massa birliklarida ifodalansa, burchak koeffitsienti yutilish koeffitsienti K ga teng bo'ladi. Kalibrlash grafigining konsentratsiya o'qiga nisbatan burchagi qancha kichik bo'lsa, bu fotometrik usul shuncha sezgir bo'ladi.

Optik zichlikni (ϵ_λ ni) berilgan oldindan ma'lum konsentratsiyadagi eritmalarining optik zichligini o'lchash yo'li bilan quyidagi formulaga asosan hisoblash mumkin

$$\epsilon_\lambda = \frac{A_{min}}{l \cdot c}$$

Bundan tashqari, tayyor jadval ma'lumotlaridan foydalanish ham mumkin. Molyar yutilish koeffitsientining nazariy qiymati $\epsilon_\lambda \cong n \cdot 10^5$ ga tengdir.

Eng kuchli rangdor birikmalar uchun bu qiymat odatda $\varepsilon_{\lambda} \cong n \cdot 10^4$. Bunday holda, Buger-Lambert-Ber qonuni tenglamasidan foydalanib (3.4 formula) aniqlanayotgan moddalarning konsentratsiyasini oralig'ining quyi chegarasini C_{min} quyidagi formulaga asosan aniqlash mumkin:

$$C_{min} = \frac{A_{min}}{\varepsilon_{\lambda} \cdot l} \quad (3.7)$$

Agar $l = 1$ cm va $A_{min} = 0.005$ faraz kilsak, $C_{min} = 0,005 / (10^4 \cdot 1) = 5 \cdot 10^{-7}$ mol/L ga teng. Agar aniqlash chegarasini yanada pasaytirish zarur bo'lsa, yutuvchi qatlam qalinligini oshirish yoki moddani, masalan, ekstraktsiya yo'li bilan konsentrlash mumkin.

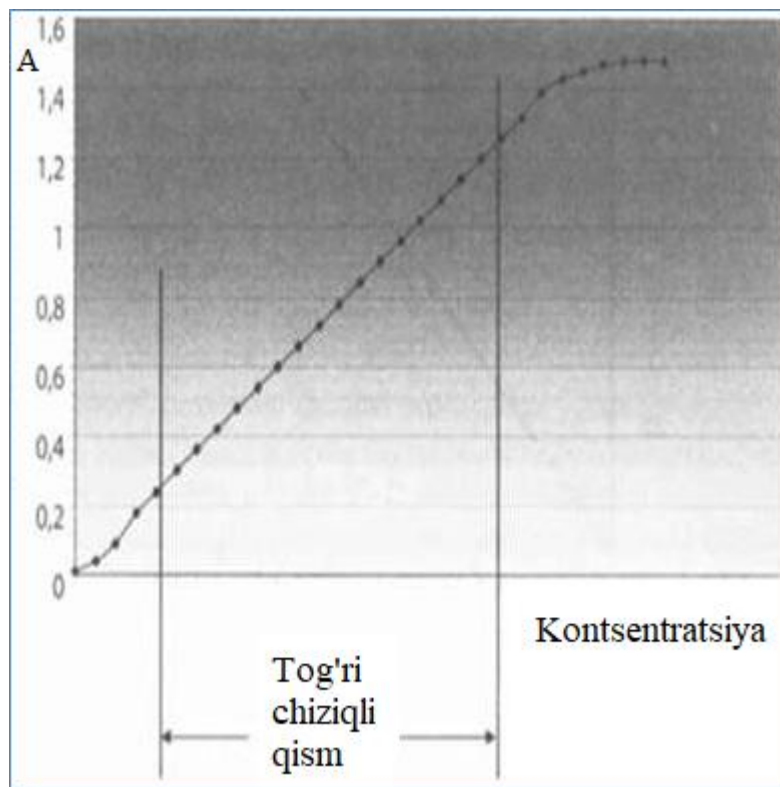
Kyuvetaning devorlari tushayotgan nurlanishning bir qismini tarqatadi va uni eritma bilan birgalikda qisman yutilishiga olib keladi. Bu ta'sirni kompensatsiyalash (qoplash) uchun amalda I_0 ni o'lchash uchun bir xil kyuvetaga to'ldirilgan sof erituvchidan foydalaniladi.

3.4 Buger – Lambert – Ber qonunidan istisnolar

Buger-Lambert-Ber qonuni faqat ma'lum sharoitlarda suyultirilgan eritmalar uchun qat'iy amal qiladi. Demak, juda konsentrlangan eritmalar tahlildan oldin bir necha marta suyultirish maqsadga muvofiqdir. Analitik maqsadlar uchun shartlar quyidagicha:

- tanlangan analitik reaksiya va kimyoviy sharoit bilan aniqlanadigan eritmadagi yutuvchi zarrachalarning tarkibi va yutuvchi zarrachalarning o'zgarmasligi;
- asosan fotometrik qurilmaning loyihaviy xususiyatlari, xususan, nurlanishni monoxromatizatsiya uslubi bilan bog'liq bo'lgan namunadan o'tuvchi nur oqimining monoxromatikligi, uning chegaralangan intensivligi va parallelligi;
- haroratning doimiyliigi.

Agar analitik shakldagi eritma Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunmasa, bu eritmadagi moddaning konsentratsiyasini kalibrlash to'g'ri chizig'iga muvofiq aniqlashda sistematik xatoliklarga olib keladi.



3.10 Rasm. Konsentratsiya va optik zichlikning (A) bog'liqligining Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunadigan to'g'ri chiziqli qismidagina aniq natijalarga erishish mumkin.

Shuni ta'kidlash kerakki, kalibrlash grafigining izchil takrorlanadigan noto'g'ri chiziqli bilan yetarlicha aniq tahlil natijalarini olish ham mumkin emas (3.10 rasm). Biroq yechimning analitik shaklini umuman Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunishi hali ham fotometrik tahlilda foydalanishning asosiy sharti bo'lib qolmoqda. Buger-Lambert-Ber qonuniga rioya qilmaslik sabablari fizik-kimyoviy va instrumental omillar bo'lishi mumkin.

Shuning uchun ham ko'rinadigan va UB nurlanish spektroskopiyasida A ning miqdori 0.1 dan 1.0 gacha bo'lishini kuzatib borish kerak. $A < 0.1$ bo'lganida tahlilning xatolik darajasi juda yuqori bo'ladi, $A > 1.0$ da esa Buger-Lambert-Ber qonuni ko'pchilik hollarda ishlamaydi.

Fizik-kimyoviy sabablar yutuvchi moddaning asosiy modda bilan raqobatlashadigan reaksiyalarda, ayniqsa eritma konsentratsiyasining ortishi bilan (assotsiatsiya, polimerlanish, murakkablashish va hokazo jarayonlar bilan bog'liq.); shuningdek eritma konsentratsiyasining kamayishi bilan (dissotsiatsiya, gidroliz, solvatsiya jarayonlari) bo'lishi mumkin.

Misol :

Suvli eritmalaridagi MnO_4^- -ionlari sxema bo'yicha suv bilan reaksiyaga

kirishadi:



KMnO_4 konsentratsiyasi ortishi bilan katalitik parchalanish jarayonlari tezlashadi, bu esa MnO_4^- konsentratsiyasining pasayishi bilan kechadi, natijada yorug'lik yutilishining asosiy qonunidan chetga chiqadi. Shuning uchun fotometrik o'lchashlar uchun faqat kam konsentratsiyali yangi tayyorlangan KMnO_4 eritmalaridan foydalaniladi.

Buger-Lambert-Ber qonunidan og'ishlarga olib keladigan instrumental omillar yorug'lik oqimining yetarli monoxromatikligi bilan bog'liq va fotoelektrokolorimetrlarda ishlaganda ko'pincha namoyon bo'ladi. Bu qurilmalarda «monoxromatizatsiya»ga nurlanishni ma'lum to'lqin uzunliklari oralig'ida uzatuvchi yorug'lik filtrlari orqali erishiladi. Nurlanishni yetarlicha keng to'lqin uzunligida uzatuvchi an'anaviy yorug'lik filtrlari bilan ishlaganda o'lchash natijasi integral yutilish hisoblanadi. Yutuvchi moddaning konsentratsiyasi oshgan sari yutilish yo'lagining konturi yoki spektrning biror qismi o'zgarishi mumkin.

Shuning uchun, ushbu maydonga mos keladigan to'lqin uzunligi oralig'ida o'lchangan yutilish konsentratsiyaning ortishi bilan juda ramziy bog'liq emas. Bu holda integral yutilish bilan yutuvchi modda konsentratsiyasi orasidagi bevosita mutanosiblik munosabati buziladi. Bu hodisa ko'pincha sariq rangli eritmalar va eski modellardagi qurilmalarda kuzatiladi. Kam yo'lakli yorug'lik filtrlaridan foydalanilganda (masalan interferentsiyali), shuningdek, zamonaviyroq va mukammalroq qurilmalar - spektrofotometrlarda ishlaganda bu ta'sir juda kamayadi yoki umuman yo'q qilinadi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan istisnolar bizga shundoq bo'lib tuyuladi xolos; chunki aslini olganda nur yutilishining asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni) buzilmaydi, bunda nur yutuvchi zarralar soni o'zgarganligi yoki qurilma eritmadan o'tgan yorug'lik oqimining haqiqiy intensivligini noto'g'ri qayd etilganligi uchun bu og'ishlar yuz beradi.

Amaliyotda, standart eritmalar yordamida eksperimental tarzda o'rnatilgan grafik $A = f(c)$ mavjud bo'lganda analitik o'lchashlar nur yutilishining asosiy qonuniga qat'iy rioya qilmagan holda ham amalga oshirilishi mumkin.

3.5 Additivlik Qonuni

Agar eritmada bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashmaydigan bir necha rangli moddalar bo'lsa, har bir modda boshqalaridan mustaqil ravishda nur yutadi. Bunda berilgan A_λ to'lqin uzunligidagi umumiy yutilish alohida komponentlarning shu bilan bir xil to'lqin uzunligidagi yutilishlarning yig'indisiga teng bo'ladi. Ushbu tamoyil (printsip) rangli moddalar aralashmalarini tahlil qilish uchun asos sifatida qabul qilingan. Agar $\lambda = \text{const}$ va $l = \text{const}$ bo'lganda, biz quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$A = \sum_i A_i = l \cdot \sum_i \varepsilon_\lambda \cdot c_i \dots \dots \dots (3.8)$$

3.6 Absorbtsiya spektroskopiyasi instrumentlarining asosiy komponentlari

Absorbtsiya spektroskopiyasi instrumentlarining juda turli-tumanligiga qaramasdan, barcha turlarida muayyan tamoyilga rioya qilinadi.

1. Yorug'lik manbai. Oddiy qurilmalarda – bu kunduzgi tabiiy yorug'lik. Ko'proq mukammallashtirilgan qurilmalarda - volfram cho'g'lanma lampalar, simob lampalar ($\lambda = 254 \text{ nm}; 302 \text{ nm}; 334 \text{ nm}$), gaz to'ldirilgan vodorodli lampalar ($\lambda = 200 \dots 400 \text{ nm}$), Nernst shtifti ($\lambda = 1,6 \dots 2,0 \text{ mkm}$) va global ($\lambda = 2,0 \dots 16 \text{ mkm}$ gacha bo'lgan).

2. Monoxromatizator. Yorug'lik manбайдan yorug'lik nuri berilgan to'lqin uzunligiga ega nurlanishni uzatuvchi monoxromator (yorug'lik filtri, prizma) orqali o'tadi. Filtrning harakati o'ptik hodisalardan foydalanishga asoslangan: nurning yutilishi va interferentsiyasi.

Absorbtsiya filtrlari kichik shaffoflikka va juda keng tarmoqli nur o'tkazish yo'lagiga ega ($\Delta\lambda \geq 30 \text{ nm}$). Bular oddiy rangli shishalardir. Interferentsiya yorug'lik filtrlari yaxshi xususiyatlarga ega: katta shaffoflik va juda tor nur o'tkazish yo'lagi ($\Delta\lambda = 5 \dots 10 \text{ nm}$). Oxirgi ikkita filtdan birgalikda foydalanganda nur o'tkazish yo'lagi yanada torayadi.

Eng universal monoxromatizatorlar shishadan, kvartsdan, galogenidlardan va ishqoriy yer metallaridan (IQ nurlar uchun – NaCl, KBr, LiF) yasalgan prizmalardir. Ular yordamida yuqori monoxromatiklik nurini keng diapozondagi to'lqin uzunliklarida olish mumkin. Iloji boricha kyuvetalar ham monoxromatizatorlar bilan bir xil materiallardan tayyorlanadi. Erituvchi sifatida CHCl_3 (xloroform), CCl_4 (tetraxlorometan) va boshqa organik erituvchilar ishlatiladi.

Erituvchilarga qo'yiladigan talablar:

- yorug'likni yutmasligi kerak, ya'ni optik shaffof bo'lishi kerak;
- sinov moddasi bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmasligi kerak;
- sinov moddasini yaxshi eritishi lozim.

UB, ko'rinadigan va IQ maydonlardagi monoxromatik nurlanish manbai ma'lum diskret to'lqin uzunligidagi nurlanishni chiqaruvchi lazer hisoblanadi.

Keyin esa, yorug'lik nuri tadqiq etilayotgan eritma to'ldirilgan kyuvetaga yuboriladi. Uzatilayotgan yorug'likning intensivligi qabul qilgich (retseptor) bilan o'lchanadi. Bunday retseptor sifatida fotokolorimetrlarda fotoelementlar va spektrofotometrlarda fotoko'paytirgichdan foydalaniladi.

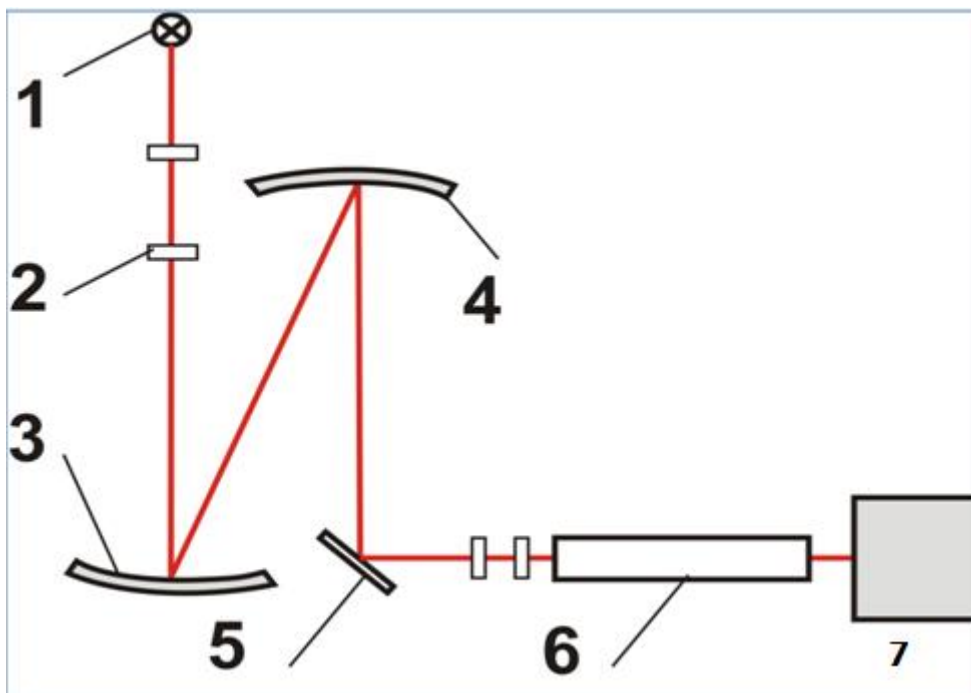
Bu asosiy qismlarga linzalar, ko'zgular va prizmalardan iborat optik tizim qo'shilishi kerak. Ular o'z yo'nalishini o'zgartiruvchi paralel yorug'lik nurini yaratish uchun xizmat qiladi. Yorug'lik oqimlarini tenglashtirish uchun diafragmalar, optik mexanizmlar xizmat qiladi.

3.7 Yagona nurli va ikki nurli spektrofotometrlar

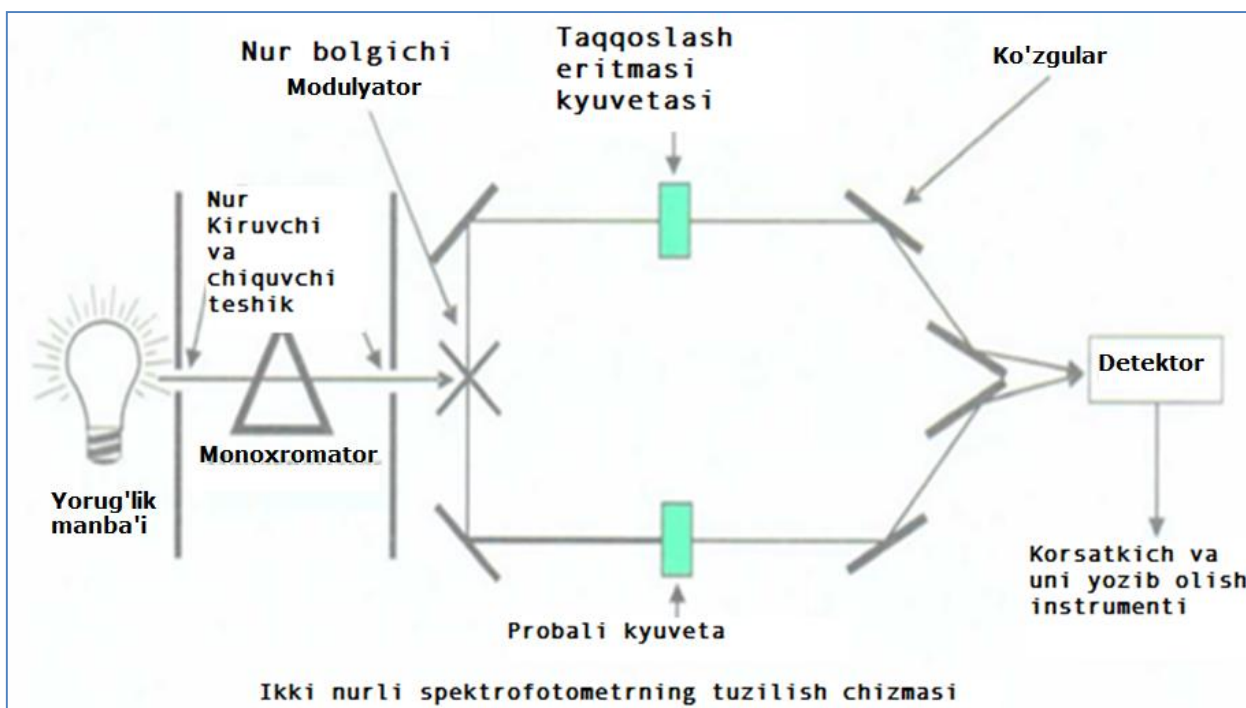
Amaliyotda odatda tadqiq qilinayotgan eritmasidan va tarkibida o'xshash toza erituvchi yoki taqqoslash eritmasidan o'tayotgan yorug'lik intensivliklarining nisbatini aniqlashadi.

Absorbtsion spektroskopiyada ishlatiladigan qurilmalar quyidagicha tasniflanadi (klassifikatsiyalanadi):

1. Nurlanish (yorug'lik) oqimini monoxromatizatsiya usuliga qarab: prizmatik monoxromatizatorga ega bo'lgan, yuqori darajadagi monoxromatizatsiyaga erishish imkonini beruvchi qurilmalar spektrofotometrlar deyiladi; agar monoxromatizator sifatida yorug'lik filtrlari ishlatilsa – fotoelektrokolorimetr, fotometrlar deb ataladi (3.11 va 3.12 rasmlar).



3.11 rasm. Yagona nurli KFK-3 spektrofotometri. 1 – nur manba’si, 2 – nur filtri, 3 – bukilgan difraktsiya panjarasi, 4 – bukilgan ko’zgu, 5 – difraktsiya panjarasi 6 – kyuvetka, 7 – nurni qabul qilish instrumenti.



3.12 Rasm. Ko’rinuvchan va UB spektrlarda ishlatiladigan 2 nurli spektrofotometrning tuzilish sxemasi.

2. O’lchov usuliga qarab: yagona-nurli, to’g’ridan-to’g’ri o’lchov cxemali [fotoelektrokolorimetr KF-77; spektrofotometrlar: ПЭ-5400ВИ/УФ, CF-4, CF-4a, CF-5, UV5 (Mettler Toledo); UV-5100 UV/Vis], va ikki-nur bilan

kompensatsion sxemali [fotoelektrokolorimetrlar: KF-3, KFK-3, KFK-2MP; spektrofotometrlar: LEKI SS2109UV; UV-2700 (Shimadzu); Genesys 180 (Thermo FS)].

3. O'lchovlarni ro'yxatga olish usuliga ko'ra: ro'yxatga oladigan va ro'yxatdan o'tkazmasdan.

4. Hozirgi kunda ko'pchilik xorijiy firmalar tomonidan yagona va ikki nurli juda ko'p turdagi mukammal zamonaviy spektroskopiya instrumentlari taklif qilinmoqda (3.13 rasm).



3.13 rasm. Yena Analitik (Germaniya) firmasi taklif etayotgan zamonaviy diod-matritsali IQ va ko'rinadigan nurlanishda (190-1100 nm) va SPECORD S600 ikki nurli SPECORD PLUS hamda TIQXMMI UNESCO kafedrasidagi Shanghai Metash Instruments firmasining yagona nurli UV-5100 UV/Vis spektrofotometrlari.

3.8 Sifatiy tahlil

Neft-kimyó mahsulotlarini tahlil qilish uchun ultrabinafsha spektroskopiya (UB) (200...400 nm) ishlatiladi. Boshqa sohalarda u kamdan-kam hollarda ishlatiladi.

IQ spektroskopiyasi nafaqat sifat analizi uchun, balki yangi sintez qilingan moddalar molekularining tuzilishini aniqlash uchun ham cheksiz imkoniyatlarga ega. Usul birikmaning IQ spektrining yagonaligiga va takrorlanmasligiga asoslangan. Har bir birikmaning spektrlari ma'lum uzunlikdagi yoki chastotalarda o'ziga xos atom bog'lari yoki funktsional guruhlariga mos keladigan xarakterli assimilyatsiya chiziqlaridan iborat bo'ladi.

Masalan, OH^- -guruhining xarakterli yutilish yo'laklari turli birikmalarda turli chastotalarda namoyon bo'ladi:

- karbon kislotalar (monomerlar) - $1280\text{...}1380\text{ cm}^{-1}$;
- karbon kislotalar (dimerlar) - $2500\text{...}3100\text{ cm}^{-1}$;
- boshlang'ich spirtlar $3200\text{...}3400\text{ cm}^{-1}$.

Ya'ni xarakteristik yo'lakning chastotasi faqat ma'lum funktsional guruhning mavjudligiga emas, balki moddaning ma'lum bir birikmalar sinfiga mansubligiga ham baho berish mumkin. Odatda, IQ spektrida bunday yo'lakning yo'qligi o'rganilayotgan moddada tegishli guruh yo'qligini ko'rsatadi.

Lekin istisnosiz qoidalar yo'q. Masalan, yuqori simmetriyaga ega bo'lgan molekullarda tebranishlar $-\text{C} \equiv \text{C}-$ poliyen bog'lanishlar (masalan, agar bog'lanish molekulaning markazida bo'lsa) namoyon bo'lmaydi. Ba'zan kerakli yo'lak qoshimcha aralashma birikmalar tufayli to'siladi yoki turli funktsional guruhlarning xarakterli guruhlarining chastotalarining tasodifiy o'xshash bo'lishi kuzatiladi. Bunday holda boshqa tahlil usullariga murojaat qilinishi kerak.

Hozirgi davrda 20 mingdan ortiq birikmalarning IQ atlaslari va spektrlari jadvali nashr etildi, bu esa tahlilni osonlashtiradi. Dastlabki ma'lumotlarni bir qator xarakteristik yo'laklarning spektral maydonlari va ularning mumkin bo'lgan mansubligini ko'rsatuvchi Koltup xaritasi yordamida olish mumkin.

Minerallarni analiz qilishda IQ spektroskopiyadan foydalanish imkoniyati guruhlarda namoyon bo'ladigan xarakteristik chastotalar mavjudligi bilan bog'liq:

CO_3^{2-} da 1450 cm^{-1} ; SO_4^{2-} da 1130 cm^{-1} ; NO_3^- da 1380 cm^{-1} ; NH_4^+ da 3300 cm^{-1} .

3.9 Miqdoriy tahlil

3.10.1 Kalibratsiya (graduironka) grafigi usuli

Buger-Lambert-Ber qonuni A_λ ning konsentratsiyaga bevosita bog'liqligi tenglamasi bilan analitik ifodalanadi. Biroq, kimyoviy va instrumental sabablarga ko'ra, bu chiziqli munosabatlar ko'pincha bajarilmaydi. Bunday hollarda standart eritmalarning A_λ konsentratsiyasiga bog'liqligi kalibrovka grafikining nuqtalar sonini sezilarli darajada oshirish kerak. Biroq, hatto to'g'ri chiziqli bog'liqlik buzilishi bo'lmasa ham, tahlilning ishonchliligiga ishonch hosil qilish uchun kamida 3-4 nuqta bo'lishi kerak.

Usulning kamchiliklari: standard (etalon) eritmalarni tayyorlashdagi qiyinchiliklar va "uchinchi" komponentlarning ta'siri (ular aniqlanmaydi, lekin o'lchash natijalariga ta'sir qiladi). Bu usul yuqori aniqlikka ega, shuning uchun keng qo'llaniladi.

3.10.2 Molyar yutilish koeffitsienti usuli

Fotometriyaning asosiy qonuniga bo'ysunadigan eritmalar uchun qo'llaniladi. Bir necha standart eritmalar (C_{st}) tayyorlanadi va ularning mos A_{st} ni o'lchanadi, ε_λ ni quyidagi formulaga ko'ra hisoblanadi $\varepsilon_\lambda = A_{st}/S_{st}$. Bu qiymatlarning arifmetik o'rtachasi topiladi. ε ning haqiqiy qiymatini aniqlash juda qiyin, shuning uchun ε_{st} jadvali ma'lumotlar yordamida yaxshiroq aniqlanadi. Keyin tekshirilayotgan namuna eritmasining optik zichligini o'lchanadi va moddaning konsentratsiyasini formula bilan hisoblanadi:

$$c_x = \frac{A_x}{\varepsilon_\lambda \cdot l} \quad (3.10)$$

3.10.3 Qo'shimchalar usuli

Qo'shimchalar usuli quyidagicha. Avvaliga, tahlil qilinayotgan c_x konsentratsiyali eritmaning optik zichligi A_x ni aniqlanadi. Shundan so'ng aniqlanishi lozim bo'lgan c_{ct} komponentning ma'lum miqdori tahlil qilinayotgan eritmaga qo'shiladi va yana fotometriyada A_{x+ct} ni o'lchanadi. Eritmalarning optik zichliklari quyidagiga teng:

$$A_x = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot c_x$$

va

$$A_{x+st} = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot (c_x + c_{ct})$$

Bu ifodalarni bo'lamiz:

$$\frac{A_x}{A_{x+ct}} = \frac{c_x}{c_x + c_{ct}}$$

yoki

$$A_x(c_x + c_{ct}) = c_x A_{x+ct}$$

Bu iboradan:

$$c_x = c_{ct} \cdot \frac{A_x}{A_{x+ct} - A_x} \quad (3.11)$$

3.11 Ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlanish spektri oraliqlarda spektroskopiya

Ko'zga ko'rinadigan nurlar (3.1 jadvalga qarang) va UB intervallarni spektroskopiyasi absorbtsiya printsipiga asoslangan. Elektromagnit nurlanishning absorbtsiyasi molekullarning qo'zg'alishi vaqtida sodir bo'ladi, ya'ni elektronlarni yuqori energiya darajasiga o'tkazilishida. Ko'zga ko'rinadigan va UB rangli spektroskopiyasida tahlil qilinadigan molekullar eritmada bo'lishi kerak.

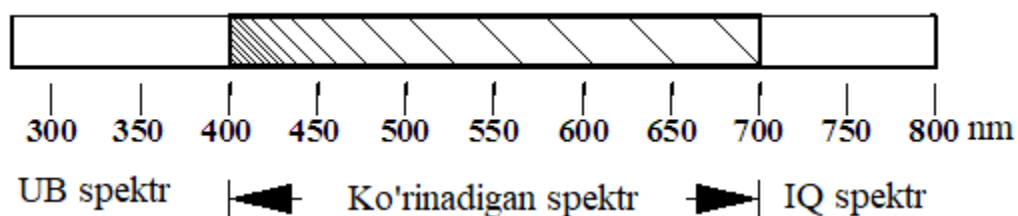
Aksariyat hollarda nurning qaytarilib chqarilishi nurlanish energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirishi bilan bog'liq, ammo uning miqdori juda kam va uning mavjudligini miqdorini aniqlash qiyin.

Ko'rinish va UV intervallarida o'lchash $\lambda = 200-800$ nm to'lqin uzunliklarida amalga oshiriladi. Inson ko'zi bu diapazonning faqat bir qismini farqlay oladi (400-800 nm) bu ko'rinadigan nurlanish deb ataladi.

Agar modda butun to'lqin bo'yi diapazonini aks ettirsa $\lambda = 400-800$ nm (absorbtsiya ~ 0), kuzatuvchi oq ob'ektni ko'radi. Agar butun to'lqin uzunligi oralig'i yutilsa u holda jismning rangi qoradir.

Agar u rangsiz modda bo'lsa, masalan, metanolda eritilgan atsetilsalitsil kislotasi, yoki toluol, tashqi molekulyar orbitalarda elektronlarni qo'zgaltirish qilish uchun yuqori energiyali UB nurlari ($\lambda = 200-400$ nm) talab qilinadi.

10 dan 400 nm gacha bo'lgan to'lqin uzunligi oralig'i inson ko'zini idrok etishga to'sqinlik qiladigan UB radiatsiyasiga to'g'ri keladi. Biroq, UB spektroskopiyasida 180 dan 400 nm gacha bo'lgan UB diapazonining faqat bir qismi ishlatiladi (3.14 rasm).



3.14 rasm. Ko'rinadigan va UB spektrlari intervallaridagi spektrofotometriya to'liqin uzunliklari.

Ko'pgina noorganik murakkab aralashmalar va organik molekularar elektromagnit spektrining ko'rinadigan yoki UB sathidan nurlanish yutadi. Bu ko'rinadigan va UB intervallarni spektroskopiyasidan foydalanib, eritmalaridagi ko'p sonli element va birikmalarni sifatiiy va miqdoriy aniqlash imkonini beradi.

400 dan 800 nm gacha to'liqinlar uzunligi bilan to'liqinlanadigan nurlanishlarni qabul qilish uchun, nurni yutuvchi molekularari rangli bo'lishi yoki kimyoviiy reagentlar yordamida tahlildan oldin rangga bo'yalgan birikmalarga aylantirilishi kerak.

3.12 Zamonaviiy spektrofotometrlarda nur manba'lari, monoxromatorlar, kyuvetkalar va detektorlar

Zamonaviiy spektrofotometrlarda nurlanish manbalari sifatida, odatda, ikki turdagi lampalar (3.15 rasm) ishlatiladi:

UB radiatsiya uchun ishlatiladigan gaz razryadli deyterium lampasi (Duterium D2, 180 va 370 nm to'liqin uzunliklari);

Ko'rinadigan yorug'lik chiqaradigan galogen volfram lampasi ($\lambda = 360-800$ nm).

Ko'zgu pozitsiyasiga qarab namunalar (probalar) ko'rinadigan yoki UB radiatsiya ta'siriga uchraydi.



3.15 rasm. Zamonaviiy spektrofotometrlarda nurlanish manbalari.

Monoxromatorlarning vazifasi to'liq uzunliklarining monoxromatik yoki tor diapozonning o'ziga xos to'liq uzunligini ajratib probaga yuborishdir.

Ham ko'zga ko'rinadigan va ham ultrabinafsha nurlanishining spektral parchalanishi chiziqli zamonaviy diffraksion panjarali apparatlar yordamida amalga oshiriladi.

Ular ilgari ishlatilgan prizmalarga qaraganda yuqori piksellar soniga ega, shuningdek, past narx bilan ajralib turadi. Ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha rangli distribyutor panjaralari 1200-1500 chiziq / mm ni tashkil qiladi.

Ular ko'chma bazaga o'rnatilgan, bu esa ulardagi yorug'lik chiroqqa nisbatan qafasni harakatga keltiradigan dvigatel bilan jihozlangan. Bunday usul qafasning joylashgan joyiga qarab, ishni faqat ma'lum bir to'liq bo'yi λ bilan ajratish imkonini beradi, bu to'liqlik nur esa chiqib ketish chizig'idan namuna qo'yilgan qafasga boradi.

Kyuvetkalar. Ko'rinadigan va ultrabinafsha rangli spektrlarning spektroskopiyasida faqat suyuqlik namunalari tahlil qilinadi, ikkinchisi maxsus idishlar - kyuvetkalar talab qiladi (3.16 rasm). Ular tadqiq qilingan to'liq bo'yi diapazonida radiatsiyaviy ta'sirlamaydigan materiallardan tayyorlangan.

Polimer materiallardan va shishalardan tayyorlangan kyuvetkalar to'liq uzunligi diapazoni $\lambda > 350$ nm (ko'rinadigan diapazoni) da ishlatilishi mumkin.

Kvarts kyuvetkalari UB diapazonida ($\lambda = 200-400$ nm) qo'llanilishi kerak, chunki an'anaviy oyna yoki organik polimerlarda o'z ichki assimilyatsiya qilish darajasi juda yuqori.

Maxsus polimer kyuvetalarni $\lambda = 220$ nm dan oshiq to'liq uzunligi oralig'idagi foydalanish mumkin



3.16 Rasm. Kyuvetkalar, nur detektorlari: fotoelementlar va fotodiodlar.

Kyuvetkalar optik instrument tizimining ajralmas qismidir va juda ehtiyotkorlik bilan ishlashni talab qiladi (instrument tizimining boshqa elementlari kabi).

Odatda tahlil etilayotgan moddaga o'ziga mos keladigan erituvchida eritiladi. Ko'zda tutilgan va intervallarni spektroskopiyasida ishlatiladigan erituvchilar quyidagi talablarga javob berishi kerak.

- Zarrachalar tomonidan nur tarqalishining xalaqit beradigan moddalar yo'q;
- O'lchash diapazonida juda ko'p nur yutmasligi.

Afsuski, ko'pchilik erituvchilar qisqa to'liqli UB-nurlanishda radiatsiyani kuchli yutadi.

Jadvalda sanab o'tilgan erituvchilardan radiatsiya to'liqlari uchun muayyan chegara qiymatidan pastda foydalanib bo'lmaydi, chunki chegaralardan tashqarida ular juda kuchli o'ziga assimilyatsiya qilish xossasiga ega.

3.3 Jadval. Ko'rinadigan va UB spektridagi spektroskopiya uchun erituvchilar (to'lqin uzunligining eng kichik qiymati)

Erituvchi	To'lqin uzunligining eng kichik qiymati - λ , nm
Suv	190
Etanol (denaturatsiyalanmagan)	210
n-Geksan	195
Dietil efiri	215
Atseton	330
1,4-Dioksan	220
Metanol	205
Atsetonitril	190
Xloroform	240

3.13 Nefelometriya va Turbidimetriya usullari

Nurlanishning sochilish parametrlarini ro'yxatga olishga asoslangan miqdoriy tahlil nefelometriya va turbidimetriya orqali amalga oshiriladi. Ko'p hollarda sochilish tarqalayotgan dispers zarrachalar kattaligi ortishi va tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligi kamayishi bilan kattalashadi. Diametri λ bilan mutanosib bo'lgan zarralar uchun Reley tenglamasi bo'yicha (3.12) sochilish intensivligi λ^4 ga teskari proportsional ravishda ortadi. Zarracha o'lchami oshgan sari sochilish intensivligining λ ga bog'liqligi kamayadi.

$$I = I_0 24\pi^3 \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)^2 \frac{vV^2}{\lambda^4} \quad (3.12)$$

Bunda: I_0 = tushayotgan nur intensivligi, n_1 va n_0 dispers faza va dispers muhitlarning nur sindirish ko'rsatkichi, v – hajm birligidagi zarrachalar soni (zarrachalar konsentratsiyasi), V – bitta zarrachani hajmi, λ – tushayotgan nurlanish to'lqin uzunligi.

Nefelometriya eritmadagi zarralar ta'sirida sochilgan yorug'lik intensivligini o'lchashga asoslangan. Tahlil mobaynida modda kolloid holatga o'tkaziladi va kolloid zarrachalarning miqdori sochilish darajasi bilan aniqlanadi. Usul oqsil, dori moddalar tahlilida, suvning loyqaligini aniqlashda, kukunlarning dispers tahlilida qo'llanilish topdi. Bu usul yuqori molekulyar og'irlikdagi birikmalar (YuMB) ning molekulyar massalarini, dispers sistemalarning shakli va o'lchamlarini tahlil qilishda qo'llaniladi.

Turbidimetrik analizda zarrachalarni o'z ichiga olgan tadqiq qilinayotgan eritmadan o'tgan va sochilgan zarrachalar tomonidan yutilishi tufayli kuchsizlangan yorug'lik oqimi qayd qilinadi. Susayish koeffitsienti muallaq zarrachalar konsentratsiyasiga proportsional bo'lib, ma'lum bir konsentratsiyalar diapozonida Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunadi. Aralashtirilayotgan eritmalarning konsentratsiyasi, aralashtirish tartibi va tezligi, harorati, begona aralashmalarning mavjudligi va boshqalar olingan tadqiq qilinadigan eritmalarning zarralarining o'lchamiga va optik xossalariga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham kolloid eritmalar yaratish va ularning barqarorligini ta'minlash sharoitlariga qat'iy amal qilish kerak bo'ladi. Muallaq moddalar kam eruvchan bo'lishi va tahlil davomida cho'kib qolmasligi kerak. Suspenziya va emulsiyalarning turg'unligini oshirish uchun tahlil stabillashtiruvchi qo'shimchalar qo'shilgan holda suvli-organik muhitda olib

boriladi.

3.14 Fotometrik titrlash

Bu usulda titrlashning oxiri tadqiq qilinayotgan eritmaning optik zichligining keskin o'zgarishi bilan aniqlanadi. Titrlash titrlanayotgan eritma tomonidan nur yutilishini shu moddaning yutilish spektridagi maksimumga mos keladigan ma'lum to'lqin uzunligida titrant yoki qo'shilgan indikatorni ketma-ket o'lchash orqali amalga oshiriladi.

O'lchash natijalariga ko'ra A koordinatalarda titrlash egri chizig'i – qo'shilgan titrant hajmi quriladi. Titrlash egri chizig'ida keskin uzilish kamdan-kam kuzatiladi va shuning uchun titrlash egri chizig'ining chiziqli qismlarini ekstrapolyatsiya qilib titrlashning oxiri topiladi. Bu egri chiziqlarning kesishish nuqtasi ekvivalentlik nuqtasiga mos keladi.

Fotometrik titrlash - ham fotokolorimetrdan, ham spektrofotokolorimetrdan A ni kattaligini o'lchash bilan titrlashdir. Usul selektivlikka, katta sezgirlikka va aniqlikka ega.

3.15 Tahlilning spektroskopik usullarining asosiy afzalliklari

- nisbatan yuqori aniqlash chegarasi 10^{-5} ... 10^{-6} %; lyuminesstent tahlilda 10^{-9} %, bu yuqoritoza moddalar tahlilida ayniqsa muhimdir;
- selektivlik - komponentlar aralashmasini tahlil qila olish;
- yetarli aniqligi - 5%, ba'zan 1 ... 0,5% ni tashkil qiladi;
- jihozlarning mavjudligi va soddaligi;
- avtomatlashtirish imkoniyati.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit nurlanishi va uning spektri deganda nimani tushunasiz?
2. Tahlilning spektroskopik usullari mohiyati nimada?
3. Tabiatda nurlanish spektrlarining qaysi turlari mavjud?
4. Ultrabinafsha va ko'rinuvchan elektromagnit nurlanishlar o'zaro qanday farq qiladi?
5. Qanday spektroskopiya tahlili turlarini bilasiz?
6. Absorbtsiya va emissiya spektroskopiyalari nima?
7. Yorug'lik yutilishi asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni)
8. Kalibrlash grafiki nima va u qanday tuziladi?
9. Optik zichlik (A) va nurlanish o'tkazish koeffitsienti (T) farqi nimada?
10. Buger – Lambert – Ber qonunidan istisnolar va ularning sabablari
11. Spektroskopiya additivlik Qonuni
12. Absorbtsiya spektroskopiyasi instrumentlarining asosiy komponentlari qaysilar?
13. Yagona nurli va ikki nurli spektrofotometrlar tuzilishida qanday farq qiladi?
14. Spektroskopiya sifatli va miqdoriy tahlillar haqida nimani bilasiz?
15. Fotometrik o'lchashlarning asosiy usullari bor?
16. Ko'zga korinadigan va ultrabinafsha nurlanish spektri oraliqlarda spektroskopiya haqida gapirib bering.
17. Zamonaviy spektrofotometrlarda nur manba'lari, monoxromatorlar, kyuvetkalar va detektorlar.
18. Ko'rinadigan va UB spektridagi spektroskopiya uchun qanday erituvchilar qo'llaniladi va ularga bo'lgan talablar.
19. Nefelometriya va Turbidimetriya usullari mohiyati nimada?
20. Tahlilning optik usullarining asosiy afzalliklari nimalar?

IV BOB. TAHLILNING XROMATOGRAFIYA USULLARI

Ushbu bobni yozishda foydalanilgan adabiyotlar:

1. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии: Учебное пособие / Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172 с.
2. Винарский В.А. Хроматография [Электронный ресурс]: Курс лекций в двух частях: Часть 1. Газовая хроматография. — Электрон. текст. дан. (4,1 Мб). — Мн.: Научно-методический центр “Электронная книга БГУ”, 2003. — Режим доступа: <http://anubis.bsu.by/publications/elresources/Chemistry/vinarski.pdf>.
3. Лебедева М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. Пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216с.
4. Гиндуллина Т.М. Хроматографические методы анализа: учебно-методическое пособие /Т.М. Гиндуллина, Н.М. Дубова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.
5. Karimov B.K., M. Matthies and B.G. Kamilov. Unconventional water resources of agricultural origin and their re-utilization potential for development of desert land aquaculture in the Aral Sea basin. In.: Bhaduri, Bogardi, Leentvaar, Marx (Eds.) 2014: The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance, Springer International Publishing Switzerland Pp. 183-201.
6. Платонов И.А., Е.А. Новикова, Е.Н. Тупикова, И.Ю. Рощупкина. Инструментальные методы анализа веществ и материалов: метод. указания/сост. – Самара: СГАУ, 2015. – 36 с.
7. Francis Rouessac and Annick Rouessac. Chemical Analysis - Modern Instrumentation Methods and Techniques. Second Edition. John Wiley&Sons, Ltd, 2007, 599.

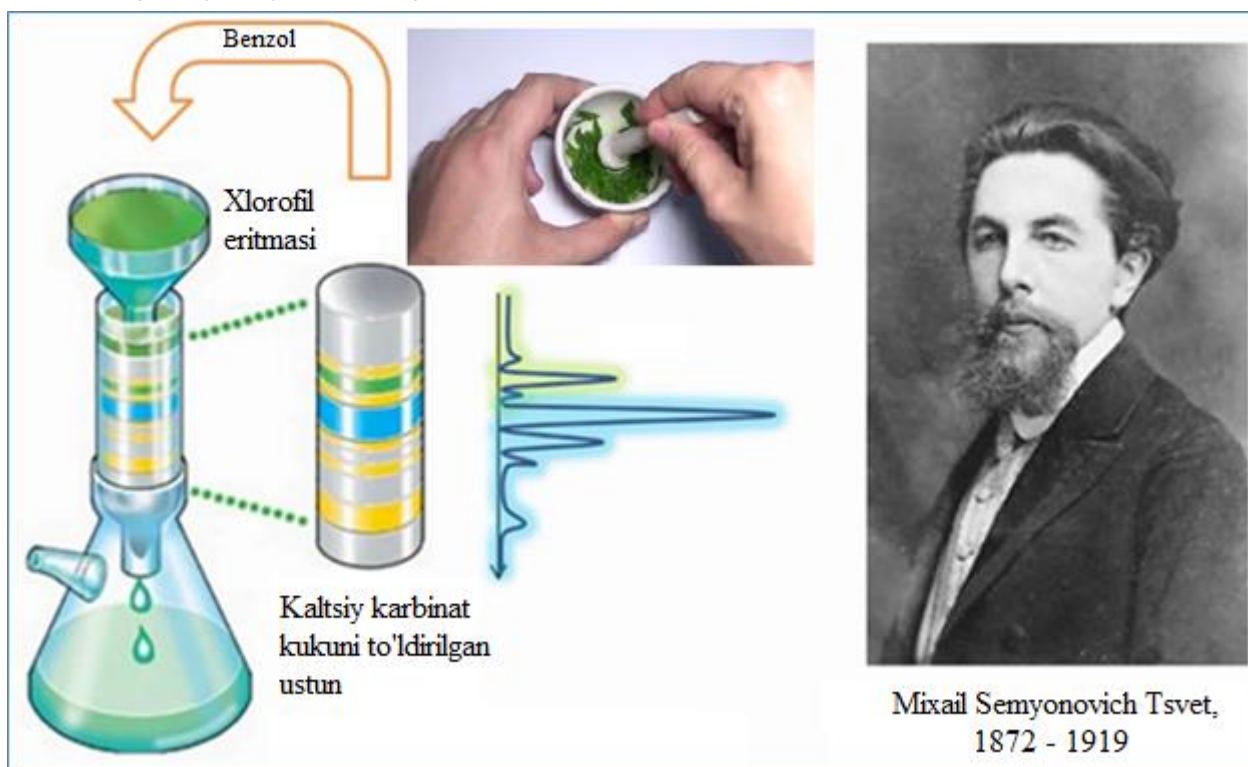
4.1 Kirish, xromatografiya usullarining kashf qilinishi va rivojlanishi

Moddalarni xromatografik usulda ajratish va tahlil qilish usuli 1903 yilda rus botaniki M.S. Tsvet tomonidan o'simlik barglaridan petroley efirida olingan ekstraktdagi murakkab tarkibli o'simlik pigmentlarini aralashmasini ichiga kaltsiy

karbonati (CaSO_3) ya'ni bo'r bilan to'ldirilgan kolonkadan (ustundan) o'tkazish jarayonida kashf etilgan (4.1 rasm). Ushbu tajriba natijasida ustunda bir qator bo'yalgan joylar hosil bo'ldi, usulning nomi ham shundan olingan. Xromatografiya so'zi yunon tilida rangni yozish (tasvirlash) ma'nosini anglatadi. Olimning o'zi esa usulni xromatografiya usuli deb nomladi va hatto rangsiz moddalarni ham ajratish mumkinligini ta'kidlab o'tgan. Tsvet o'z usuliga bag'ishlangan bir qator maqolalarni e'lon qildi, lekin ularga 1931 yilgacha e'tibor berilmay qoldi.

M.S. Tsvetning tajribalarini 1931 yilda nemis kimyogari Rixard Kun va hamkasblari (Xaydelberg universiteti) tomonidan takrorlab, bu usuldan sabzidan α - va β - karotinlarni ajratib olishda foydalanish mumkinligini isbotladilar.

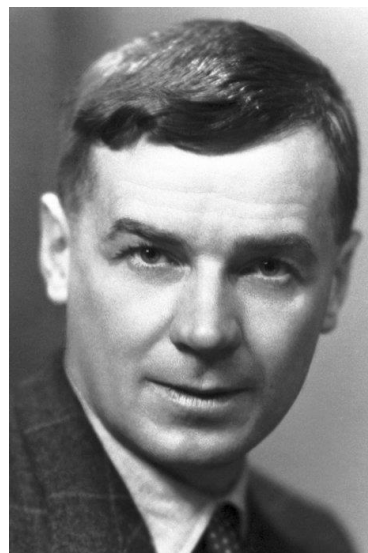
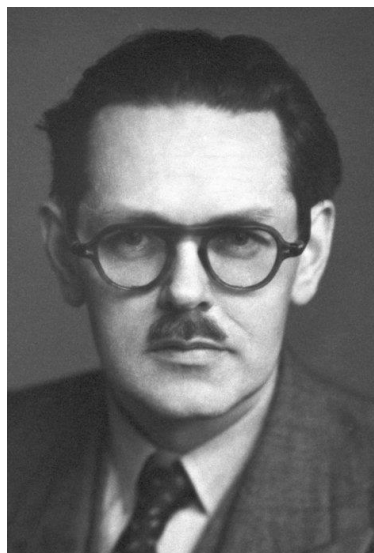
Zamonaviy xromatografiya 1941 boshlab rivojlana boshladi. Shu yili amerikalik olimlar: Archer Martin va Richard Singe hamkorlikda xromatografiyaning yangi turini nazariy va amaliy asoslarini ishlab chiqishdi, uning negizida aralashmaydigan ikki suyuqliq o'rtasida ajraladigan moddalar taqsimlanish koeffitsentini aniqlash yotardi. Usul "taqsimlanish xromatografiyasi" deb nomlandi. Ular gaz-suyuqlik xromatografiyasiga imkoniyati borligini ham ta'kidladilar. 1952 yilda esa ushbu olimlar xromatografiya usuli uchun ximiya sohasida Nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi. 1970 yillarning o'rtalaridan boshlab eng ommaviy zamonaviy usullardan biri - yuqori samarador suyuqlik xromatografiyasi jadal rivojlandi.



4.1 rasm. M.S.Tsvet tomonidan 1903 yilda xromatografiyaning

kashf etilishi.

Hozirgi davrda ekologiya va atrof-muhit muxofazasini, meditsinani, ko'pchilik fanlarning rivojlanishini, ayniqsa biotexnologiya, bioorganik va fizik kimyoni, farmatsevtikani, hattoki ko'pchilik ishlab-chiqarish maskanlarida ham xromatografiyadan mahsulot sifatini nazorat qilishda keng miqyosda foydalaniladi (4.2 rasm). Ko'pgina sohalardagi, jumladan, bioorganik kimyodagi 70-80% tadqiqotlar xromatografik usullar hissasiga to'g'ri keladi. Atrof-muhit ifloslanishi monitoringida ko'pchilik noorganik va organik ifloslantiruvchi moddalarning REKlari judayam past konsentratsiyalarda (mikrogramm ulushlarida) o'rnatilgan va ularni aniqlash uchun yuqori sezgirlikka ega bo'lgan xromatografiya usullari juda qo'l keladi. Ilmiy-uslubiy adabiyotlarda xlorlangan, fosforlangan, azotli pestitsidlar, polixlor va polibrom bifenillar, nitroaromatik birikmalar, poliaromatoik uglevodorodlar va boshqa minglab element va birikmalarning xromatografik usulda aniqlash ko'rsatmalari yoritilgan. Yupqa qatlamli xromatografiya yordamida tuproqdagi pestitsidlar va ularning metabolizmi mahsulotlarini, ichimlik suv sifatini va boshqalarni aniqlanadi (Karimov et al. 2014). Quyida ekologiya va atrof-muhit muxofazasida asosiy va eng ko'p ishlatiladigan xromatografik usullar bayon etiladi.



Archer John Porter Martin va Richard Laurence Millington Synge – taqsimlanish xromatografiyasi uchun 1952 yil kimyo Nobel mukofoti laureatlari.

Xromatografik tadqiqot va tahlil usullarining eng muhim yutuqlari sifatida bir vaqtning o'zida unda ajralish, identifikatsiya, miqdoriy baholash va moddalarni toza holda ajratib olish bilan bir qatorda sorbat va sorbentlarning fizik-kimyoviy xossalari ifodalovchi bir qancha ma'lumotlarni olish

imkoniyatini qayd etish mumkin. Buning isboti sifatida yuqori samarador suyuqlik xromatografiyasi va boshqa usullarni dunyo aeroportlarida, chegara-nazorat punktlarida va boshqa kerakli joylarda narkotik va boshqa ma'n etilgan moddalar savdosi va iste'moliga qarshi kurash maqsadida ekspress-aniqlash maqsadida ishlatilishini keltirish mumkin. Ushbu instrumentlar uchun odatda narkotik moddaning kiyimlarda, qo'llarda yoki asboblarning tutqichlarida qolgan izlari ham kifoya qiladi.

Albatta, xromatografik tahlilni oxirgi natijasiga yetishguncha ancha oraliq operatsiyalarni bajarishga to'g'ri keladi, masalan, namunalarni kontsentrlash (quyultirish), tozalash, quritish, o'lchash va h.k. Lekin bu xarajatlarning hammasi usulning yuqori samaradorligi va imkoniyatlari tufayli qoplanib ketadi.

Xromatografiya – aralashmaning tarkibiy qismlarini statsionar (ko'chmas) faza bilan harakatchan faza orasida taqsimlanishi (ajratilishi) natijasida tadqiq qilinayotgan moddani aniqlashning instrumental usulidir.

Xromatografiya organik sintezda aralashmaning tarkibiy qismlarini o'zaro ajratishda va yig'ib olishda ayniqsa muhim rol o'ynaydi. Undan tahlil qilinayotgan aralashmaning miqdoriy va sifat tahlilida hamda qaysi modda qanaqa ekanligini aniqlashda (identifikatsiyasida) foydalanilishi ayniqsa muhimdir.

Aytib o'tish kerakki, xromatografiya atamasi muhokama qilingan aralashmalarni ajratish usulining mohiyatini ochib bermaydi. Gap shundaki, xromatografik metodlar birinchi bo'lib rangli moddalarning aralashmalarini ajratish uchun foydalanilgan.

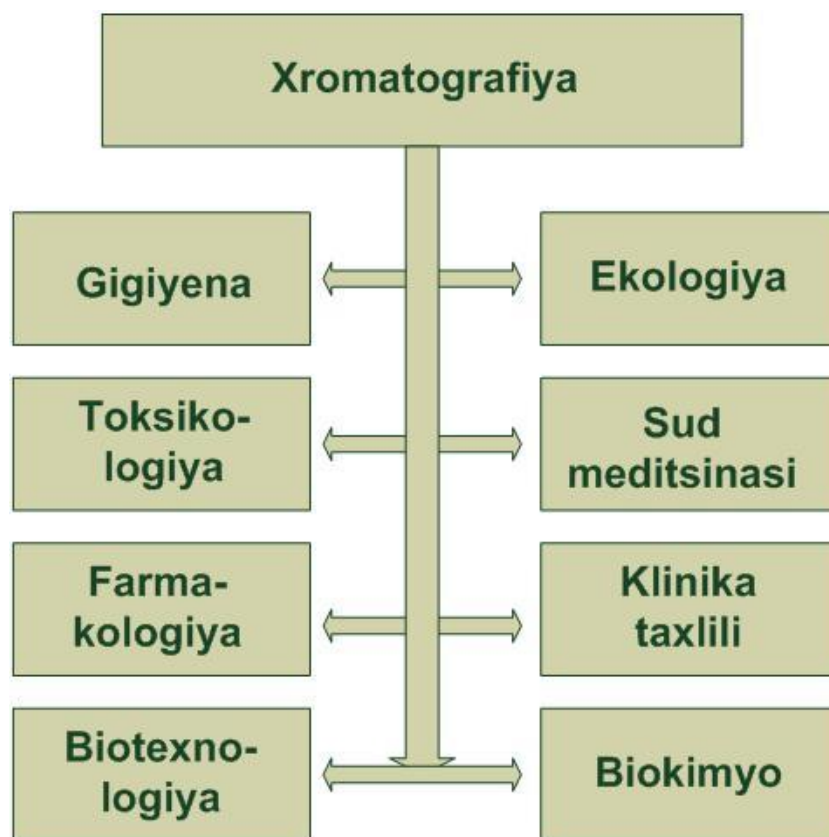
4.2 Xromatografiya usullari klassifikatsiyasi

Xromatografiya – bu aralashmadagi moddalarni ozaro aralashmidigan fazalar o'rtasida taqsimlash orqali ajratishning fizik-kimyoviy usulidir (4.3 rasm). Xromatografiyaning bir qator usullari bor (4.4 rasm). Ulardan biz asosiylarini ko'rib chiqamiz. Ko'pincha quyidagi belgilarga qarab klassifikatsiyalanadi.

1. Xromatografik jarayonning maqsadiga qarab analitik, noanalitik, preparativ va sanoat xromatografiyasi farqlanadi.

- Analitik xromatografiya o'rganilayotgan aralashmalarning sifat va miqdoriy tarkibini aniqlash uchun mo'ljallangan.
- Noanalitik xromatografiya - xromatografik uskunalardan foydalanish asosida moddalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish usulidir.

- Preparativ xromatografiyasi laboratoriya sharoitida juda toza tarkibiy qismlarning kichik miqdorini ajratish uchun ishlatiladi.
- Sanoat xromatografiyasi toza moddalarni xo'jalikda ishlatish uchun katta miqdorda ajratish maqsadida ishlatiladi.



4.2 rasm. Xromatografiyaning turli soxalarda qo'llanilishi

2. Fazalarning agregat holatiga qarab. Bunga ko'ra xromatografiyaning 2 ta turi farqlanadi: gaz (gaz-adsorbtsion va gaz-suyuqlik) va suyuqlik (suyuqlik-suyuqlik va suyuqlik-adsorbtsion).

Gaz xromatografiyasida harakatchan faza gazdan (yoki bug'dan) iborat bo'ladi. Gaz-adsorbtsion (to'g'rirog'i gaz-qattiq) xromatografiyada statsionar faza sifatida qattiq adsorbentdan foydalaniladi. Gaz-suyuqlik xromatografiyasida esa qattiq tashuvchi (sorbent) yuzasiga surtilgan suyuqlik statsionar faza bo'lib xizmat qiladi.

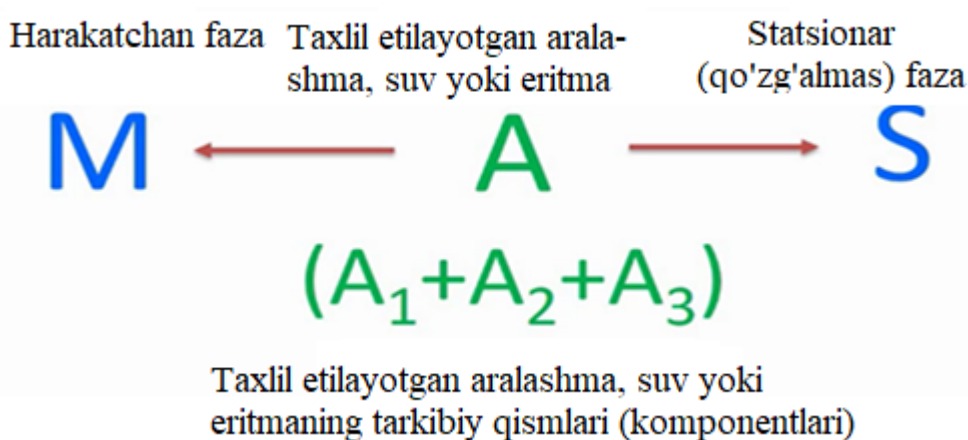
Suyuqlik xromatografiyasida harakatchan faza sifatida suyuqlik xizmat qiladi. Suyuqlik-adsorbtsion xromatografiyasida statsionar faza sifatida qattiq adsorbent, suyuqlik-suyuqlik xromatografiyasida esa qattiq tashuvchi yuzasida ushlab turiluvchi suyuqlik xizmat qiladi.

3. Teng muvozanatda taqsimlanish mexanizmiga va qo'llanilayotgan statsionar (qo'zg'almas, turg'un) faza tabiatiga asosan adsorbtsion, taqsimlanish

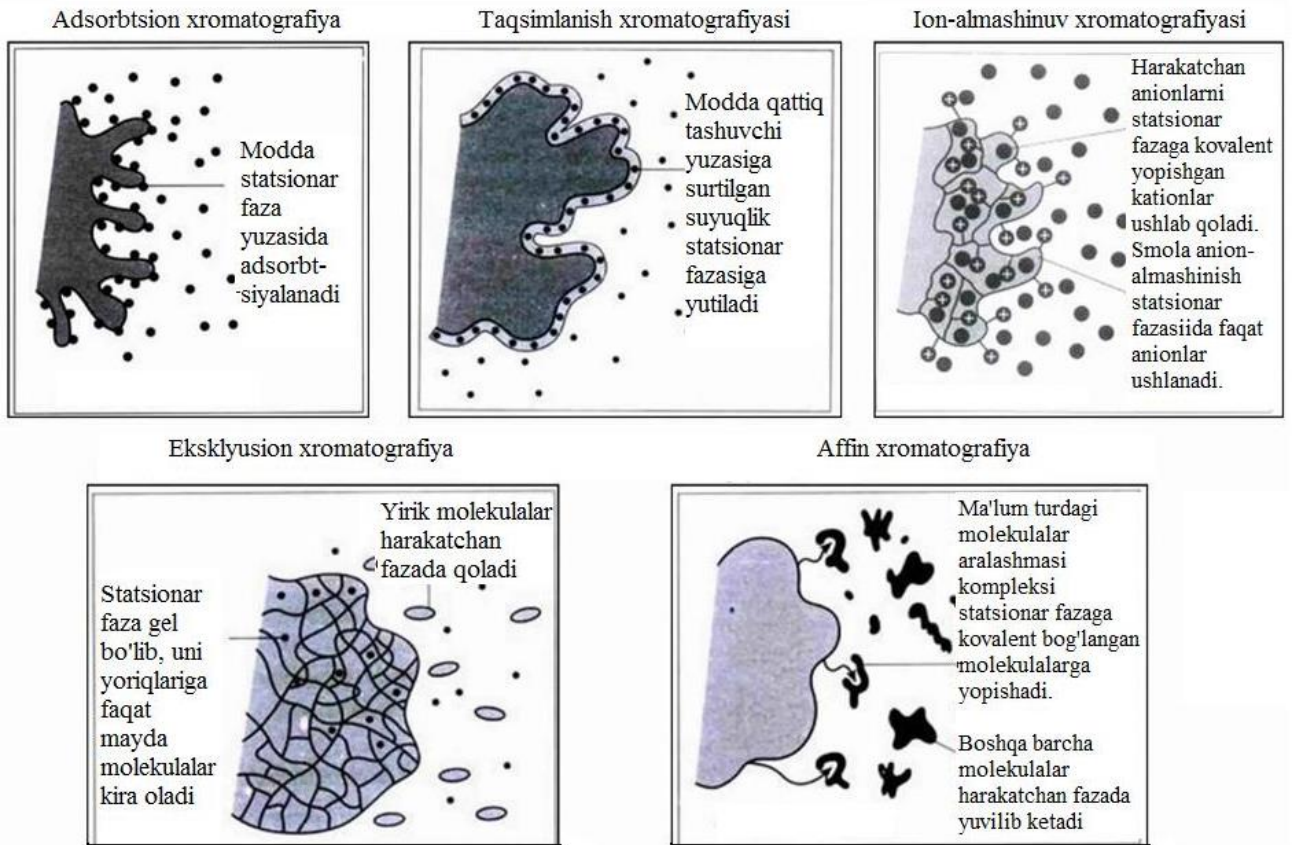
(Qog'ozdagi xromatografiya), ion-almashinuv, eksklyuzion va affin xromatografiyalari farqlanadi.

Adsorbtsion xromatografiyada statsionar faza qattiq moddadan iborat bo'ladi. Bu qattiq modda harakatchan tahlil etilayotgan aralashmadagi har bir komponentning bir qismini adsorbtsiyalaydi. Ajratish moddalar aralashmasining adsorbentda turlicha so'rilish darajasiga asoslangan bo'ladi.

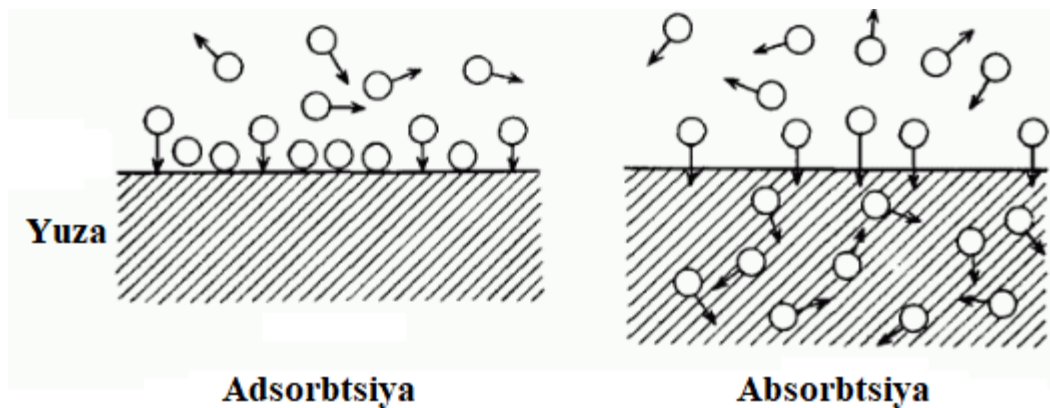
Biror moddaning **adsorbtsiyasi** boshqa moddaning sirtiga yutilganda sodir bo'ladi. Adsorbtsiyani bir modda boshqa modda hajmiga diffuziyalanib, o'sha ikkinchi modda sirtigagina emas, balki butun hajm bo'yicha yutilganda sodir bo'ladigan yutilish (absorbtsiya) bilan adashtirmaslik kerak (4.5 rasm).



4.3 rasm. Tahlil etilayotgan namuna tarkibiy qismlarining harakatchan va statsionar fazalarda taqsimlanishi.



4.4 rasm. Xromatografiya usullari klassifikatsiyasi



4.5 Rasm. Adsorbtsiya va absorbtsiya

Taqsimlanish xromatografiyasida statsionar faza suyuqlikdir. Tahlil etilayotgan aralashmaning tarkibiy qismlari ushbu suyuqlik va xarakatlanuvchi faza o'rtasida taqsimlanadi (usulning nomi ham shundan olingan). Bu jarayonning asosida aniqlanayotgan moddaning statsionar fazada turlicha eruvchanligi sharti yotadi.

Ion-almashinuv xromatografiyasida ajralish ion-almashinish xususiyatiga ega bo'lgan smoladan yasalgan statsionar faza va harakatchan faza (bu usulda elektrolit) o'rtasidagi muvozanat konstantasiga bog'liq bo'ladi.

Eksklyuzion xromatografiyasida (ikkinchi nomi gel-xromatografiya)

moddaning ajratilishi aralashmadagi molekulalar farqlanishi tufayli gelning (statsionar fazaning) yoriqlariga turlicha kirib qolish xossasiga bog'liq bo'ladi.

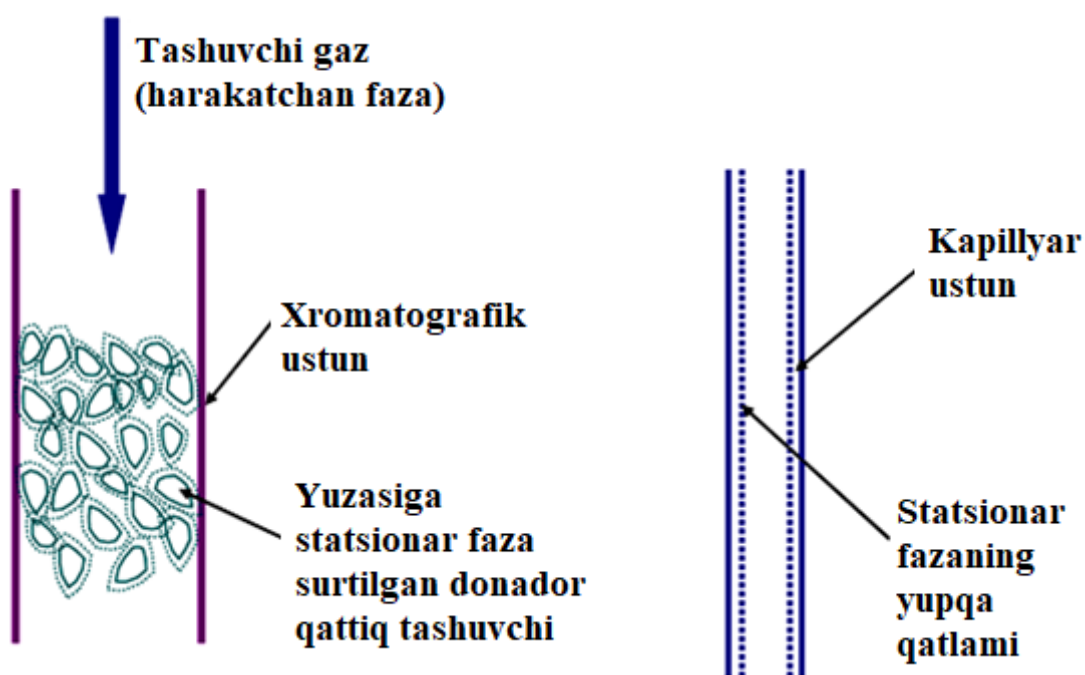
Affin xromatografiyasi molekulalarning ajoyib xususiyati – ularning biologik ixtisoslashganligidan foydalanadi (4.4 rasmga qarang). Bu usul yuqori molekulyar birikmalarni tozalashda juda qo'l keladi.

4.3 Xromatografik ajratilish nazariyasi haqida qisqacha ma'lumot

Xromatografik ajratish printsipi shundan iboratki, xarakatlanuvchi faza doimiy ravishda statsionar faza ustida harakat qiladi va bunga statsionar faza ta'sir etgani uchun unga aralashma komponentlari ajratiladi. Harakatchan faza ikki ko'rinishda bo'lishi mumkin:

1. Gaz - gaz xromatografiyasida
2. Suyuqlik – yupqa qatlamli, ustunli, suyuqlik va yuqori samarador suyuqlik xromatografiyalarida.

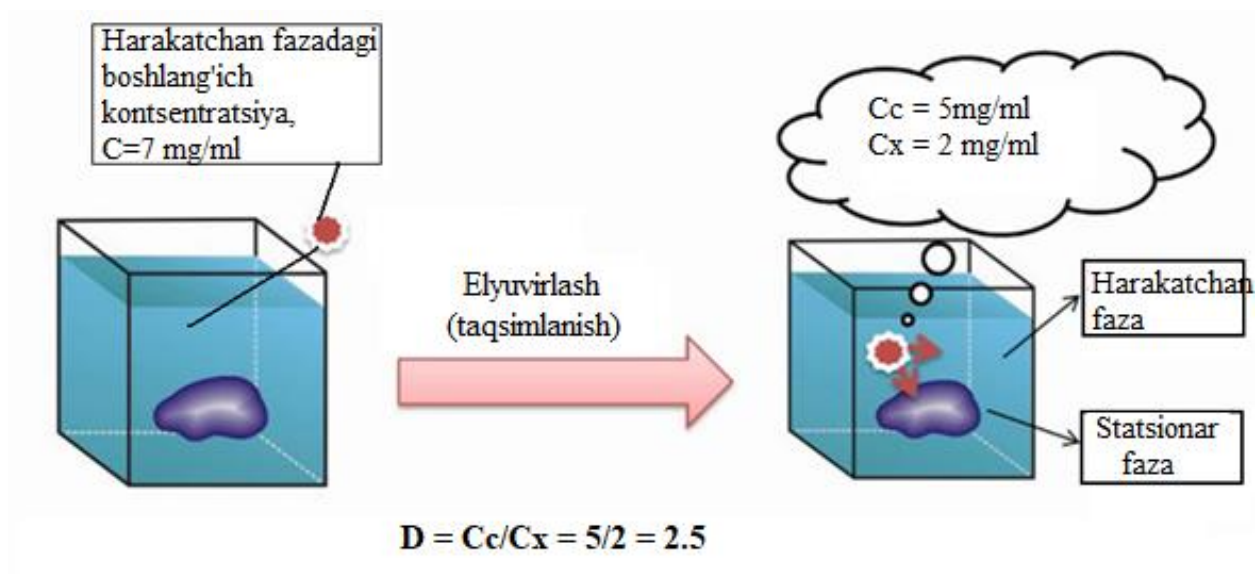
Statsionar faza analitik ustun (kolonka) ichiga joylashtiriladi (4.6 rasm).



4.6 rasm. Ichiga statsionar faza to'ldirilgan oddiy va ichki devoriga statsionar faza o'rnatilgan kapillyar xromatografik ustunlar.

Bu asosiy xromatografiya usullarining har ikkalasi ikkita asosiy bosqichni o'z ichiga oladi: 1) aralashma komponentlarining ikki faza orasida taqsimlanishi; 2) aralashma komponentlarining statsionar fazada yoki unda harakatchan fazaning uzluksiz oqimi ta'siri bilan ajralishi (yuvilishi).

Aralashma komponentlarining ikki faza orasida taqsimlanishi taqsimot koeffitsienti D bilan aniqlanadi. Uning kattaligi tadqiq etilayotgan moddaning statsionar (adsorbent) va harakatchan (elyuent) fazalarga nisbatan tabiatiga bog'liqdir (4.7 rasm).

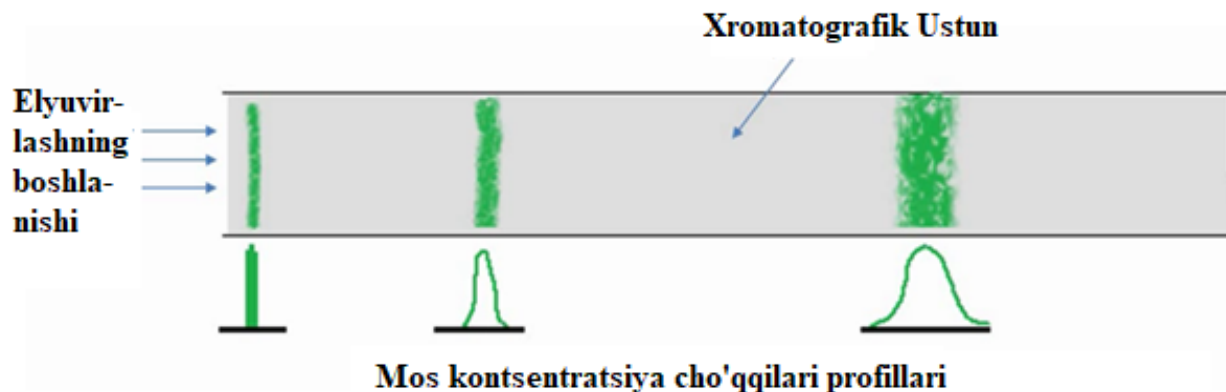


4.7 Rasm. Namunaning ustun bo'ylab harakatlanishida taqsimot koeffitsienti.

$$D = \frac{C_c}{C_x} = \frac{\text{komponentning statsionar fazadagi konsentratsiyasi}}{\text{komponentning harakatlanuvchi fazadagi konsentratsiyasi}}$$

Katta taqsimot koeffitsientiga (D) ega aralashma komponenti asosan harakatlanuvchi fazada erigan holatda qoladi va shuning uchun statsionar faza ustidan tez harakat qiladi. Taqsimlanish koeffitsienti D dan past bo'lgan komponent asosan qattiq statsionar fazada adsorbsiyalanib qoladi yoki suyuq statsionar fazada so'riladi (xromatografiya turiga qarab). Harakatlanuvchi faza statsionar faza ustida harakatlanar ekan, bu komponent statsionar faza bo'ylab sekin harakatlanadi.

Taqsimot koeffitsienti xromatografiyaning poydevori hisoblanadi desak adashmagan bo'lamiz. Masalan, ushbu miqdor qancha katta bo'lsa, xromatografiya cho'qqisi kengroq va maydoni (ya'ni modda konsentratsiyasi) ham shunchalik katta bo'ladi (4.8 rasm).



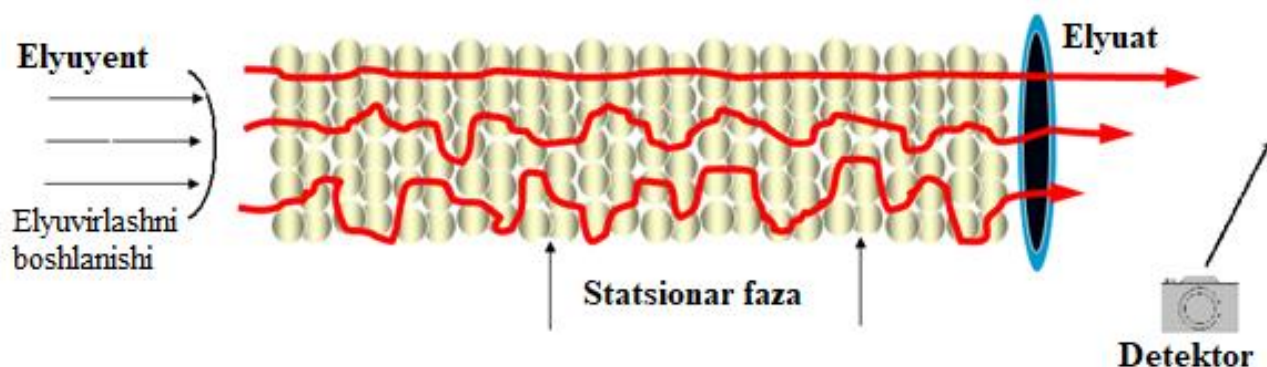
4.8 rasm. D qancha katta bo'lsa, xromatografiya cho'qqisi ham kengroq va maydoni (ya'ni modda konsentratsiyasi) ham shunchalik kattaroq bo'ladi.

Xromatografiyaning ham bir turi uchun **D** ning o'z nomi bor; taqsimlanish va ion-almashinuv xromatografiyasi uchun – taqsimot, adsorbtsion xromatografiyasi uchun – adsorbtsiya va eksklyuzion (gel-filtrlanish) xromatografiyasi uchun – kirishuvchanlik koeffitsientlari.

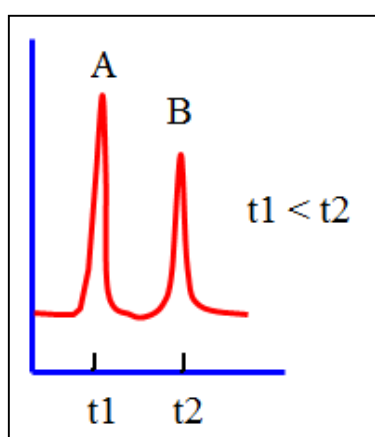
Ta'kidlab o'tish kerakki, xromatografik ajratilish jarayonlari juda murakkab va uni mohiyatini nazariy tushuntirishga bir qancha olimlar urinib ko'rishdi. Hozirgacha ushbu borada 2 ta yondoshuv mavjud, lekin bironta urinish mukammal deb topilmagan. Masalan, 1-yondoshuv bu L.Martinning “nazariy likopchalar” (tarekalar) (The plate theory) nazariyasida statsionar (qo'zg'almas) fazani har birida statsionar va harakatchan fazalar orasida muvozanat yuzaga keladigan ayrim likopchalarga bo'lish va shunga asoslangan holda xromatografik jarayonni tushuntirishga harakat qilingan. Bu murakkab nazariyani ko'rib chiqish bizning qo'llanmamiz mo'ljallangan talabalar va kitobxonlar uchun shart emas, chunki ular ushbu usullardan foydalanuvchilardir xolos.

Lekin ikkinchi nazariy yondoshuv ancha oddiy va hamma uchun tushunarli. Bu elyuvirlanishning (yuvilishning) kinetik nazariyasidir (4.9 rasm). Bunga asosan xromatografiya ustunidagi alohida molekulalarning harakatlanish tezligi har bir ma'lum aralashma uchun o'ziga xos tezlikda yuz beradi va bu jarayon bir qancha asosiy omillarga bog'liq. Xromatografik ustun mikrodonador qattiq sorbent tashuvchi bilan to'ldirilgan bo'ladi va natijada harakatchan faza (elyuyent) ustun bo'ylab ushbu donalar orasidagi juda ko'p turli o'zaro bog'langan kanallar bo'ylab yuviladi. Natijada sorbent zarrachalari o'lchamiga, zichligiga va komponentning eruvchanligiga bog'liq bo'lgan uyursimon diffuziya yuz beradi, ba'zi komponentlar molekulalari bu jarayonda qisqa masofani bosib o'tadi, ba'zilari esa uzoqroq masofani (4.9 rasmga qarang). Oqibatda, birinchi

gurux komponent molekularining ustunda ushlanishi vaqti ikkinchi guruxga qaraganda ancha kam bo'ladi va birinchi bo'lib detektorga yetib boradi (4.9a rasm). Bunga sabablar: harakatchan fazaning bir maromdamligi, harakatchan va statsionar fazalardagi ustun bo'ylab diffuziyasi, massa uzatilishi kinetikasining harakatchan va statsionar fazalardagi o'ziga xosligi, ustun ichidagi turg'un zonalarda jarayonning muvozanatlashmaganligi va boshqalardir. Rasmdan ko'rinib turibdiki, ba'zi molekular taqsimot koeffitsientiga bog'liq holda detektorga borguncha ko'proq masofa bosib o'tadi, ba'zilari esa kamroq. Shunga yarasha shu masofani bosib o'tish uchun lozim bo'lgan elyuvatsion vaqt ham farqlanadi (ya'ni ushlanish vaqti, 4.5 bo'limga qarang). Bundan tashqari, elyuvirlanish samaradorligi sorbent donalarining diametriga, geometriyasiga va monodispersligiga, ustunni to'ldirishdagi sifatga, tizimning o'lik hajmiga va elyuyent oqimining tezligiga ham bog'liqdir.



4.9 rasm. Elyuvirlanish (xromatografik yuvilishning) kinetik nazariyasi.



4.9a rasm. A moddaning elyuvirlanish vaqti V moddanikiga qaraganda oz ($t_1 < t_2$), shuning uchun u birinchi bo'lib aniqlanishi mumkin.

4.4 Ustunli (kolonkali) xromatografiya

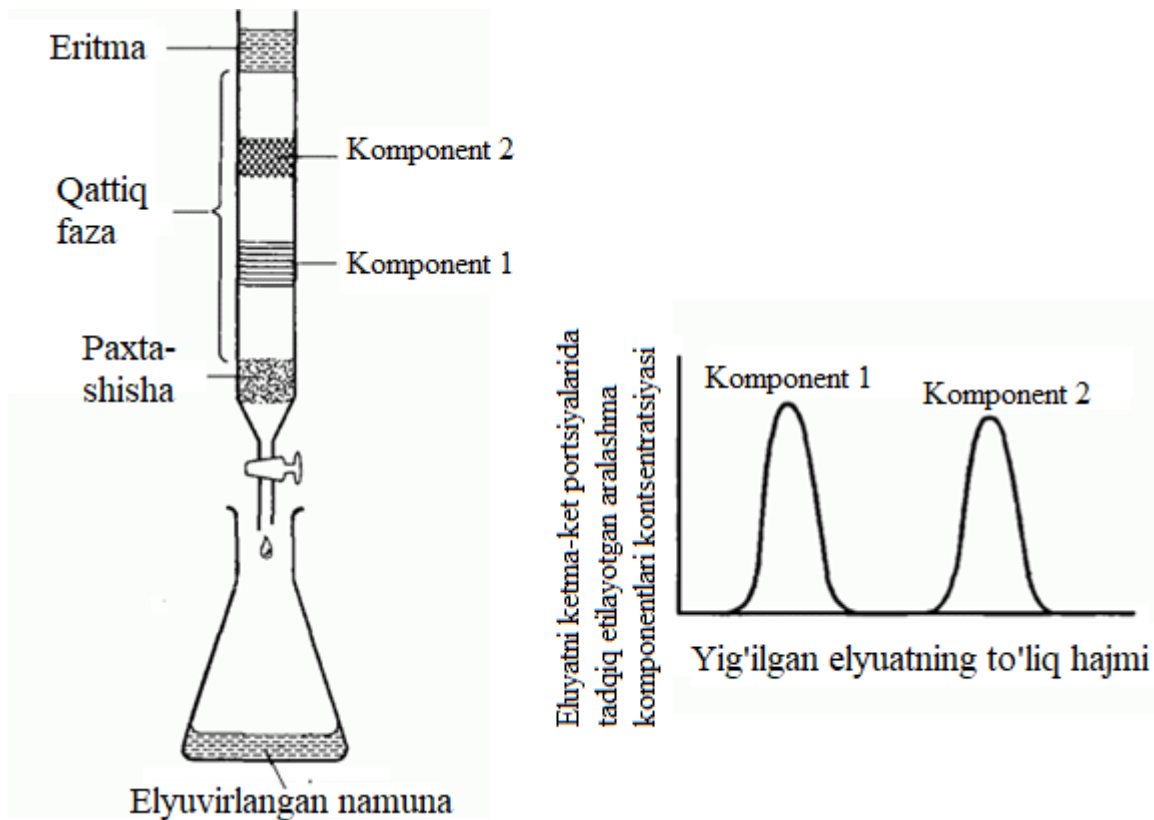
Kolonkali xromatografiya deb ham ataladigan, o'zbekchada ustunli

xromatografiya ma'nosini beradigan usul adsorbtsion xromatografiyaning eng oddiy variantidir. Suyuq va qattiq aralashmalarni ajratish uchun ishlatiladi.

Statsionar faza sifatida qattiq adsorbent, masalan glinozem (alyumin oksidi), xarakatlanuvchi faza sifatida esa ma'lum erituvchi ishlatiladi. Silindrsimon shisha ustuni avval shu ikki fazaning atalasimon aralashmasi bilan to'ldiriladi. Ustunning pastki qismida aralashma oqib ketishining oldini olish uchun shishapaxtadan qistirma qo'yiladi (4.10-rasm). Aralashma cho'kib o'rnamshgandan so'ng, ustundagi erituvchini uning sathi qattiq faza sathidan bir oz yuqoriroq qolgunicha chiqarib yuboriladi. So'ngra tadqiq qilinishi lozim bo'lgan qattiq aralashma oz miqdorda erituvchida eritiladi va hosil bo'lgan eritma yuqoridan ustunga quyiladi. Eritma ustundan o'tgandan so'ng erituvchi sathining statsionar faza sathidan yuqoriligicha qolishiga ishonch hosil qilish uchun biroz sof erituvchi qo'shiladi. Erituvchini ustundan o'tkazish jarayoni **elyuvirlash** deyiladi. Elyuvirlash uchun ishlatiladigan erituvchi **elyuyent** deyiladi, xuddi shu erituvchi elyuvirlash tugagandan keyin ustundan chiqishida **elyuat** deb ataladi. Aralashmaning turli komponentlarga ajratilishi ular asta-sekin ustun bo'ylab harakat qilishida sodir bo'ladi. Aralashmaning tarkibiy qismlari pigmentlar yoki bo'yoqlar kabi rangli bo'lsa, ularning ajralishi vizual kuzatilishi mumkin. 1-komponent yuqoriroq taqsimlanish koeffitsientiga ega va shuning uchun ustundan tezroq o'tadi. Aralashmadagi biron komponentni ustundan o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt komponentning **elyuvatsion vaqti** deyiladi. Elyuvirlangan komponentlarning ketma-ket portsiyalari kolba yoki probirkalarga to'planadi. Erituvchi distillash yo'li bilan yo'qotilib, toza komponent ajratib olish mumkin. 4.10-rasmda ikki komponentli aralashmaning qanday taqsimlanishi va to'liq ajratishning ideal holati ko'rsatilgan.

4.5 Yupqa qatlam xromatografiya

Yupqa qatlamli xromatografiya (YuQX) - adsorbtsion xromatografiyaning bir turidir. Organik kimyoda birikmalarni aniqlash va ularning tozaligini o'rnatish uchun keng qo'llaniladi. Qattiq adsorbtsion faza sifatida silikagel, o'z ichiga kraxmal kabi qandaydir bog'lovchi oladigan glinozem yoki sellyuloza ishlatiladi.



Rasm 4.10 Ustunli xromatografiya va elyuvirlanish cho'qqilari (ideal holat tasvirlangan).



4.11 rasm. Yupqa-qatlam xromatografiyasi (YuQX)

Bunday qattiq moddaning atalasimon aralashmasi yupqa va bir xilda shisha plastinka yuzasiga surtiladi va quritishga qoldiriladi. Plastinkaning bir uchiga yaqin joyiga adsorbent qatlamiga tadqiq qilinayotgan eritmaning kichik tomchisi dog' tariqasida qo'yiladi. Komponentlarni identifikatsiyalashni osonlashtirish uchun bu dog yonida oldindan ma'lum birikmalarning dog'lari ham qo'llanilishi mumkin. Plastinkadagi dog'lar qurigandan so'ng plastinka shu uchi bilan shisha

yoki idishga quyilgan oz miqdordagi erituvchiga tushiriladi (4.11 rasm), keyin erituvchi bug'lanishini oldini olish uchun bir qopqoq bilan berkitiladi. Erituvchi kapillyar ta'sir natijasida plastinkaga asta-sekin ko'tariladi. Erituvchi fronti dog'lardan o'tganda ularda erigan moddalarning harakati boshlanadi. Ularning harakat tezligi ularning taqsimlanish koeffitsientlariga bog'liq bo'ladi. Erituvchining old qismi plastinkaning yuqori chekkasiga ko'tarilganda stakandan chiqariladi va quritiladi. Rargli aralashmaning turli tarkibiy qismlari vizual aniqlanishi mumkin. Aralashmaning tarkibiy qismlari rangga ega bo'lmasa, plastinka proyavka qilinishi (rang paydo qilish maqsadida ishlov berilishi) kerak. Plastinkaning namoyon (proyavka) bo'lishiga unga ayrim bo'yovchi reagent purkash, ultrabinafsha nur bilan nurlantirish, yod bug'lari kabi har qanday gaz atmosferasida qizdirish yoki ushlab turish orqali erishiladi.

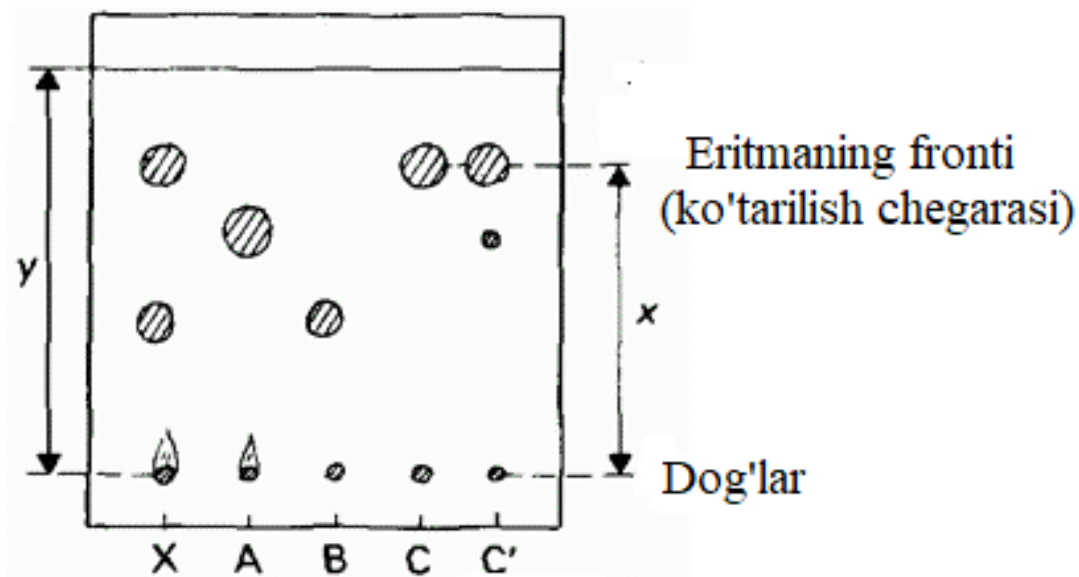
Aralashmaning har bir komponenti ma'lum ushlanish koeffitsienti bilan tavsiflanishi mumkin. Ushlanish koeffitsienti R_f komponentning taqsimlanish koeffitsienti bilan bog'liq va quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$R_f = \frac{\text{komponentning boshlang'ich nuqtadan siljigan masofasi}}{\text{erituvchining boshlang'ich nuqtadan siljigan masofasi}}$$

4.12 rasmda beshta boshlang'ich nuqtalari qo'yilgan xromatografik plastinka ko'rsatilgan. X noma'lum moddasi B va C moddalarning aralashmasi ekanligini ko'rish qiyin emas. Bundan tashqari ko'rinib turibdiki, C namunasi frontda bitta nuqta beryapti – demak u sof moddaga, C' namunasi esa aralashmadir, chunki u frontgacha ikkita turli nuqtalar beryapti. Bu esa unda ozroq A moddasi borligini ko'rsatadi.

C modda uchun ushlanish koeffitsienti quyidagi bog'liqlik bilan aniqlanadi:

$$R_f(C) = x/y$$



4.12 Rasm. Tajribadan keyin YuQX plastinkasida ajratish natijasi ko'rinishi. x - noma'lum modda, A va B toza moddalardir. Modda C ikki xil namunada (C va C') berilgan.

Yupqa qatlamdagi xromatografiya (YuQX) yordamida quyi hamda yuqori molekularli birikmalarni ajratsa bo'ladi. Ya'ni ularni rangiga yoki siljish masofasiga qarab farqlasa bo'ladi. Biror bir kerakli moddani ajratib olish uchun avvalambor o'sha tur moddalarni tajribada sinab ko'rishimiz lozim bo'ladi. Agar modda oldindan ma'lum bo'lsa, adabiyotlardan foydalangan holda ham ranglarga va u moddalarning R_f surilish masofasiga qarab farqlashimiz mumkin bo'ladi. Nazariy jihatdan, rangi va siljish masofasi nuqtai-nazaridan bir-biriga mos kelayotgan moddalar aynan bir xil modda bo'lishi mumkin deb ayta olishimiz mumkin.

YuQXning asosiy afzalliklari quyidagilardir:

- Oddiylik
- Ba'zan o'ta yuqori aniqligi
- Universal proyavitellar borligi
- Juda turli-tuman xossalarga ega moddalarni ajratish imkoniyati.

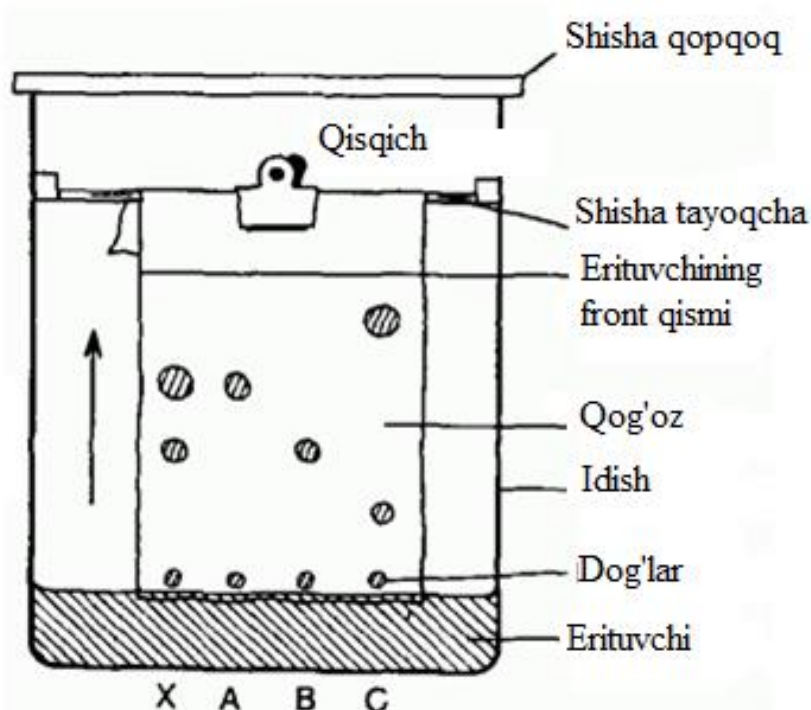
Asosiy kamchiliklari:

- Samaradorligi pastligi (ba'zan selektivligi)
- Vaziyatga bog'liqlik
- Laboratoriyalararo yomon takrorlanuvchanlik.

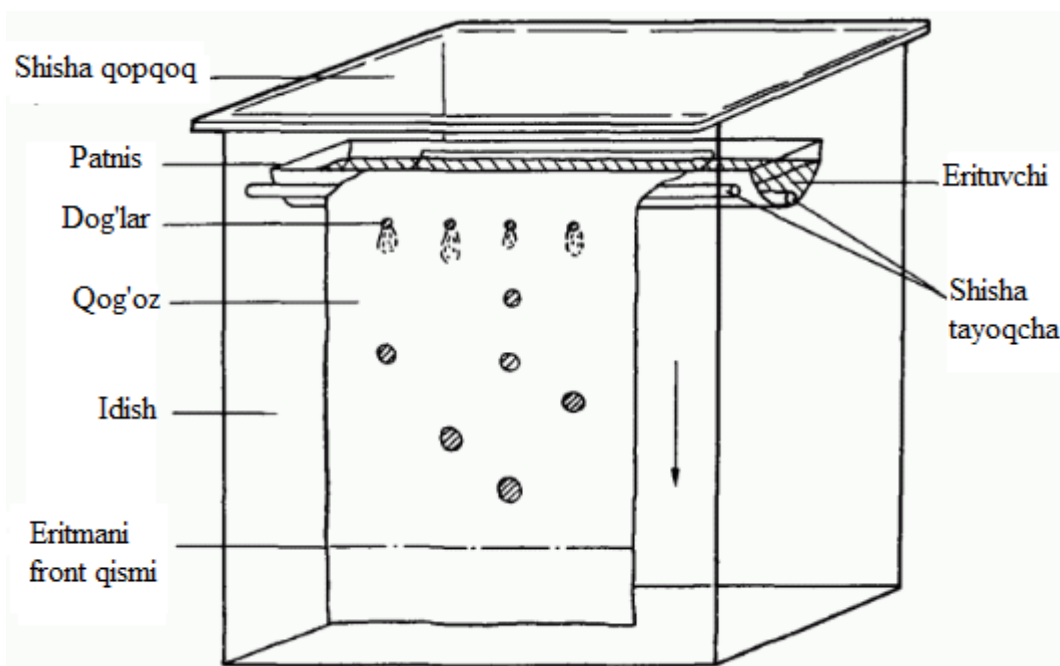
4.6 Qog'ozdagi xromatografiya

Bu usul taqsimlanish xromatografiyasining bir turi bo'lib, undagi statsionar faza suyuqlikdir. Odatda qog'ozga adsorbtsiyalangan suv statsionar (turg'un) faza sifatida, ayrim organik suyuqlik esa harakatlanuvchi faza sifatida ishlatiladi. Qog'ozdagi xromatografiya ko'p jihatdan yupqa qatlamli xromatografiyaga o'xshaydi.

Qog'ozdagi xromatografiya uchun ikkita variant mavjud. Qog'ozda tepaga ko'tariluvchi oqim xromatografiyada qog'oz bo'lagini idishdagi shisha tayoqchaga osib qo'yiladi (4.13-rasm). Qog'ozning pastki uchi idishning pastki qismida joylashgan oz miqdordagi erituvchiga botiriladi. Qog'ozdagi quyi oqim xromatografiyasida erituvchi idishning yuqori qismidagi patnisga (lotokka) joylashtiriladi (4.14-rasm). Tahlilda olingan qog'oz xromatogrammalarini yupqa qatlamli xromatografiya ishi uchun yuqorida tasvirlangan tarzda quritiladi va proyavka qilinadi. Qog'oz xromatogrammalar afzalligi ular keyinchalik taqqoslash yoki tadqiqot uchun saqlashga osonligi deb hisoblanadi.



4.13 Rasm. Qog'ozda tepaga ko'tariluvchi oqim xromatografiyasi. X dog' noma'lum moddaga tegishli. A, B va C dog'lar taqqoslash uchun ishlatiladigan oldindan ma'lum moddalarga tegishli. Xromatogrammada X moddasi A va B komponentlarini o'z ichiga olishi ko'rinib turibdi.



4.14 Rasm. Qog'ozda quyi oqim xromatografiyasi.

4.7 Gaz xromatografiyasi

Gaz xromatografiyasi bug'lantirilganda yoki gazga aylantirilganida parchalanmaydigan moddalarni tahlil etishda ishlatiladigan universal usuldir. Bu usul birinchi marta 1952 yilda Djeys va Martin tomonidan uchuvchan yog' kislotalarini ajratishda ishlatilgan. Gaz xromatografiyasida harakatchan faza sifatida gaz ishlatiladi. Gazning yopishqoqligi suyuqlikka qaraganda ancha past bo'ladi va yuqori diffuziya tezligiga ega bo'ladi. Uning ikki varianti mavjud.

Gaz-adsorbtsion xromatografiyasida (GAX) statsionar faza qattiq odatda silikagel yoki aluminadir. Shuning uchun uni adsorbtsion xromatografiyaning bir turi deb qarash mumkin. Uni ishlash sxemasi gaz-suyuqlik xromatografiyasiniki bilan deyarli bir xil (4.15 rasm). Odatda u atmosfera gazlarini ajratish va aniqlashda ishlatiladi (O_2 , N_2 , Ar, CO_2 , H_2S , CO, SO_x , CH_4). Sorbent to'ldirilgan (qadoqli, diametri 3-10 mm, uzunligi 10m) va kapillyar (diametri 0.25-0.5 mm, uzunligi 100 m) ustunlardan foydalaniladi. Biroq, bu uslub bugungi kunda boshqa usullarga qaraganda kamroq ishlatiladi.

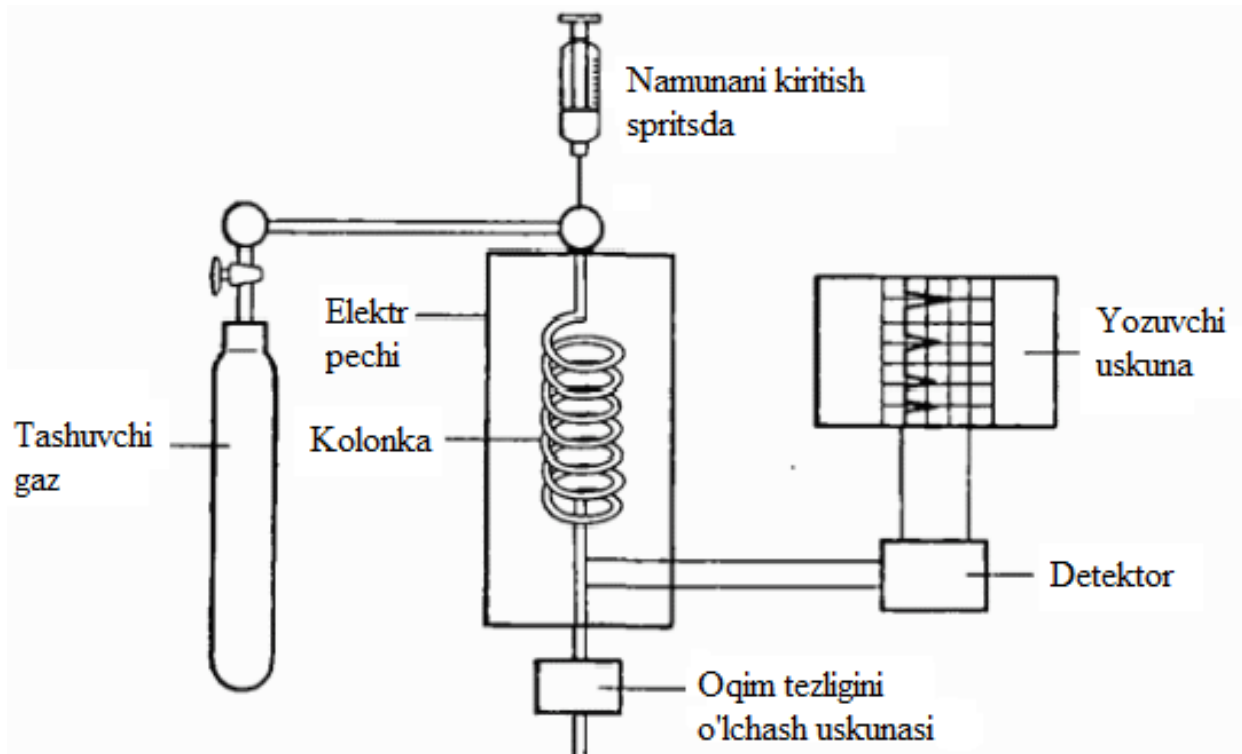
Gaz-suyuqlik xromatografiyasi (GSX) ancha keng tarqalgan bo'lib, uning ishlash jarayoni GAX ga juda o'xshashdir (4.15 rasm). Uning mexanizmi tadqiq qilinayotgan komponentlarning gaz va suyuqlik fazalarida turlicha taqsimlanishiga asoslangan. Usulning selektivligi moddaning qaynash haroratiga va statsionar fazada erish qobiliyatiga bog'liq. Aslini olganda u taqsimlanish

xromatografiyasining bir turidir.

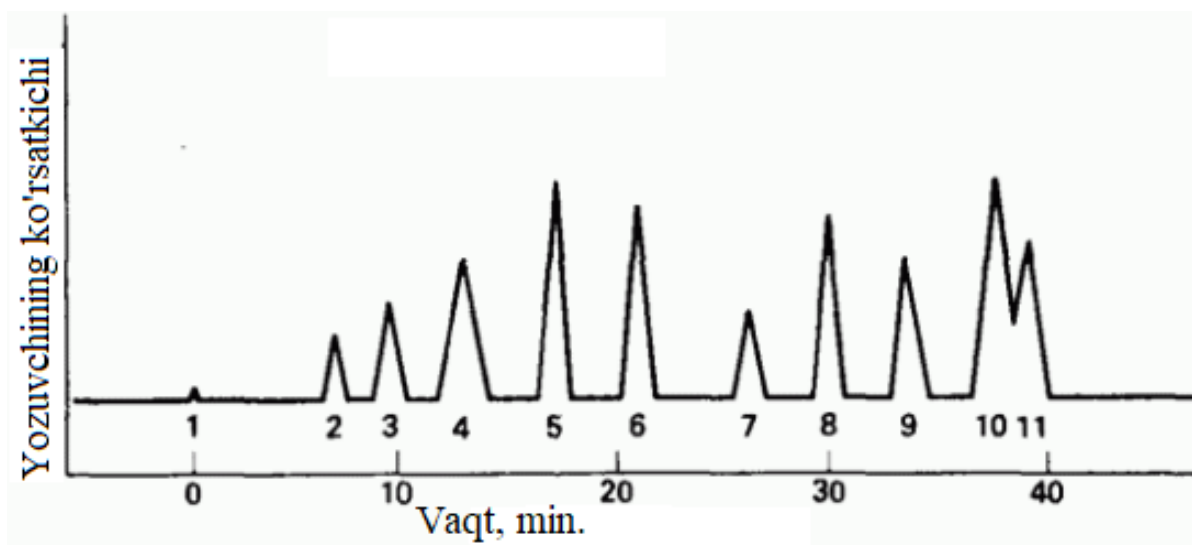
Qaynash harorati qancha past bo'lsa, shuncha ushlanish sust bo'ladi. Qancha statsionar fazada yaxshi erisa, shuncha kuchli ushlanadi. Ushbu usuldagi statsionar faza sifatida yuqori qaynash nuqtasiga ega bo'lgan ($T_{\text{qaynash}} = 200^{\circ}\text{C}$) suyuqlik xizmat qiladi, masalan uzoq uglerod zanjiriga ega bo'lgan qandaydir alkan kabi. Bu fazani qattiq tashuvchi (sorbent) - tor spiralsimon ustunga to'ldirilgan aktiv ko'mir, glinozem yoki kremniy oksidi kabi ba'zi g'ovak kimyoviy inert va barqaror modda yordamida uning yuzasiga surtilgan holatda ishlatiladi. Shuning uchun u tashuvchini yaxshi namlash xususiyatiga ega bo'lishi (yupqa plenka hosil qilishi) lozim. Xarakatlanuvchi faza sifatida gaz ishlatiladi - odatda azot, vodorod, geliy yoki argon. Bu gaz **tashuvchi-gaz** deb ataladi. Namunani kameraga kiritish uchun yuqori aniqlikdagi maxsus shprints ishlatiladi. Namuna bug'latiladi va tashuvchi gaz bilan kolonna bo'ylab harakatlanadi.

Aralashmaning har xil tarkibiy qismlari har xil taqsimlanish koeffitsientlari bilan xarakterlangani uchun ustun bo'ylab har xil tezlikda harakatlanadi. Har bir komponent oxir-oqibat detektorga kiradi, bu esa yozuvchiga signal uzatadi. Natijada cho'qqilar ketma-ketligidan iborat gaz xromatogrammasi hosil bo'ladi (4.16 rasm). 4.16-rasmda gazlar aralashmasining gaz-suyuqlik xromatogrammasi ko'rsatilgan. Bu xromatogrammadagi in'yeksiya cho'qqisi namuna xromatografga kirgan paytga to'g'ri keladi. Har bir keyingi cho'qqi sinov aralashmasi keyingi komponentiga mos keladi. In'yeksiya cho'qqisidan har bir komponentning cho'qqisigacha bo'lgan masofa (vaqt shkalasida) tegishli komponentning saqlanish vaqti deyiladi. Saqlanish vaqti muayyan birikmaning kimyoviy tarkibi va tajriba sharoitlari bilan belgilanadi. Bu sharoitlarga harorat, tashuvchi gazning oqim tezligi va statsionar fazaning tabiati va konsentratsiyasi kiradi.

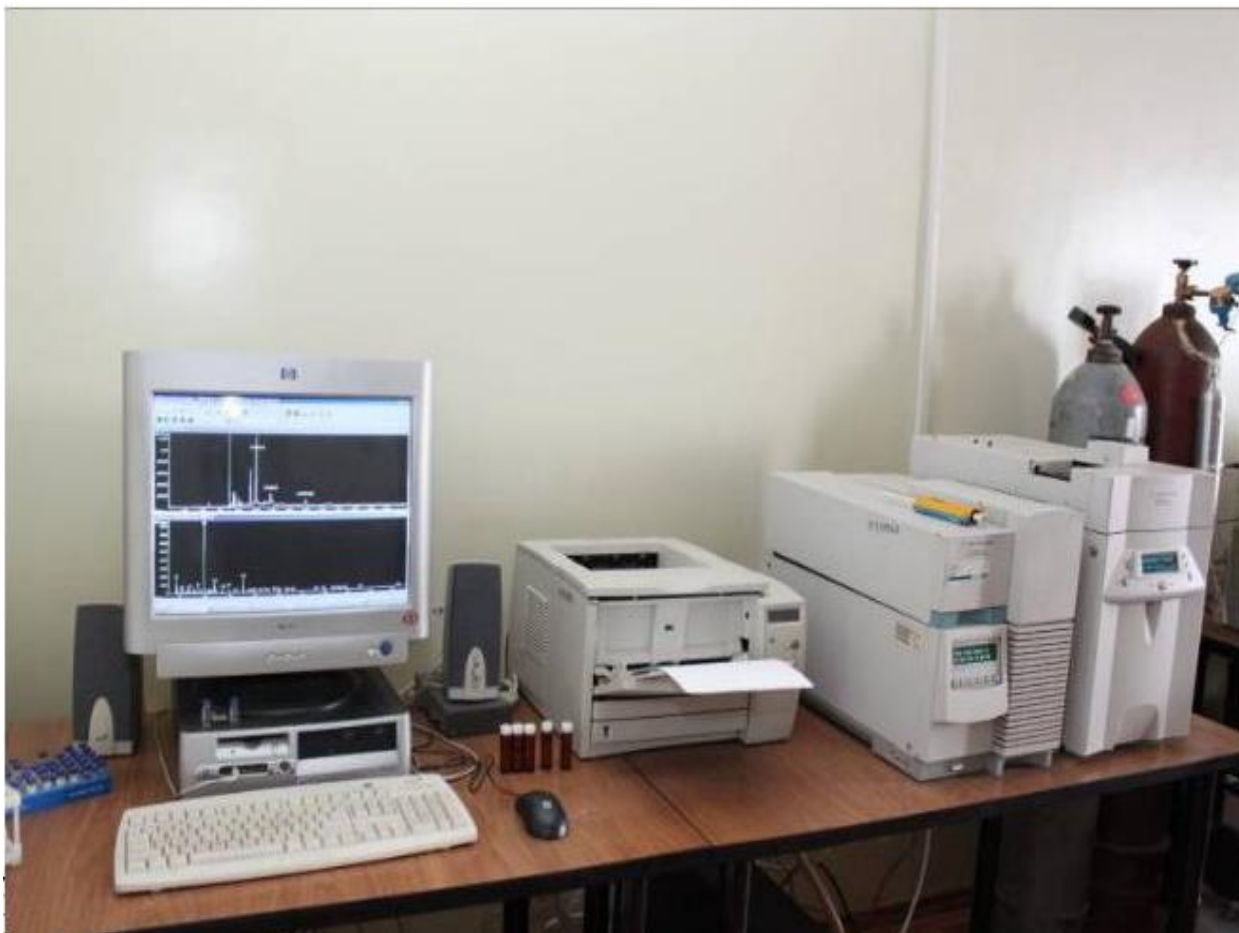
Zamonaviy gaz xromatograflari ancha murakkab instrumentlar kompleksidan iborat, detektorga borib yetgan signal ulangan maxsus kompyuterlarda qayta ishlanib, tadqiqotchiga yakuniy natijalarni o'zi hisoblab beradi (4.17 rasm).



4.15 Rasm. Gaz-suyuqlik xromatografiyasining ishlash sxemasi.



4.16 Rasm. Gazlar aralashmasining gaz xromatogrammasi har bir gaz o'ziga xos cho'qqiga va ushlanish vaqtiga ega bo'lishini ko'rsatadi. 1-in'yektsiya cho'qqisi (tajriba boshlanishi), 2- vodorod, 3- kislorod (havo cho'qqisi), 4-uglerod monoksidi, 5-metan, 6-etan, 7- karbonat angidrid, 8-etilen, 9-propan, 10-atsetilen, 11-propilen.



4.17 rasm. Mass-selektiv Agilent 5973N detektori bilan ishlaydigan Agilent 6890N gaz-xromatografi.

GSX ning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- Yuqori selektivlik va samaradorlik;
- Tahlilning to'g'riligi va qayta takrorlanishi mumkinligi;
- Yuqori ekspresslik (5-20 minut odatda);
- Juda kam hajmda namuna talab etiladi (mikrolitrlar);
- Detektorlarning katta tanlovi;
- Tahlil qilishda avtomatlashtirishning yuqori darajasi;
- Qurilmaning nisbatan arzonligi (~ 15 000 AQSh \$).

Kamchiliklari:

- Faqat uchuvchan moddalarni aniqlash mumkin (T qaynash $< 250^{\circ}\text{C}$);
- Issiqlikka chidamsiz moddalarni aniqlab bo'lmaydi;
- Ba'zan namunani tayyorlash uchun uzoq vaqt ketadi;
- Moddani identifikatsiyalashda hatolar uchrashi mumkin.

4.8 Gaz xromatografiyasida ishlatiladigan asosiy detektorlar

Detektorni tanlash namuna tahlil qilish uchun juda muhimdir. Tanlash mezonlari sifatida sezgirlik va qo'llanish diapazoni xizmat qiladi. Katarometr namunadagi tarkibi 10^{-3} % bo'lgan moddani aniqlashga imkon beradi. Ionizatsion detektorlarning organik moddalarga sezgirligi ancha yuqori (10^{-8} %). Termo-ion detektorining organofosfor birikmalari uchun sezgirligi yana 3-4 tartibga oshadi. Elektron tutuvchi detektor galogen atomlarisiz birikmalarni amalda sezmaydi, lekin poligalogenli birikmalarga nisbatan u alangali-ionizatsion detektorga nisbatan 2-3 tartibda sezgirroqdir. Shunday qilib, qachon ustun va detektorni to'g'ri tanlansa va kichik namuna hajmini hisobga olinsa, gaz xromatografiyasi bo'yicha moddalarni aniqlash chegarasi 10^{-12} - 10^{-13} g, bu esa tahlilning boshqa ko'plab usullaridan ustun turadi.

Demak, gaz-suyuqlik xromatografiyasi usulida harorat, tashuvchi gaz tezligi, xromatografik ustunlar parametrlari, suyuq faza, detektor turi keng o'zgaradi. Bu esa turli analitik muammolarni hal qilishda butunlay noyob sharoitlar yaratadi

Katarometr detektori. Eng keng tarqalgan detektorlardan biri sof tashuvchi-gaz (geliy) va uning aniqlanayotgan komponent bilan birgalikdagi issiqlik o'tkazuvchanligining farqini o'lchash orqali ishlaydi. 4.2 jadvalda havo issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan hisoblangan gaz tashuvchilarining va ayrim xromatografik ajratiladigan birikmalarning bug'larining issiqlik o'tkazuvchanlik qiymatlari berilgan. Bu turdagi detektor katarometr (issiqlik detektori) deb ataladi (4.18 rasm). U organik va noorganik birikmalarni aniqlab ro'yxatga olish uchun ishlatilishi mumkin. Uning xossalari quyidagicha:

- tashuvchi gaz bilan yuviladigan qizdirilgan ingichka volfram ipining qarshiligi o'lchanadi. Gaz aralashmasi tarkibini o'zgartirganda gazning issiqlik o'tkazuvchanligi va ipning qarshiligi o'zgaradi;
- tashuvchi gazning issiqlik o'tkazuvchanligi qanchalik katta katarometrning sezuvchanligi shunchalik yuqori bo'ladi;
- aslida eng mos keladigan tashuvchi gaz vodoroddur, lekin xavfsizlik maqsadlarida (vodorod portlovchi) geliy tez-tez ishlatiladi.

Katarometrning afzalliklari: ishda oddiylik, yetarlicha aniqlik va ishonchlilik. Biroq, past sezuvchanligi tufayli mikroaralashmalarni aniqlash uchun ishlatilmaydi.

4.4 jadval. Gaz tashuvchilar va moddalar bug'lari issiqlik o'tkazuvchanlik qiymati (havo issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan)

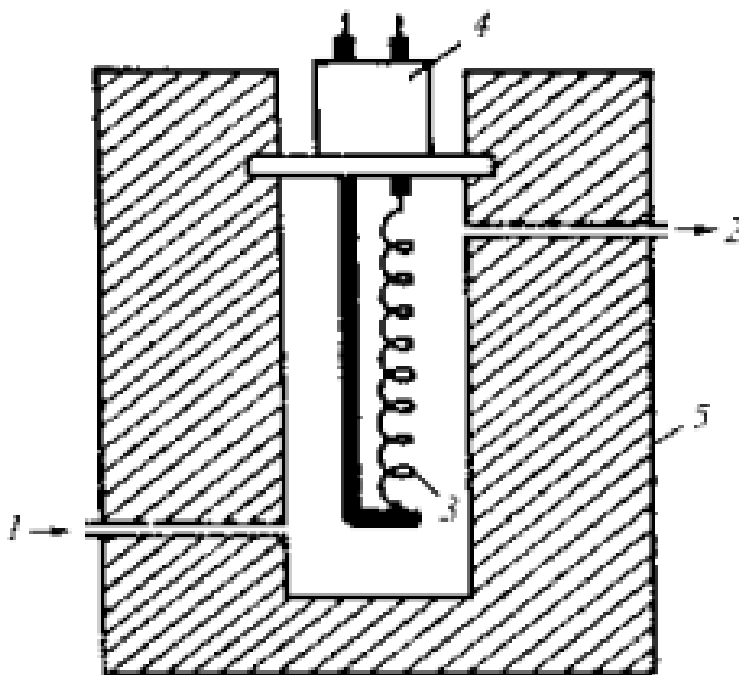
Modda	Issiqlik o'tkazuvchanlik qiymati	Modda	Issiqlik o'tkazuvchanlik qiymati
Vodorod	7100	n-butan	0.744
Geliy	5530	Methanol	0.727
Metan	1450	n-pentan	0.702
Ammiak	1040	CO ₂ gazi	0.700
Havo	1000	Etanol	0.700
Azot	0.996	n-geksan	0.662
Etan	0.970	Atseton	0.557
Atsetilen	0.900	Xlormetan	0.530
Propan	0.832	trixlormetan	0.328

Alangali-ionizatsion detektor 1958 yilda ixtiro qilingan va eng keng tarqalgan detektorlardan bo'lib, organik birikmalarni ajratishda ishlatiladi. Detektorning ishlash printsipti shundaki, oddiy sharoitlarda gazlar elektr tokini o'tkazmaydi, ammo agar gazda biron bir ta'sir natijasida ionlar, radikallar yoki erkin elektronlar paydo bo'lsa, unda bu zarrachalarning juda kichik konsentratsiyasi bilan gazlar elektr tokining o'tkazgichlariga aylanadi. Potensial elektrodga ionlarni yig'ish uchun kuchlanish qo'shiladi va kollektor elektrod detektor yordamida signalni kuchini yozib olinadi. Yuqori haroratli ($\geq 500^{\circ}\text{C}$) alanga ($\text{H}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2$) elyuatdagi tadqiq etilayotgan namuna komponentlarini ionlashtiradi. Alangada hosil bo'lgan ionlar elektrodga tushib, elektr tokini kuchaytiradi. Kuchaygan elektr toki yozuvchi yoki kompyuterda ro'yxatga olinadi (4.19 rasm).

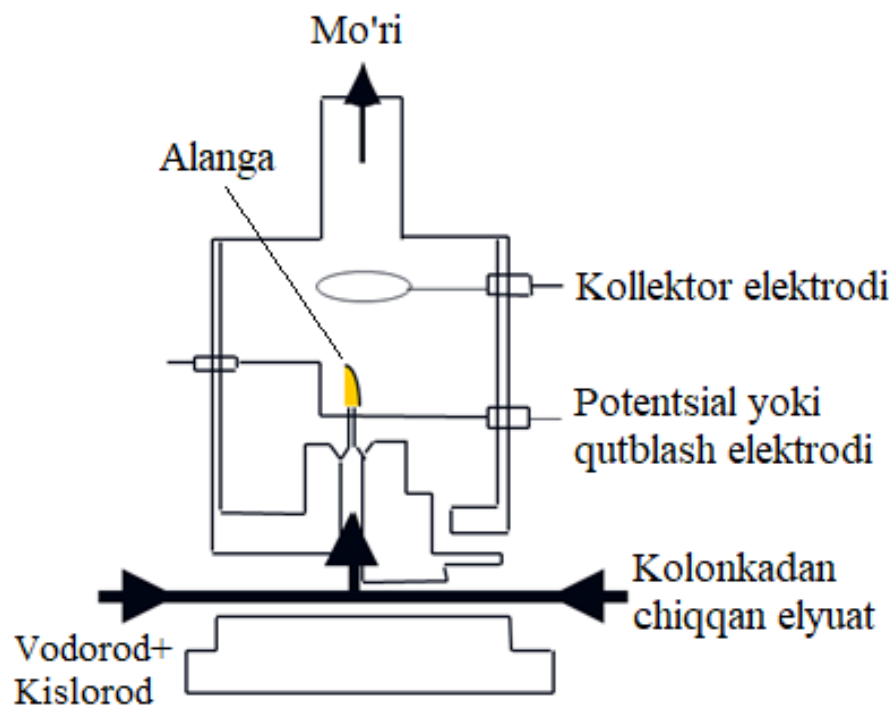
Elektron-tutuvchi detektor galogenlar, oltingugurt, fosfor va azotni o'z ichiga olgan birikmalarni tahlil qilish uchun ishlatiladi. Masalan, havodagi zaharli birikmalarni, pestitsidlarning qoldiqlarini, qon, oziq-ovqat, gormonlar, spirtli ichimliklar, va hokazo.

Elektron tutish detektorining ishlashi ko'plab moddalarning molekulari erkin elektronlar bilan ta'sirlashib barqaror salbiy molekulyar ionlarni hosil qilishi mumkinligi hodisasiga asoslangan. Detektordagi radioaktiv manbaa tomonidan

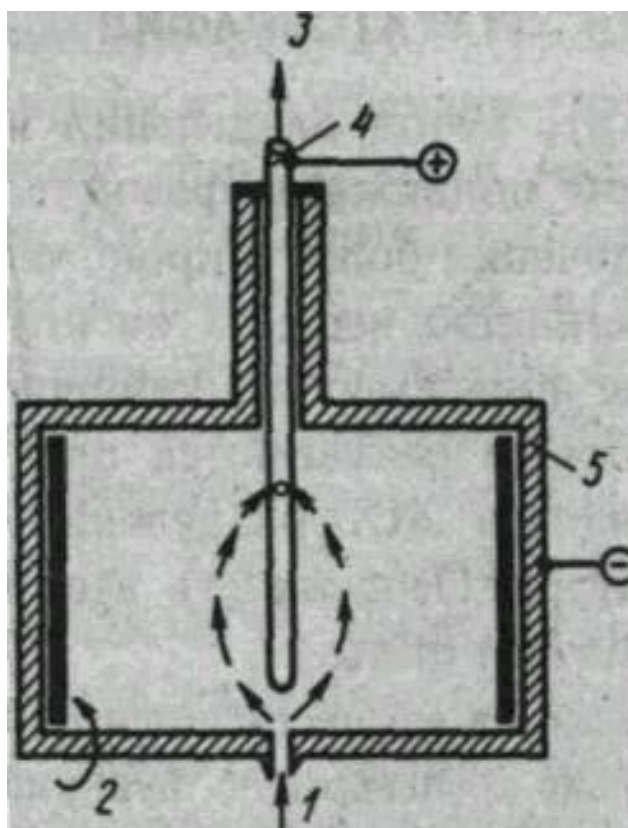
chiqariladigan β^- -zarrachalar (ya'ni elektronlar) tashuvchi gazni ionlashtirib, uni elektr o'tkazuvchan muhitga aylantiradi. Detektorga kiritilgan namunaning tarkibiy qismlari (ya'ni tahlil etilayotgan modda molekulari) elektronlar bilan ta'sirlashib har biri turli darajada manfiy zaryadlanadi. Buning oqibatida elektr o'tkazuvchanlikning kamayishi aralashmadagi tahlil qilinayotgan komponentining konsentratsiyasiga bog'liq. Bu aniqlash usuli juda yuqori sezuvchanlikka ega. Turli oziq-ovqat va boshqa analitlarda galogenlarni o'z ichiga olgan insektitsidlarni aniqlash uchun ishlatiladi.



4.18 rasm. Katarometr detektori. 1 – Xromatografik ustundan o'tgan elyuent gazning katarometrga kirishi; 2 – chiqindi gazlarning chiqib ketish joyi; 3 – qarshilik ipchasi; 4 - izolyator; 5 – katarometr metall bloki.



4.19 rasm. Alangali-ionizatsion detektorning tuzilishi



4.20 rasm. Elektron-tutuvchi detektor sxemasi

1 – gazning kirishi, 2 – nurlanish manba'i, 3 – gazning atmosferaga chiqib ketishi, 4, 5 – elektrodlar.

4.9 Suyuqlik xromatografiyasi

Suyuqlik (yoki suyuq-fazali) xromatografiya – ajratish usullarining katta guruxi bo'lib, unda tahlil jarayoni harakatchan suyuq faza va ustidan shu suyuq faza harakatlanadigan, katta solishtirma yuzaga ega statsionar faza orasida birikmalarning taqsimlanishiga asoslanib amalga oshiriladi. Suyuqlik xromatografiyasi qog'ozdagi xromatografiya, yupqa qatlam xromatografiyasi, ustun xromatografiyasi yoki yuqori samarador suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) ko'rinishida ham amalga oshirilishi mumkin.

4.10 Yuqori samarali suyuqlik xromatografiya (YuSSX)

Suyuqlik holatidagi harakatchan fazadan foydalaniladigan xromatografiya usullari ichida YuSSX eng yaxshi o'rganilgani va ko'p ishlatiladiganidir. Xromatografik usullarning rivojlanishi jarayonida ularning nazariy va amaliy qo'llanish sharoitlarini takomillashtirilishi, 1950 va 1960 yillarda xromatografik usullardan yupqa qatlam xromatografiyasi va qog'oz xromatografiyasi, so'ngra 1970 yillarda ustunli xromatografiyaning taraqqiy etishi, 1970 yillar o'rtalarida yangi yuqori samarali suyuqlik xromatografiya (YuSSX) usulini kashf qilinishiga sabab bo'ldi. Yuqori samarador xromatografik tahlil usulini yaratilishiga va mukammallashtirishga 20 yilcha vaqt ketdi.

Bu usul moddalarning juda kam (mikro) kontsentratsiyadagi miqdorlarini ham juda qisqa vaqt ichida yuqori sezgir detektorlar yordamida mikrokolonkalarda aniqlash imkonini beradi. YuSSX so'nggi paytlarda yanada keng qo'llanilmoqda. U gaz xromatografiyasiga qo'shimcha ravishda ishlatiladi va ayniqsa uchmaydigan birikmalarni aniqlash uchun muhimdir. YuSSX, masalan, oziq-ovqatda turli qo'shimchalar, ifloslantiruvchi moddalar va tabiiy komponentlarni tezda aniqlash uchun ishlatiladi. Katta solishtirma sirt maydoni va binobarin, xromatografik ustunda yuqori ajratish samaradorligiga o'lchamlari bir xil bo'lgan mikro-donador qattiq adsorbent tashuvchilar ishlatilishi natijasida erishiladi. Biroq, bunday mikrodonador qattiq tashuvchilar bilan to'ldirilgan ustunlar suyuqlik oqimiga katta qarshilik ko'rsatadi.

Yuqori samarali xromatografiya usulida moddalarni ajratish uchun uzunligi 10-25 sm, diametri 2-6 mm bo'lgan ustun (kolonka)lardan va ularning ichiga qo'zg'almas sorbentning zarrachalarini o'rtacha diametri 50 μm dan kichik zarrachalardan iborat bo'lgan, hamda qo'zg'aluvchan fazani 0,1-0,5 cm/sek tezlikda yuqori bosim yordamida (10-400 atm) foydalanish maqsadga muvofiqdir. Masalan, statsionar faza sifatida oktatsedil guruxlari birlashtirilgan, o'lchami 5-10

μm sferik silikagel zarrachalarini ishlatsa bo'ladi. Shuning uchun harakatlanuvchan suyuq fazani ular orqali o'tkazish uchun yuqori bosim talab qilinadi. Shu sababli YuKSSX yuqori bosimli suyuqlik xromatografiyasi deb ham ataladi (4.21 rasm).

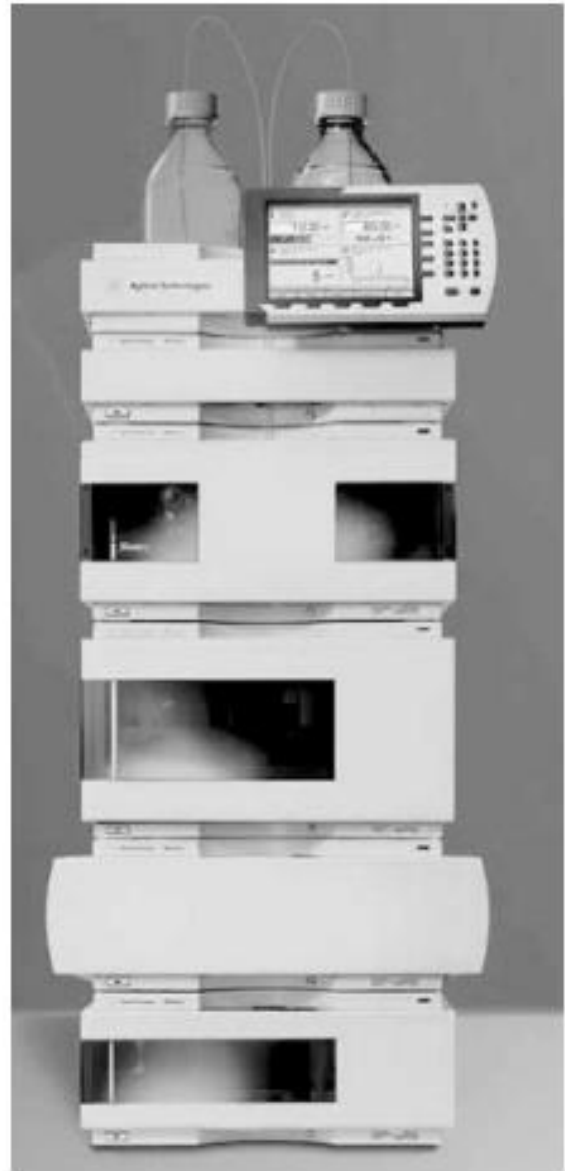
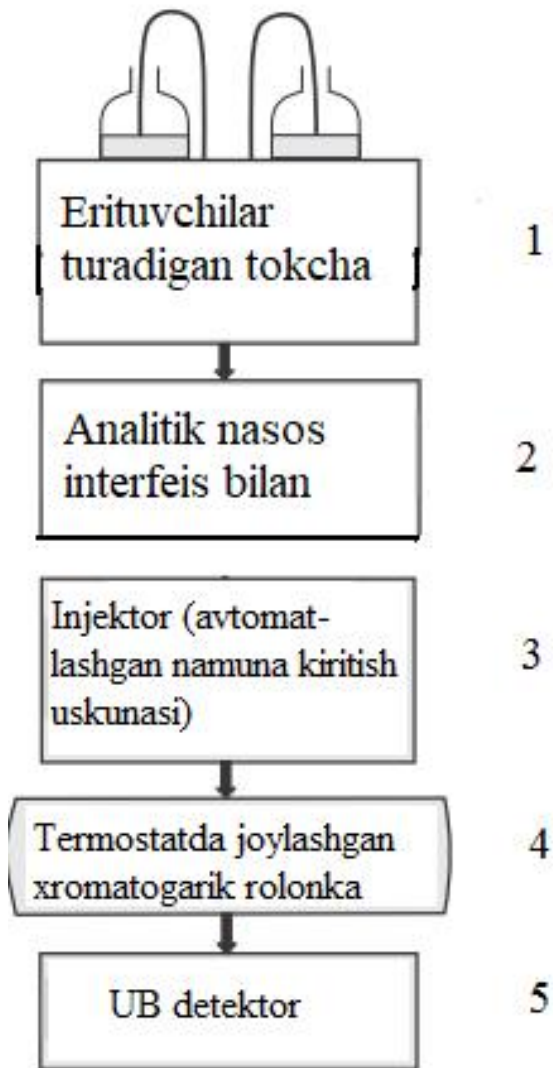
Bu ustunlarni zanglamas po'latdan yoki shishaning maxsus turlaridan tayyorlashadi. Hozirgi kunda qimmatbaho reaktivlarning xarajatlarini kamaytirish uchun ichki diametri 1 mm va uzunligi 30-75 mm bo'lgan mikroustunlardan foydalana boshlandi.

Bundan tashqari, YuSSXda detektorlarning eng zamonaviylashgan turlaridan foydalaniladi: spektrofotometrik, refraktometrik, fluorimetrik, konduktometrik, amperometrik va mass-spektrometrik.

So'nggi yillarda silikagelning mayda zarrachalari bilan to'ldirilgan kichik diametrli ustunlar paydo bo'lishi (4.22 rasm), erituvchi iste'moli va tahlil davomiyligi kamayishi va ajratish samaradorligining ortishiga olib keldi. Gradientli elyuvirlash usuli qo'llanila boshladi. Unga binoan, agar komponentni bitta elyuent uzoq va chala ajratsa, unga qo'shimcha ravishda yanada kuchliroq erituvchilarda elyuvirlash davom ettiriladi. Shuni ta'kidlash kerakki, YuSCX uchun ustunlar juda qimmat. Shuning uchun juda murakkab aralashmalarni oldindan ajratish yaxshiroqdir.

Agar yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasini (YuSSX) usulini tanlash kerakmi yoki gaz xromatografiyasini (GX) degan savol tug'ilganda 4.2 jadvalga qarash maqsadga muvofiq bo'ladi.

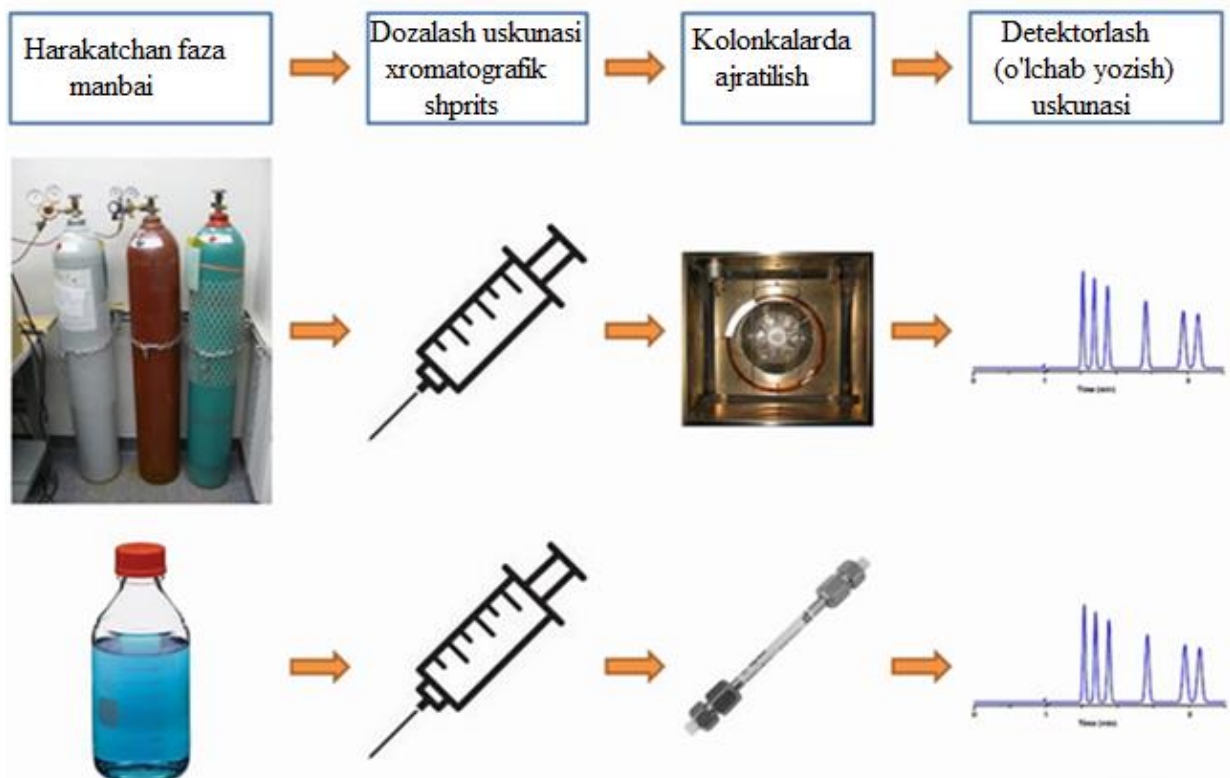
Shunday qilib, gaz-xromatografiyasi va suyuqlik-xromatografiyasi jarayonlarini ketma-ketligini sxematik tarzda quyidagicha tasvirlash mumkin (4.23 rasm).



4.21 rasm. YuSSX xromatografining sxematik tuzilishi. Unga kiritilgan modullar tahlil vazifasiga qarab tanlanadi, instrument moduliing vertikal joylashish joy iqtisod qilish maqsadida qilingan. Avtomatik injektor va termostat tahlilni uzluksiz ravishda davom ettirish imkonini beradi (Francis and Annick Rouessac, 2007).



4.22 Rasm. YuSSXda ishlatiladigan silikagelning mayda zarrachalari bilan to'ldirilgan kichik diametrli ustunlar va shprits.



4.23 rasm. Gaz-xromatografiyasi va suyuqlik-xromatografiyasi jarayonlarini ketma-ketligini sxematik tasviri.

4.2 Jadval. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX) yoki gaz xromatografiyasi (GX) usulini tanlash mezonlari

Tadqiq qilinayotgan komponentning fizik-kimyoviy xossalari	Tavsiya qilinadigan usul	
	YuSSX	GX
Komponentning uchuvchanligi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uchmaydigan komponent ➤ Harakatchan fazada eruvchan bo'lishi kerak. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Komponent uchuvchan bo'lishi ham mumkin. ➤ Odatda qutbli bo'lmagan eritmada eruvchan bo'lishi kerak.
Komponentning qutblilik holati	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Qutbli va qutbsiz bo'lgan komponentlar ajralishi. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Qutbli va qutbsiz bo'lgan komponentlar ajralishi.

Komponentning termal holati	➤ Komponentning tahlili xona harorati va undan past haroratlarda ham amalga oshirsa bo'ladi.	➤ Ushbu komponent xromatograf bug'lovchisida va ustunida yuqori haroratga barqaror bo'lishi kerak.
Komponentning molekulyar og'irligi	➤ Nazariy jihatdan chegaralanmagan.	➤ Odatda komponentning molekulyar og'irligi < 500 a.e.m (atom massa birligi) ni tash qiladi.
Namuna hajmi	➤ Tahlil qilinayotgan namunani hajmi ustunning fizik parametrlariga bog'liq (odatda 10-20 μ l)	➤ Taxliil qilinayotgan namunaning hajmi 1 – 5 μ l
Ajratilish mexanizmi	➤ Statsionar faza va harakatchan fazalar birgalikda ishtirok etadi.	➤ Harakatchan faza faqat namunani ustun bo'ylab harakatlanishini ta'minlovchi sifatida qatnashadi.

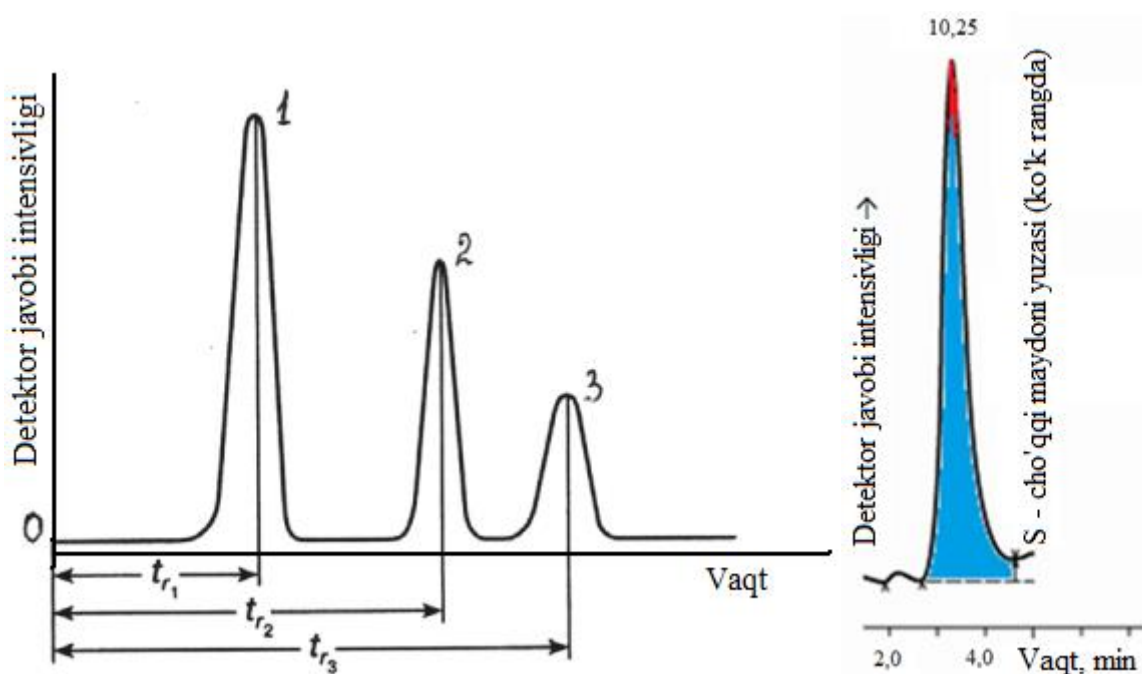
4.11 Xromatogramma, xromatografiyada sifatiy va miqdoriy tahlil

Deyarli barcha xromatografik usullarda har bir elyuvirlangan komponent uchun tahlil natijasi sifatidagi o'ziga xos grafik chizig'i – xromatogramma hosil bo'ladi. Unda har bir modda uchun o'ziga xos cho'qqi hosil bo'ladi (4.24 rasm). Xromatografik jarayon boshlanganidan to cho'qqining eng uchi hosil bo'lgunicha ketgan vaqt ushlanish vaqti (retention time) deb ataladi. Agar xromatografik jarayondagi fizik-kimyoviy sharoitlarni doimo qat'iy bir xil kattaliklarda o'zgartirmay ushlab tursak, ushlanish vaqti muayyan modda uchun xuddi uning zichligi, nur sindirishi, erish harorati va boshqalar kabi konstant bo'ladi.

Demak, xromatogramma asosida juda aniq sifatiy tahlil o'tkazish imkoniyati borligini ko'ryapmiz: noma'lum moddalar aralashmasining sifatiy tahlili ularning ushlanish vaqtlarini o'sha moddalarning etalon aralashmalarini tahlil qilinganda olingan ushlanish vaqtlari bilan solishtirish orqali. Ushlanish vaqtlari bir xil bo'lsa, odatda bu moddalar bir xil ekanligini ko'rsatadi.

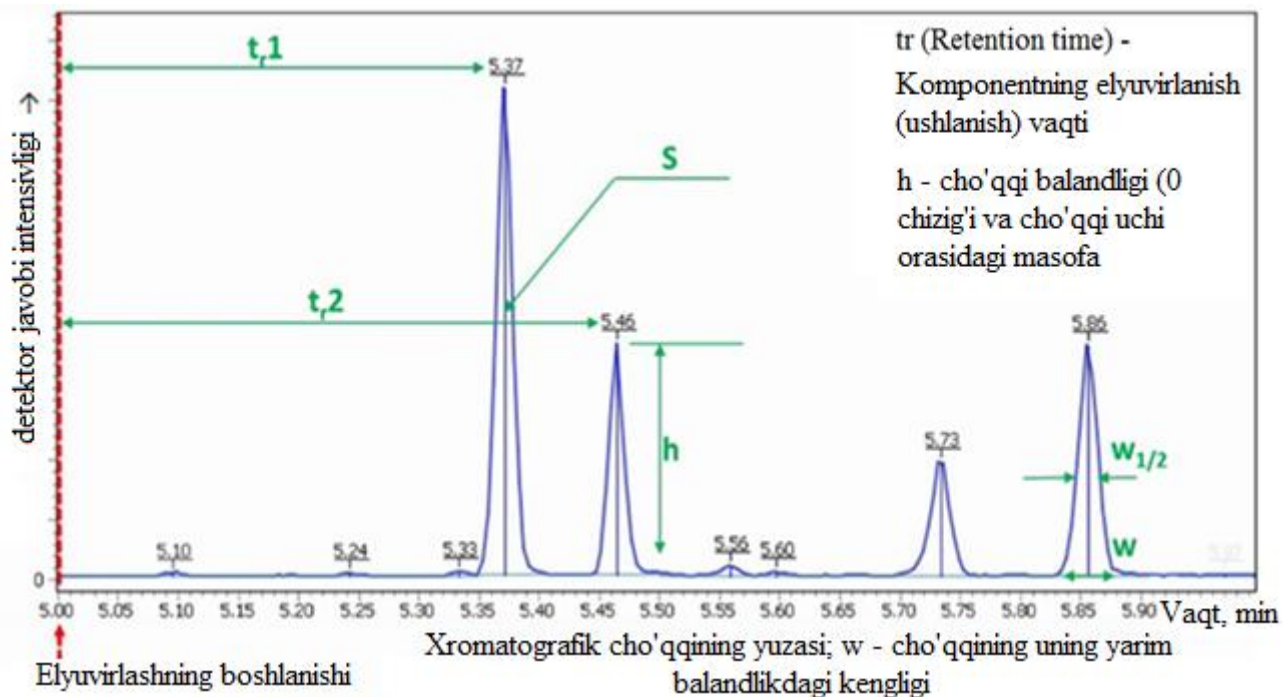
Endi tadqiq qilinayotgan aralashmadagi (eritmada yoki namunadagi) komponentlarning miqdoriy tahliliga kelsak, u har bir cho'qqining intensivligi (ya'ni balandligi va yuzasi kengligi) uning aralashmadagi konsentratsiyasiga proporsional degan taxminiy xulosaga asoslanadi. Odatda cho'qqining maydonini (S) topish uchun uning balandligini (h) cho'qqi balandligining choq o'rtasida o'lchangan kengligiga (w) ko'paytiriladi ($S=h \cdot w$). Bunday tahliliy hisob-kitoblar zamonaviy xromatograflarda to'liq kompyuterlashtirilgan holda statistika asosida amalga oshiriladi (4.25 rasm).

Boshqa instrumental usullarda bo'lganidek, xromatografiyada ham kalibrovkadan foydalanish zarur. Buning uchun bir qator usullar bor. Eng aniq va ishonchli kalibrovka metodi - bu absolyut kalibrovka usulidir. Bunda har bir komponent uchun tajriba yo'li bilan ushlanish vaqti, cho'qqi balandligi va yuzasining konsentratsiyaga bog'liqligi xromatogrammasi aniqlanadi, bu kalibrovka xromatogrammasi bo'lib xizmat qiladi. Keyin esa tadqiq qilinayotgan noma'lum tarkibli aralashmani (namunani) ham xuddi shu tartibda tahlil qilinadi va kalibrovka bilan solishtirgan holda aniqlanayotgan modda konsentratsiyasi topiladi. Bu usul ayniqsa mikroaralashmalarni tahlilida qo'l keladi. Shunisi yaxshiki, bunda aralashmadagi komponentlarni ajratishning keragi bo'lmay qoladi, faqat kerak bo'lgan moddani aniqlash bilan kifoyalanadi.



4.24 rasm. 3 komponentli aralashmaning (eritmaning) xromatogrammasi: 0 – namunani shprits orqali ustunga kiritish fursati, 1, 2, 3 – komponentlarning xromatografik cho'qqilari, t_{r1}, t_{r2}, t_{r3} – komponentlarning ustunda ushlanish

vaqti. O'ng tarafdagi cho'qqi maydoni yuzasi (S).



4.25 rasm. Xromatogrammaning asosiy sifatiiy va miqdoriy ko'rsatkichlari.

Nazorat Savollari

1. Adsorbtsion xromatografiyada statsionar faza qattiq bo'ladimi yoki suyuq?
2. Taqsimlanish xromatografiyasida statsionar faza suyuqlikmi yoki qattiq moddami?
3. Ustunli xromatografiya va yupqa qatlamli xromatografiya adsorbtsion xromatografiyaning turlari hisoblanadimi?
4. Qog'oz xromatografiyasi va gaz-suyuqlik xromatografiyasi taqsimlovchi xromatografiya navlari hisoblanadi.
5. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasida (YuSSX) xarakterlanuvchi faza suyuqlikdir, statsionar fazachi?
6. Adsorbtsion xromatografiyada statsionar faza qattiq bo'ladimi yoki suyuqmi?
7. Taqsimlanish xromatografiyasida statsionar faza suyuqlikmi yoki qattiq moddami?
8. Ustunli xromatografiya va yupqa qatlamli xromatografiya adsorbtsion xromatografiyaning turlari hisoblanadimi?
9. Qog'oz xromatografiyasi va gaz-suyuqlik xromatografiyasi taqsimlanish xromatografiyasi turlari hisoblanadi?
10. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasida (YuSSX) xarakterlanuvchi suyuqlik fazasi mikro-donador statsionar fazani o'z ichiga olgan ustun orqali o'tkaziladi, bu jarayon bosim ostida amalga oshiriladimi yoki oddiy gaz oqimi natijasidami?
11. Xromatografiya – qaysi 2 ta fazalar orasidagi moddalar aralashmasini fizik-kimyoviy usulda ajratishga asoslangan?
12. Eng ommaviy taqsimlanish xromatografiyasi usuli gaz va suyuqlik xromatografiyasini o'z ichiga oladi degan fikr to'g'rimi?

13. Xromatogrammada tadqiq qilinayotgan komponentning sifatini ko'rsatkichlarini qaysi asosiy xromatografik parametr ifodalaydi?
14. Xromatogrammada tadqiq qilinayotgan komponentning miqdoriy ko'rsatkichlarini qaysi asosiy xromatografik parametrlari ifodalaydi?
15. Gaz-xromatografiyasi va suyuqlik-xromatografiyasi jarayonlarini ketma-ketligini sanab bering.
16. Gaz xromatografiyasida ishlatiladigan asosiy detektorlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
17. Gaz xromatografiyasida ishlatiladigan katarometr detektori qaysi tamoyilga asoslanib ishlaydi.
18. Gaz xromatografiyasining qaysi turlari bor?
19. Qog'ozdagi xromatografiya qanday amalga oshiriladi?
20. Aralashmaning har bir komponenti ma'lum ushlanish koeffitsienti R_f bilan tavsiflanishi mumkin, u nima?
21. Yupqa qatlamli xromatografiyasining gazxromatografiyasidan farqi nimada?
22. Elyuvirlash, elyuent, elyuat va elyuvatsion vaqt tushunchalarini tushuntiring.
23. Elyuvirlanishning (yuvilishning) kinetik nazariyasi haqida qisqacha tushuntirish beringyu
24. Aralashma komponentlarining ikki faza orasida taqsimlanishi taqsimot koeffitsienti D qanday aniqlanadi?
25. Xromatografik kolonkalarining qaysi turlarini bilasiz?
26. Xromatografiya usullarini klassifikatsiyalab beringyu
27. Tahlil etilayotgan namuna tarkibiy qismlarining harakatchan va statsionar fazalarda taqsimlanishi qanday yuz beradi?
28. M.S.Tsvet tomonidan xromatografiya qachon va qanday kashf etilgan?

V BOB. TASHQI MUHIT HOLATINI ANIQLASHDA TAHLILNING PORTATIV (KO'CHMA) INSTRUMENTLARI

Ushbu bobni yozishda foydalanilgan adabiyotlar:

1. Зайцев, Н.К., et al. "Экспресс-метод определения кислорода в водных, неводных и газообразных средах." *Заводская лаборатория. Диагностика материалов* 83.9 (2017): 9-14.
2. Бородин В.Б. Особенности проведения о₂-измерений с помощью электродов Кларка. *Н76 Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использо: 49.*
3. Каримов Б.К., Камиллов Б.Г., Ким С., О.Алтан, и др. Оценка качества воды в разнотипных водоемах бассейна реки Чирчик в республике Узбекистан для развития аквакультуры. В сборнике статей: Сохранение и восстановление биологических ресурсов Каспийского моря (посвящается 100-летию Азербайджанского Научно-Исследовательского Института Рыбного Хозяйства). – Баку: "Элм", 2013. с.344-350. DOI: 10.13140/RG.2.1.4047.8806.
4. Муллабоев Н.Р. Гидроэкологическое состояние и рыбохозяйственный потенциал Арнасайской системы озер и Междуреченского водохранилища. Автореферат кандидатской дисс. по 03.00.16 – экология. (Руководитель Каримов Б.К.). Ташкент, ИЗ АН РУз, 2010. 22б.
5. Clark JR, Leland C., et al. "Continuous recording of blood oxygen tensions by polarography." *Journal of applied physiology* 6.3 (1953): 189-193.
6. Clark Jr, Leland C., and Eleanor W. Clark. "A personalized history of the Clark oxygen electrode." *International anesthesiology clinics* 25.3 (1987): 1-29.
7. Tornqvist, R., Jarsjo, J. and Karimov, B.: Health risks from large-scale water pollution: Trends in Central Asia. *Environment International*, 37(2), pp. 435-442, doi:10.1016/j.envint.2010.11.006, 2011.

5.1 Kirish, tahlilning portativ instrumentlariga ehtiyojning kelib chiqishi

Birinchi bobda ko'rsatilganidek, analitik kimyo sifat analizining eng sodda usullaridan tortib, superzamonaviy instrumental usullargacha uzoq yo'lni bosib o'tdi. Namuna olish, konservatsiyalash, tashish, saqlash, birlamchi tayyorlash (tozalash, ekstraksiyalash, kontsentrlash) kabi ko'p mehnat va vaqt talab qiladigan usullarga

tayanadigan an'anaviy analitik kimyo bizga tezkor natijalarga muxtoj ishlab chiqarish va atrof-muhit ehtiyojlariga tez javob berish imkonini bermadi.

Bugungi kunda, inson salomatligi uchun xavfsiz deb hisoblangan er osti manbalaridan olinadigan suv ham zararli elementlarni o'z ichiga olishi mumkin (Mullaboev, 2010, Tornqvist et al. 2011). Ichimlik suvidagi marganets, bariy, xrom, selen, margimush, radiy, uran va boshqa ko'plab zararli aralashmalar salomatlikka sezilarli zarar yetkazishi mumkin. Faqat suv sifati ekspress-tahliligina siz foydalanadigan suv xavfsiz ekanligi haqida tezkor ishonchli ma'lumot berishi mumkin. Zamonaviy ekspress suv analizatorlari - suv muhitida erigan temir va boshqa aralashmalar ulushini hisoblash va tozalashning optimal usulini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan murakkab qurilmalardir. Ichimlik suvi, suzish havzalari va akvariumlar uchun suv, hatto maysazorni sug'oradigan suv, yuvinish suvi, havoni namlantirish asboblarida ishlatiladigan suv - bugungi kunda ularning barchasida xavfli aralashmalar va patogen mikroflora bo'lishi mumkin. Kelajakdagi aholi yashash manzili uchun joy tanlashdan oldin ko'plab kompaniyalar - ishlab chiquvchilar o'z hududida suvni sifatini tezkor tahlil qilishadi, ammo bu ushbu portativ usullardan foydalanishning maxsus bir holatlaridan biridir xolos. Fitnes markazlari, suzish havzasi suv bilan ta'minlash, farmatsevtika, kimyo va oziq-ovqat sohaslarida ishlaydigan kompaniyalari doimiy foydalanish m aqsadida suv sifatini tahlil qilish uchun juda ham tez-tez zamonaviy ko'chma uskunalar sotib olmoqdalar.

Bugungi kunda tashqi muhit ob'ektlarning sifatini aniqlashning portativ instrumentlari ishlab chiqilishi tufayli tahlilni bevosita zarur bo'lgan joyda amalga oshirish mumkin. Bu imkoniyat portativ instrumentlari ishlab chiqilishi va foydalanilishi ko'lamini doimiy ravishda kengaytirib bormoqda. Shuningdek, u bir vaqtning o'zida analitik kimyoning hayot va sanoatning turli sohaslarida kundalik ishini engillashtiruvchi innovatsion yechimlarni joriy etishni talab qiladi. Sanoatning turli tarmoqlarida portativ instrumentlardan foydalanish ham tobora ommalashib bormoqda. Har bir sanoat korxonasi yakuniy mahsulot sifatini nazorat qilishni unutmagan holda mahsulot aylanmasini oshirishga, ishlab chiqarish rentabelligini o'stirishga intiladi.

Korxonani zamonaviy asbob-uskunalar bilan jihozlash, ayniqsa, ishlab chiqaruvchilar o'rtasida raqobatni oshirish sharoitida muhim ahamiyatga ega. Albatta, bu holda, birinchi navbatda, tahlilning tezligi, ishonchliligi va arzonligi birinchi o'rinda turadi, chunki ba'zida mahsulot namunalari maxsus laboratoriyalarga olib borish va an'anaviy tahlil usullari natijalarini kutish uchun vaqt yo'q. Bu holat ko'pincha go'sht va sut mahsulotlari, alkogolsiz ichimliklar, sabzavot, meva, poliz mahsulotlarini sotishda, oziq-ovqat mahsulotlarini havo transportida tashishda va hokazolarda sodir bo'ladi. Shuning uchun portativ instrumentlari

hozirda oziq-ovqat nazorati, pivo ishlab chiqarishdan tortib, veterinariya va bioenergetika sohasidagi tadqiqotlarga deyarli barcha tarmoqlarda faol qo'llanilmoqda. Bozorga chinakam yuqori sifatli va raqobatbardosh mahsulot olib chiqish uchun har bir ishlab chiqarish korxonasi o'z laboratoriyalarini zamonaviy laboratoriya va nazorat-tahlil uskunalari bilan jihozlashi lozim.

Suv, tuproq, havo, oziq-ovqat va boshqa muhitlarni tahlil qilish uchun portativ instrumentlar laboratoriyalarni yoki boshqacha aytganda "ekspress-tahlil qilish qurilmalarini" qo'llanishdan asosiy maqsad namunalarni kimyoviy tahlilini "joylarda" (dalada, suv havzasi bo'yida, sohada yoki ishlab chiqarishda) tezkor kimyoviy tahlil qilishdir. Deyarli barcha bunday instrumentlar avtonom elektr manba'iga (bataryalar va akkumulyatorlarga) ega bo'lishi kerak. Ularni bir vaqtning o'zida doimiy elektr manba'iga ulab ishlatish mumkin bo'lishi esa qimmat turadigan bataryalarni tejash imkoniyatini yaratadi. Bunday vositalarning asosiy sifat ko'rsatkichlari ularning aniqligi, natijalarning representativligi, o'lchamining kichikligi va engilligi, texnik xizmat ko'rsatish qulayligi va arzonligi hamda butlovchi va ehtiyot qismlarning mavjudligidir. Keyinchalik asl komponentlarini topa olmaydigan instrumentni sotib olishda hech qanday foyda yo'q.

5.2 Portativ tahlil instrumentlarining qisqacha rivojlanish tarixi

Portativ instrumentlarning rivojlanish tarixi doktor Leland Klark haqida gapirilmasa to'liq bo'lmaydi. Chunki undan butun dunyo minnatdor bo'lsa arziydi. Doktor Klark Amerikaning Fels shaxrida ishlagan, boshqalar bilan (jumladan YSI bilan ham) yaqindan hamkorlik qilgan tadqiqotchi edi (Clarc et al. 1953, 1987). Doktor Clark 1963 yilda Clark kislorod elektrodi deb nomlangan, suyuqliklarda erigan kislorod o'lchash imkonini beradigan elektrod ixtiro qildi (Zaytsev, 2017). Bu ixtiro instrumental tahlil usullarida inqilob bo'lib, ushbu ixtironing qo'llanish sohalari nafaqat ekologik, balki biologiya, meditsina va sanoatni ham o'z ichiga olgan.

Misol uchun, uning ushbu ixtirosi shifokorlarga ochiq yurak operatsiyasini va yurak ko'chirib o'tkazishni amalga oshirishga imkon berdi, chunki tarixda birinchi marta qondagi kislorodining bevosita o'lchovlarini operatsiya xonasida real vaqtda Klark elektrodini qo'llash orqali amalga oshirilishi mumkin bo'ldi. Doktor Klark glyukoza bioelektrodini ham ixtiro qildi, uning natijasida portativ texnologiya ishlab chiqilgan, hozirda bu usul diabet va boshqa kasalliklar bilan og'rikan millionlab odamlar tomonidan kundalik ishlatiladi.

1970da doktor Klark suvdagi glyukoza uchun fermentativ faollashtirilgan polyarografik o'lchov vositasini namoyish etdi va glyukoza glyukoza oksidaza fermenti ishtirokida butun qonda o'lchanishi mumkinligini ta'kidladi. Bundan foydalangan holda, YSI firmasi bir necha yil ichida o'zining polyarografik elektrod bilan jixozlangan innovatsion 23C glyukoza analizatori bilan modelini bozorga chiqara oldi.

O'sha paytda o'zida YSI firmasi temperatura va biomeditsina sohalari uchun nozik elektrodlar texnologiyalariga asoslangan bir qator qurilmalarni ishlab chiqdi. Firmaning ijrochi direktori, amerikalik olim Xardi Trollander portativ instrumentlarni ishlab chiqarish soxasiga samarali ishladi va ekologiya, biologiya, tibbiyot va boshqa fan sohalari, shuningdek, sanoatning evolyutsion rivojlanishiga katta hissa qo'shadi. 1983 yilda firma Sharqiy yarim sharda o'zining savdobo'limlarini ochdi va TIU savdosini yo'lga qo'ydi.

Shunday qilib, portativ ekologik sifat tahlil instrumentlarini ishlab chiqishda eng muhim tarixiy voqealar quyidagilardan iborat bo'ldi: 1963-yilda dala va laboratoriya ishlari uchun dunyoda birinchi Klark portativ amaliy erigan kislorod o'lchagich joriy etildi; 1993-yilda birinchi marta eritmani aralashtirish zarur bo'lmagan mikroelektrod - mustaqil erigan kislorod selektiv elektrodi joriy etildi. Bundan tashqari, ko'plab ishlab chiqaruvchilar turli sanoat va ilm-fan soxalari uchun portativ vositalar, xususan, yuqorida aytib o'tilgan HACH va OLYMPUS Innov-X (AQSh) firmalari ham TIU instrumentlarini rivojlantirish ishiga qo'shildi. Natijada metallurgiya, geologiya, metall chiqindilarini qayta ishlash va saralash kabilarni qamrab olish tufayli instrumentlarning xilma-xilligi sezilarli darajada kengaydi. Agar hozirgacha bo'lgan suv ekologiya sohasida portativ TIU yanada rivojlantirish haqida gapirish kerak bo'lsa, YSI firmasi o'zining mashhur multiparameter instrumenti " ProPlus" (Proplus) flagman modelini taqdim etdi (5.6 rasm). Yaqinda bu kompaniya innovativ optik elektrod qo'llaydigan, aqlli sensorlar texnologiyasi bilan jihozlangan portativ multiparametrli instrument - ProDSS (Digital Sampling System, ya'ni raqamli namuna tizimi) sotishni boshladi.

5.3 Ekologik tadqiqotlarda portativ instrumentlardan foydalanish

Ekologik tadqiqotlarda portativ instrumentlardan dala sharoitida foydalanish juda muhim, ular mutaxassislariga kimyoviy tahlil natijalarini joyidayoq bilib olish imkoniyatini beradi. Bu esa yig'ilgan namuna temperaturasining o'zgarishi, aeratsiyasi, konservatsiyalash, ifloslanish va boshqa

namunalarni laboratoriyagacha yetkazib berish jarayonida sodir bo'ladigan qo'shimcha nojo'ya o'zgarishlar natijasida noaniqliklar yuz berishini oldini olish imkonini beradi. Portativ instrumentlardan foydalanish dala tajriba-sinovlarida ham samara beradi, chunki tahlil natijalari bitta mutaxassis tomonidan tezkor to'planadi, pirovardida olingan natijalarning reprezentativligi ortadi. Natijalar qo'lda daftarga qayd etilishi yoki instrument elektron ma'lumotlar jurnalida saqlanishi va keyinchalik yuklab olinishi mumkin. Har holda, mobil imkoniyatlarga ega bo'lish ko'plab sinov turlari uchun yaxshiroq, tezroq va arzonroqdir.



5.1-rasm Elektronika va batareya bilan jihozlangan OLYMPUS Innov-X (AQSh) "Delta" kimyoviy tarkib portativ rentgen fluorestsensiya analizatori, og'irligi 1.5 kg. Kimyoviy tarkibni 2 soniyada aniqlashi, yuqori aniqlik, past aniqlash chegarasi (0.0001% gacha), universalligi va soddaligi bilan ajralib turadi. Turli xil asbob modellari aniqlanishi mumkin bo'lgan elementlar ko'lamini magniy (Mg) dan plutoniy (Pu) gacha kengaytiradi. Har qanday rejim 25 tagacha bir vaqtda aniqlangan elementlarni o'z



Tuproq tahlili va ekologik monitoring

ichiga oladi.

G'arb mamlakatlarida, AQShda, shuningdek, Yaponiyada va boshqa rivojlangan davlatlarda ko'pdan beri ekologik monitoring portativ instrumentlarning, xususan rentgen fluorestsensiyali spektrometr analizatorlarining va ionsektiv elektrodli instrumentlarning asosiy qo'llanish soxalaridan biridir (5.1 rasm). Ular turli tabiiy ob'ektlar (tuproqlar, suv havzalari) ekologik monitoringi, tuproqlar va changning ko'p elementli tahlili, plyonkalar, bo'yoqlar, qoplamalar, moylar va suyuqliklar hamda zararli chiqindilarni tasniflash uchun mukammaldir. Ekspress analizator katta maydonlarni tezda tekshirish va ifloslanishning REK dan yaqqol ortiqchaligi bilan tavsiflanadigan zonasining chegaralarini aniqlash imkonini beradi. Analiz tuproq va boshqa ob'ektlar yuzasida bajariladi.

Portativ rentgen fluorestsensiya analizatorlari yordamida hal qilinadigan asosiy vazifalar:

* Tuproqlarda og'ir metallar borligini aniqlash: jumladan yuqori zaharli metallar: Ag, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Pb, Se; - boshqa asosiy ifloslantiruvchi metallar: Be, Cu, Ni, Sb, Se, Tl, Sn, Zn;

- radioaktiv elementlar: U, Pu.
- Qurilish maydonchalarining xavfsizligini baholash;
- Zaharli chiqindilar skriningi (ko'zdan kechirish);
- Sanoat gigiyenasi;
- Xalq iste'moli mollarining bojxona nazorati.

Portativ rentgen fluorestsensiya analizatorlari yordamida hududlarning xavfsizligi va ifloslanish darajasini baholaydilar, xaritalar tuzadilar va zaharli va toksik bo'lmagan chiqindilar, chiqindixonalar va boshqa qayta ishlash inshootlari, oqova suvlar va neft mahsulotlari bilan ifloslangan hududlarni kuzatadilar. Sanoat gigiyenasi vazifalariga muvofiq tog'-kon sanoatida, qurilishda, payvandlashda va ishlab chiqarishda havo muhiti orqali tarqaladigan metallarni nazorat qilish, amalga oshiriladi. Xalq iste'moli mollarini sifat nazoratida: bo'yoqdagi qo'rg'oshin aniqlanadi, shimdirilgan yog'ochdagi metallar miqdori (Cu, Cr, As), ichki bezak uchun devor panellari nosozligi (Sr indikatsiya), PVX sifati (Cl indikatsiya), oziq-ovqat mahsulotlaridagi pestitsidlar (Pb va As) tekshiriladi.

Har qanday rentgen fluorestsensiyasi (RF) spektrometrining (analizatorining) ishlashi rentgen nurlanishi va RF spektrometriyasi tamoyillariga asoslangan. RF spektrometriyasi, xususan, moddalardagi elementlarni aniqlash va

ularning miqdoriy analizida foydalaniladi. Bu usul quyidagicha ishlaydi.

Rentgen fluorestsensiya spektrometr tizimlari mexanik jihatdan juda oddiy – ular deyarli harakatlanuvchi qismlarga ega emas. RF tizimi odatda uchta asosiy komponentdan iborat: qo'zg'alish (nurlanish) manba'i (rentgen trubkasi), detektor va ma'lumotlarni olish va qayta ishlash birligi. Rentgen trubkasi namunaga uriluvchi rentgen nurlarini chiqaradi va bu nur namunadagi elementlarning atomlariga urilganda javob rentgen nurlarini (xarakteristikasini) ishlab chiqaradi. Har bir element faqat o'ziga xos rentgen nurlarini chiqaradi. Bu hodisa fluorestsensiya (5.2 rasm) deb ataladi. Tadqiq etilayotgan elementlar miqdori bu qaytgan nurlar sonini sanash bilan aniqlanadi. Javob rentgen nurlari detektor tomonidan qo'lga olinadi va spektr sifatida qayta ishlanadi. Dastur olingan spektr asosida elementlarning konsentratsiyasini kimyoviy tarkibi bo'yicha hisoblaydi. RF spektrometriyasida miqdoriy tahlil odatda empirik usullar yoki fundamental parametrlar yordamida amalga oshiriladi (www.instruments.zp.ua).

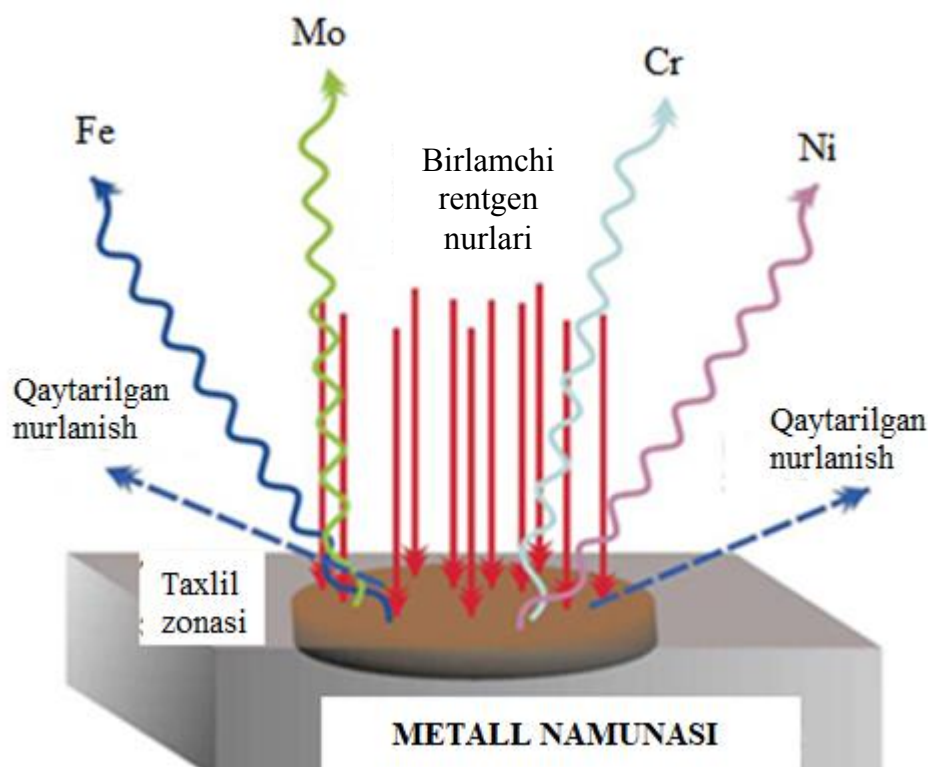
Asosiy parametrlar usuli: asosiy dastur asosida tuzilgan "standartsiz" tahlil usuli. Sinov namunasidagi har qanday elementlar to'plamining konsentratsiyasini hisoblash imkonini beradi. Foydalanuvchi instrumentni aniqlanayotgan elementlarni ma'lum bir standartlar va namunalar ishlatib spektrometrni sozlashi (kalibratsiya) kerak emas. Fundamental parametrlar usuli spektrometr uchun har bir muayyan modda turini tavsiflovchi rentgen nurlanishning o'zaro nazariy modellaridan foydalanadi. Bunda kerakli hisob-kitoblar instrumentning o'zi tomonidan hisoblab displeyda ko'rsatiladi.

Empirik kalibrlash: zarur bo'lsa, foydalanuvchi muayyan vazifalar uchun "kalibrlash yoyegri chizig'ini" qurishi mumkin. U kalibrlash xarakteristikalarini qurishga asoslangan (elementlarning lyuminessent nurlanish chiziqlari intensivligining moddadagi bu elementlarning konsentratsiyasiga empirik bog'liqliklari). Bu bog'liqliklar tarkibi nazoratchi qiziqayotgan moddaga o'xshash namunalaridagi kerakli elementlarning ma'lum konsentratsiyalari bilan solishtirish orqali olinadi. Ushbu usul tahlilning yuqori aniqligiga erishish imkonini beradi, ammo standart (etalon) namunalarni talab qiladi.

Ekologiya maqsadlarida va boshqa sohalarda dala tadqiqotlarida RF portativ usullardan qo'llanish misollari suv sifati monitoringini, suv ta'minoti manba'i sinovi, akvakulturada suv sifati nazorat qilish, suv tozalash qurilmalari va suv tarqatish tizimlari da suv sifati, shuningdek, suv tozalash tizimlari va suv isitish qozonlari nazorati va boshqalarni o'z ichiga olishi mumkin. Ushbu portativ usul tashkilotlarga suv sifati yaxshilash va ma'lumotlar yig'ish aniqligi va

tezligini maksimallashtirish imkonini yaratadi.

Suv monitoringida mobil (harakatchan) laboratoriya yondoshuvini tanlash vazifaning oson qismidir. Uni to'g'ri ishlashini ta'minlash ancha qiyinroq, chunki bu yondoshuv foydalanishi mumkin bo'lgan to'g'ri uskunani tanlashni talab qiladi. Birinchi qadam sifatida suv tizimi mutaxassisleri qaysi moddalarni tahlil qilishni belgilab olishlari kerak.



5.2 rasm. Rentgenofluorestsent spektrometrlarning ishlash sxemasi.

Dala sharoitida ishlatiladigan portativ suv tahlil instrumentlari tanlash uchun ko'p imkoniyatlar bor, lekin buning uchun asosiy kompleks (majmua) quyidagilarni o'z ichiga olishi kerak:

- namunalarni kontsentratsiyasini spektroskopiya usulida o'lchash uchun kolorimetrlar.
- namunaning shaffofligini va loyqalik darajasini o'lchagichlar.
- ichimlik suvi pH ko'rsatkichini o'lchash uchun pH metr (er usti / er osti va oqova suvlar sifati normativ talablariga rioya qilinishini ta'minlash uchun).
- Suv ifloslanishi nazorati va monitoringining ajralmas qismi sifatidagi suvda erigan kislorod miqdorini aniqlash uchun kislorodmetr.
- Eritmadagi ionlarning umumiy miqdorini tez va oson aniqlash uchun konduktometrlar (elektr o'tkazuvchanlik o'lchagichlari).

- Kerakli kimyoviy reaktivlar to'plami.

Dala sharoitida ishlash uchun mos keladigan portativ instrumentlarni tanlash hali butun jarayon emas. Hech kim 20 kg vaznli instrumentni o'rmon o'rtasiga olib borishni va uni daryoga tushirishga harakat qilishni istamaydi. Portativ qurilma tashish uchun yetarli darajada engil, transport paytida silkinishlarga bardosh beradigan, puxta va suvga chidamli bo'lishi kerak, shunda u suvga botirilgandan ham to'g'ri ishlashi mumkin. Qurilma butunlay changga chidamli bo'lishi, shuningdek, bir metrgacha chuqurlikda suvga botish ta'siriga bardosh bera olishi kerak.

Yana bir asosiy element o'lchash natijalari hisoboti hisoblanadi. Dalada to'plangan ma'lumotlar daftarda qayd qilinishi va laboratoriyaga yetkazilishi mumkin. Lekin so'nggi yillarda texnologik yutuqlar tufayli, endi o'lchovlar natijalarini dalada yoki boshqa joyda instrumentning elektron ma'lumotlar bazasida katta miqdorda saqlash va laboratoriyaga qaytib kelganda tahlil qilish uchun PC komp'yuterga yuklab olinishi mumkin. Bu laboratoriyadan tashqarida olingan ma'lumotlardagi muhim cheklanishlardan birini yo'q qiladi, chunki dala sinov natijalarini taqqoslash va hisobot berish tezlashtirilishi mumkin. YSI Professional Plus (Pro Plus) instrumenti 5000 dan ortiq o'lchov natijalarini yozib olish moslamasi va kompyuterga o'tkazish uchun USB portiga ham ega.

Dala tadqiqot va sinovlarni o'tkazish uchun universal yondoshuv yo'q. Lekin to'g'ri tanlangan asbob-uskunalar ega bo'lish ofisdan tashqarida ham o'lchovlarni, ma'lumotlar yig'ishni, tahlil va hisobotni xuddi statsionar laboratoriyada bo'lgani kabi oson amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Suv tizimlari juda yuqori antropogen bosimga uchrayotgan hozirgi davrda eng optimal natijalarga erishish uchun eng qulay portativ sinov uskunalari to'liq majmuini tanlash lozim bo'ladi.

Masalan, ichimlik va tabiiy suvni barcha asosiy parametrlarini to'liq tahlil qilish instrumentlarini o'z ichiga olgan, HACH firmasida ishlab chiqarilgan portativ laboratoriya dala sharoitida to'liq fizik-kimyoviy tahlil qilish imkoniyatini ta'minlaydi (5.3 rasm). Laboratoriya to'plami quyidagilarni o'z ichiga oladi: DR 900 kolorimetri, HQ40d multimetri, PHC 201 pH elektrodi (1 metr kabeli bilan) va CDC401 elektr o'tkazuvchanlik elektrodi (1 metr kabeli bilan), shuningdek raqamli titrlash uskunasi, kimyoviy test-reagentlar to'plamlari (test-reagentlar foydalanuvchilar talablariga javoban alohida tanlanadi), instrumentlar, tasviriy qo'llanma, foydalanish uchun ko'rsatmalar (CD-ROM da) va mustahkam chamadon.

Ichimlik suvini to'liq tahlil qilish uchun HACH laboratoriyasining afzalliklari:

- Natijalar joyida (dalada) olinadi, foydalanish oson, mustahkam, portativ.
- Barcha reagentlar va uskunalar mustahkam chamadon yordamida atrof-muhit ta'siridan ximoyalangan, bu esa ayniqsa O'zbekiston sharoitida juda muhim.
- Tadqiqotimizni istalgan joyda o'tkazishimiz mumkin: dalada ham, laboratoriyada ham.
- Real vaqtdagi yechimlar va ishonchli natija.



5.3-rasm. HACH firmasi ishlab chiqaradigan, tabiiy va ichimlik suvlarini 80 dan ortiq elementlarni fizik-kimyoviy tahlil qilishga xizmat qiladigan CEL portativ laboratoriyasi.

HACH DR/890 Kolorimetri bilan ishlash. DR/890 Kolorimetri xozirgi kun fan taraqqiyotining yangi va zamonaviy maxsulidir. Qurilmaning ishlash uslubi nixoyatda sodda bo'lib u foydalanuvchidan ko'p vaqt va kuch talab qilmaydi. U spektroskopiya (ranglar farqiga) usuliga ko'ra namuna tarkibidagi moddalar miqdorini aniqlashga moslashgan bo'lib undan qo'lida qurilma qo'llanmasi va kerakli test-reagentlar bo'lgan har qanday foydalanuvchi foydalana oladi. Quyida qurilma Jizzax «Sadi Ibn Abu Vakkos» Ziyoratgoxi hovuzidagi baliqlar yoppasiga o'limi sababini tekshirishda qo'llanilishi ko'rsatilgan (5.4 rasm).

Oldingi 2-bobda biz yana bitta portativ instrument - Cond 330i rusumli konduktometrning tabiiy va oqova suvlar va eritmalarning elektr o'tkazuvchanligini, temperaturasini, muallaq moddalar va sho'rlik darajasini aniqlashda ishlatilishi haqida gapirib o'tgandik.



5.4 rasm. Jizzax «Sadi Ibn Abu Vakkos» Ziyoratgoxi hovuzidagi baliqlar yoppasiga qirilib ketishi sababini tekshirishda DR/890 Kolorimetri bilan ishlash.

5.1-jadval. AQShning YSI Environmental kompaniyasidan suv sifatining monoparametrik va multiparametrik portativ instrumentlari.

Monoparametrik	Multiparametrik	Izoh
<p>YSI Pro20 suvda erigan kislorod gazi o'lchagichi. Ion-selektiv kislorod elektrodidan foydalanib, bir necha sekund ichida o'lchaydi.</p>	<p>YSI Pro1030 pH ko'rsatkichini oksidlanish-qaytarilish potentsialini (OQP), elektr o'tkazuvchanlikni, mineralizatsiyani va temperaturani o'lchaydi.</p>	<p>Elektrodlar o'rnatilgan zondan foydalaniladi.</p>
<p>YSI Pro2030 suvda erigan kislorod gazi o'lchagichi. Ion-selektiv kislorod elektrodidan foydalanib, bir necha sekund ichida o'lchaydi. Sho'rlik o'zgarishi uchun avtomatik tarzda korrektura kiritadi.</p>	<p>YSI Professional Plus (Pro Plus) pH, harorat, elektr o'tkazuvchanlik, maxsus elektr o'tkazuvchanlik, loyqalik, muallaq qattiq moddalar, erigan kislorod (optik elektrod yordamida), ammoniy, xloridlar, nitratlarni o'lchaydi.</p>	<p>O'lchanadigan ingredientlarning soni mavjud elektrodlarga va zond turiga bo'liq</p>

<p>YSI Pro30 Elektr o'tkazuvchanlikni va sho'rlikni (mineralizatsiyani) o'lchaydi.</p>	<p>ProDSS – (digital sampling system - raqamli namuna olish va aniqlash tizimi) eng so'nggi modellaridan biri, pH, harorat, elektr o'tkazuvchanlik, maxsus elektr o'tkazuvchanlik, loyqalik, muallaq qattiq moddalar, erigan kislorod (optik elektrod yordamida), ammoniy, xloridlar, nitratlar, bosim, suv o'tlari, va hokazo.</p>	<p>Zond uchun 100 m uzunlikkacha kabellar bilan jixozlanadi.</p>
---	--	--

Dunyoda atrof-muhit sifatini o'lchash uchun portativ vositalarning bir nechta taniqli ishlab chiqaruvchilari mavjud: suv, tuproq va havo va boshqalar. YSI Environmental firmasi (AQSh) - suv ekotizimlari uchun bunday vositalar sohasida eng taniqli kompaniya. Ushbu kompaniya suv va oqova suv sifatini tezkor aniqlash uchun portativ vositalar ishlab chiqarishda peshqadamlik qilmoqda. Bu firma tomonidan ishlab chiqarilgan portativ instrumentlar monoparametrik va multiparametrikarga bo'linadi (5.1 jadval). Birinchi guruh asboblari faqat bitta sifat ko'rsatkichini, masalan, suvda erigan kislorod miqdorini o'lchaydi. Ikkinchi guruh asboblari bir vaqtning o'zida bir necha ingredientlarni o'lchashga mo'ljallangan (5.5 rasm).



5.5 rasm. YSI Professional Plus (Pro Plus) dala multiparametr instrumenti. Dala multiparametr asbobi bizga ma'lumotlarni joyning o'zida bir necha ifloslantiruvchilar bo'yicha to'liq va tez olishimizga imkoniyat beradi. Qurilma xarishga tushirilganda va elektrodlar yangilanganda yoki almashtirilganda kalibrovka



qilinadi. Zondda elektrodning (pH, kislorod, temperatura, elektr o'tkazuvchanlik) joylashishi



5.6 rasm. TIQXMMI magistranti Chirchiq daryosi suvining sifatini YSI Professional Plus instrumenti bilan aniqlayapti.

Yaxshisi ikkovlashib ishlash kerak, kimdir o'lchab, kimdir esa yozib turadi. Ammo instrumentning ichki elektron bazasiga kiritilib turilsa, bitta odam ham kifoya qiladi.

Tahlilning instrumental usullari haqida rus va o'zbek ilmiy adabiyotida hozirgacha maxsus nashr yo'q. Shuning uchun boshqa kerakli ma'lumotlarni hozircha turli adabiyotlardan va internet saxifalaridan topish mumkin.

Nazorat savollari:

1. TIUning portativ instrumental usullari kelib chiqishiga sabab nima?
2. TIUning portativ instrument usullarining boshqa usullardan farqi nimada?
3. Portativ instrumentlarning fanda, atrof-muhit muxofazasida va ishlab-chiqarishning qaysi boshqa sohalarida ishlatiladi.
4. Rentgenofluorestsent spektrometr-analizatorlar qanday ishlaydi?
5. TIUning portativ instrumentlari yordamida qaysi tabiiy va ifloslantiruvchi moddalarni aniqlash mumkin?
6. TIUning portativ instrument usullari ekologik monitoringda qanday ishlatilishini tushuntiring?
7. TIUning portativ instrument usullarida bazaviy instrumentlar majmuasi nimalarni o'z ichiga olishi kerak?
8. Monoparametrli va multiparametrli portativ instrumentlarga misollar keltiring.
9. Klarkning kislorod elektrodi qachon ixtiro etilgan?

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Ахророва П.О. чирчиқ дарёси сув сифатининг ўзгариш динамикасини кондуктометрия методиди баҳолаш (сувнинг электр ўтказувчанлиги, минерализацияси ва хлорид ионлари концентрацияси мисолида). Магистрлик диссертацияси автореферати, (рахбар: Каримов Б.К.) Тошкент – 2019, 119 б.
2. Бородин В.Б. Особенности проведения O₂-измерений с помощью электродов Кларка. Н76 Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: 49.
3. Васильев В.П. Аналитик Кимё. (икки қисмли). Гравиметрик ва титриметрик анализ усуллари. Мухаррир – М. Одилова. Олий ўқув юртларининг кимё-технология мутахассислиги талабалари учун дарслик. «ЎЗБЕКИСТОН» нашриёти, 1999 й. 368 б. [www.ziyouz.com kutubxonasi](http://www.ziyouz.com/kutubxonasi).
4. Винарский В.А. Хроматография [Электронный ресурс]: Курс лекций в двух частях: Часть 1. Газовая хроматография. — Электрон. текст. дан. (4,1 Мб). — Мн.: Научно-методический центр “Электронная книга БГУ”, 2003. — Режим доступа: [http://anubis.bsu.by/publications/elresources/ Chemistry/vinarski.pdf](http://anubis.bsu.by/publications/elresources/Chemistry/vinarski.pdf).
5. Гиндуллина Т.М. Хроматографические методы анализа: учебно-методическое пособие /Т.М. Гиндуллина, Н.М. Дубова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.
6. Зайцев, Н.К., et al. "Экспресс-метод определения кислорода в водных, неводных и газообразных средах." *Заводская лаборатория. Диагностика материалов* 83.9 (2017): 9-14.
7. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии: Учебное пособие / Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172 с.
8. Каримов Б.К., Разақов Р.М. Гидрохимическая характеристика водоемов коллекторно-дренажных систем среднего течения р. Сырдарьи. Сборник научных трудов НПО САНИИРИ, 1989, с. 49-58.
9. Каримов Б.К., Камилов Б.Г., Ким С. и др. Оценка качества воды в разнотипных водоемах бассейна реки Чирчиқ в республике Узбекистан для развития аквакультуры. В сборнике статей: Сохранение и восстановление биологических ресурсов Каспийского

- моря (посвящается 100-летию Азербайджанского Научно-Исследовательского Института Рыбного Хозяйства). – Баку: "Элм", 2013. с.344-350. DOI: 10.13140/RG.2.1.4047.8806.
10. Кочеров В.И., И.С. Алямовская, Н.Е. Дариенко, С.Ю. Сараева, Т.С. Свалова, А.И. Матерн. Инструментальные методы анализа: лаборатор. практикум: [учеб.-метод. пособие]. Под общ. ред. С. Ю. Сараевой; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал, федер. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. - 96 с.
 11. Лебедева М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учеб. пособие/Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 216 с.
 12. Муллабоев Н.Р. Гидроэкологическое состояние и рыбохозяйственный потенциал Арнасайской системы озер и Междуреченского водохранилища. Автореферат кандидатской дисс. по 03.00.16 – экология. (Руководитель Каримов Б.К.). Ташкент, ИЗ АН РУз, 2010. 22б.
 13. Нечипоренко А.П. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Электрохимические методы. Потенциометрия и кондуктометрия: Учеб.-метод. пособие / Под ред. В.В. Кириллова. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 34 с.
 14. Платонов И.А., Е.А. Новикова, Е.Н. Тупикова, И.Ю. Рощупкина. Инструментальные методы анализа веществ и материалов: метод. указания / сост. – Самара: СГАУ, 2015. – 36 с.
 15. Стунжас П.А. О расчете электропроводности воды Аральского моря и коррекции “зондовой” солености 2002–2009 гг. Океанология, 2016, 56 (6), 861-868.
 16. Расулов К., Йўлдошев О., Қорабўлаев Б. Умумий ва аорганик кимё. Тошкент, Кимё, 1996, 218 б.
 17. Тищенко П. Я., П. А. Стунжас, Г. Ю. Павлова, Т. А. Михайлик, П. Ю. Семкин, Р. В. Чичкин. Алгоритм расчета минерализации речных и солености эстуарных вод из данных электропроводности. Океанология, 2019, 59(4), 591-599.
 18. Эргашев А., Руденко И., Давлетов С. ва бошк. Баркарор тараккиёт ва табиатшунослик асослари. Тошкент, Vaktria press, 2016, 296 б.
 19. Шоэргашева Ш.Ш. Изучение загрязнения воды реки Чирчик азотными соединениями антропогенного происхождения.

Магистерская диссертацияю Руководитель Каримов Б. Ташкент,
ТИИИМСХб 2019.

20. Clark JR, Leland C., et al. "Continuous recording of blood oxygen tensions by polarography." *Journal of applied physiology* 6.3 (1953): 189-193.
21. Clark Jr, Leland C., and Eleanor W. Clark. "A personalized history of the Clark oxygen electrode." *International anesthesiology clinics* 25.3 (1987): 1-29.
22. Francis Rouessac and Annick Rouessac. *Chemical Analysis - Modern Instrumentation Methods and Techniques*. Second Edition. John Wiley&Sons, Ltd, 2007, 599.
23. Karimov B.K., M. Matthies, V. Talskikh, M.A. Plotsen and E.B. Karimov. Salinization of River Waters and Suitability of Electric Conductivity Value for Saving Freshwater from Salts in Aral Sea Basin. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, Vol. 16, No. 3 (2019), pp. 109-114. DOI 10.3233/AJW190039.
24. Karimov B.K., M. Matthies and B.G. Kamilov. Unconventional water resources of agricultural origin and their re-utilization potential for development of desert land aquaculture in the Aral Sea basin. In.: Bhaduri, Bogardi, Leentvaar, Marx (Eds.) 2014: *The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance*, Springer International Publishing Switzerland Pp. 183-201.
25. Mettler-Toledo. Basics of titration. (51725228A_V02.17 Basics of Titration _Complete_ en). Accessed in 17.07.2020, 45p.
26. Tornqvist R., Jarsjo J. and Karimov B. Health risks from large-scale water pollution: Trends in Central Asia. *Environment International*, 37(2), pp. 435-442, doi:10.1016/j.envint.2010.11.006, 2011.

ILOVALAR

Ilova 1. Ba'zi muhim kimyoviy elementlarning nisbiy atom massalari

Element	Massa	Element	Massa
Ag	107.868	F	18.9984
Al	29.9815	Fe	55.845
As	74.922	Ga	69.723
Au	196.967	Ge	72.61
B	10.811	H	1.00794
Ba	137.33	Hg	200.59
Be	9.0122	I	126.904
Bi	208.980	In	114.82
Br	79.904	Ir	192.22
C	12.011	K	39.0983
Ca	40.078	La	138.906
Cd	112.411	Li	6.941
Ce	140.115	Mg	24.305
Cl	35.453	Mn	54.938
Co	58.933	Mo	95.94
Cr	51.996	N	14.0067
Cu	63.546	Na	22.9898
Nb	92.906	Se	78.96
Ni	58.693	Si	28.086
O	15.9994	Sn	118.71
P	30.9738	Sr	87.62
Pb	207.2	Ta	180.948
Pd	106.42	Te	127.60
Pt	195.078	Th	232.038
Ra	226.025	Ti	47.87
Rb	85.468	Tl	204.383
Re	186.207	U	238.028
Rh	102.905	V	50.942
Ru	101.07	W	183.84
S	32.066	Y	88.906
Sb	121.76	Zn	65.39
Sc	44.956	Zr	91.224

Ilova 2. Gaz xromatografiyasida keng qo'llaniladigan ba'zi suyuqlik statsionar fazalarning tasnifi

Qutblilik, %	Nomi	MIT*	Qo'llanilishi
Qutbli 0-20	Skvalan (S ₃₀)	120	Aromatik, qutbsiz alifatik, qutbli va qutbsiz aralashmalardagi birikmalarni ajratish uchun
	Apiezion (S ₆₂)	300	
	Apolan (S ₈₇)	260	
	ПМС (Rossiya)	200	
	SE-30 (AQSh)	350	
	OV-101 (AQSh)	300	
	E-301 (Angliya))	250	
Kam qutbli 20-40	Tereftal kislotasi (ftalat) efirlari	100-180	Kuchsiz qutbli kislородli va aromatik birikmalarni ajratish uchun
	Polipropilenglikol (PPG)	100-200	
	ПФМС-4 (Rossiya)	280	
	XE-61	300	
	DC-550 (AQSh) OV-17 (AQSh)	225 300	
O'rtacha qutbli 40-60	CN-guruxi birlashtirilgan kremniy-organic suyuqliklar HCKT, XE-1150, OV-225 (AQSh)	250 gacha	Ko'p aromatik xalqali uglevodorodlarni ajratish uchun
Qutbli 60-80	Polietilenglikol ПЭГ-20М (Rossiya)	225	Kislородli birikmalarni ajratish uchun
	Karbovaks-20M	250	
	Polietilenglikol adipinat (PEGA) Reopleks-400	200 200	
Kuchli qutbli 80-100	1,2,3-Tris-(β-tsianetoksi) propan	180	Kuchli polyar birikmalarni ajratish uchun
	Mannit geksatsianetil efiri (6S)	200	

MIT – bu statsionar fazani (SF) ishlatish mumkin bo'lgan shunday maksimum ishchi temperaturasiki, undan yuqori temperaturada SF ishdan chiqadi.

GLOSSARIY

Kimyoviy tahlil – bu tabiiy muhit tarkibiy qismlarining (havo, suv, tuproq, tiriklik, o'lik organik modda) va inson tomonidan yaratilgan ob'ektlarning kimyoviy tarkibi, tuzilishi va xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlarni maxsus fizik-kimyoviy tajriba yo'li bilan olish;

Elementli tahlil - tahlil qilinayotgan modda tarkibidagi alohida elementlarni aniqlash imkonini beruvchi sifat va miqdoriy tahlil uslubi;

Funksional tahlil - tahlil qilinayotgan modda tarkibidagi alohida funksional guruhlarni aniqlovchi usul;

Molekulyar tahlil - muayyan molekulyar massani xususiyatini namoyon qiluvchi individual kimyoviy birikmalarni aniqlovchi usul;

Elektrokimyoviy usul – tahlil etilayotgan tizimlarning elektr o'tkazuvchanligi, tok kuchi va boshqa elektrokimyoviy yoki elektrofizikaviy ko'rsatkichlarning potentsialini o'lchashga asoslangan;

Spektral usul – moddani elektromagnitli nurlanish va qandaydir spektral ko'rsatkichlar (to'lqinning uzunligi, tebranishlar chastotasi, energiya) bilan o'zaro ta'sirlanishi natijasida yuzaga keladigan turli samaralarni o'lchashga asoslangan;

Xromatografiya (bo'lish va tahlil qilish) usuli – ajralib chiqadigan moddaning yuzaki (adsorbtsiya) va to'liq yutinish (absorbtsiya) jarayonlariga asoslangan;

Analitik (tahliliy) signal - instrumental o'lchanadigan va keyinchalik shu asosda tahlil o'tkaziladigan parametr;

Tahlilning fizikaviy usullari - moddalarning fizikaviy xossalarini kimyoviy tarkibidan kelib chiqishini qo'llash;

Spektral tahlil - tadqiq etilayotgan moddaning taratuvchanlik va yutuvchanlik spektrlarini tadqiq etish;

Lyuminescentli tahlil - lyuminesentsiya (nurlanish) faolligini moddaning konsentratsiyasiga bog'liqligi;

Refraktometriya – sinish ko'rsatkichini konsentratsiyaga bog'liqligi;

Sinish (refraktsiya) – bir muhitdan ikkinchisiga o'tish vaqtida to'g'ri chiziq

bo'yicha taralayotgan nurning yo'nalishi o'zgarishi, bunda nur muhit bilan o'zaro ta'sirga kirishadi.

Densimetriya – zichlikning konsentratsiyaga bog'liqligi;

Rentgen tarkibiy tahlili – moddalarni tahlil qilish uchun rentgen nurlaridan foydalanish;

Magnitli spektroskopiya - tadqiq etilayotgan moddani elektromagnit to'lqinlarini yadroviy magnetizm rezonansli yutilishidan foydalanish;

Elektronli paramagnitli rezonans (EPR) - – doimiy magnit maydonida paramagnitli zarrachalar tomonidan elektromagnitli to'lqinlarni rezonansli yutilishi;

Atomli – yutilish (absorbtsion) (AAS) usuli - alanga gazlaridagi metall atomlarini, to'lqinning ma'lum bir uzunligida yorug'lik energiyasini yutish qobiliyatiga ega bo'lishi;

Fizik kimyo - kimyoviy jarayonlarni har tomonlama va kimyoviy jarayon bilan yondosh boradigan fizikaviy jarayonlar bilan kompleks ravishda tekshirish va o'rganish;

Tahlilning instrumental (fizik–kimyoviy) usullari (TIU) - ma'lum bir kimyoviy Reaksiyalar ta'sirida tadqiq etilayotgan kimyoviy moddalar aralashmasining (eritmasining) konsentratsiyasini uning fizikaviy xossalarida ro'y beradigan o'zgarishlarni o'lchash natijasida aniqlash;

TIUning to'g'ridan-to'g'ri (bevosita) usullari – analitik (tahliliy) signal kattaligining tahlil etilayotgan moddaning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liqligi qo'llanilishi;

Bilvosita (titrli) usullar - analitik signalning titrlash jarayonidagi o'zgarishi o'lchanishi;

Moddalarning suvda eruvchanligi - moddaning biror erituvchida ma'lum bir temperaturada eriy olish xususiyati;

Genri qonuni - o'zgarmas temperaturada ma'lum hajmdagi suyuqlikda erigan gazning massasi shu gazning partsial bosimiga to'g'ri proporsional bo'ladi;

Abiotik muhit [yun. a – inkor ma'nosi, bios – hayot] – 1) tirik organizmlarni

o'rab turgan va ular bilan doimiy modda va energiya almashinuvida bo'lgan notirik jismlardan iborat muhit;

Abiotik omillar – muhitning jonsiz tarkibiy qismlari va jismlari, misol uchun, havo, toshlar, tuproq, suv, torf va boshqalar;

Absorbtsiya [lot. absorbtio – yutilish, singish] – 1) suyuq eritmalar va gazlar aralashmalaridagi ifloslantiruvchi moddalarning suyuqliklarning (absorbentlarning) butun massasi (hajmi) tomonidan yutilishi; 2) yorug'likning (yoki radioto'lqinlarning, tovushlarning) absorbent orqali o'tganda yutilishi. A. sanoatda zararli chiqindilarni tozalashda keng qo'llaniladi;

Additivlik [lot. additio – qo'shilish] – modda yoki omillar guruhi xususiyatlarining oddiy arifmetik jamlanishi;

Adsorbtsiya [lot. ad – ustida va sorbere – yutish, so'rish] – moddaning eritma yoki gazdan ma'lum (adsorbent deb ataluvchi) qattiq jismlar sirti tomonidan yutilishi; biologik jarayonlarning kechishida, moddalarni tozalash jarayonlarida va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalarida muhim ahamiyatga ega.

Antropogen omil – inson va uning faoliyati tomonidan organizmlarga, biogeotsenoz, landshaft, biosferaga ko'rsatiladigan ta'sir.

Atrof - muhit – tabiatdagi barcha tirik organizmlarga, jumladan odamlarga va ularning xo'jaligiga birgalikda va bevosita ta'sir etuvchi abiotik, biotik va ijtimoiy muhitlar majmuasi;

Atrof-muhitning sifatli ko'rsatkichlari (mezonlari) - atrof-muhitning umuman yoki alohida komponentlari sifatini baholashdagi qo'llaniladigan parametrlar va alomatlar.

Geokimyo – erining kimyoviy tarkibi, unda kimyoviy elementlarning taqsimlanish qonuniyatlari va migratsiyasini o'rganadigan fan. Atama 1838 yilda K.F. Shyonbeyn tomonidan kiritilgan;

Degazatsiya [lot. de – bekor qilish, olib tashlanishni bildiruvchi qo'shimcha va gaz] – 1) ifloslangan joy, transport vositalari, oziq-ovqat mahsulotlaridan ifloslantiruvchi moddalarni olib tashlash, neytrallashtirish; 2) suvga eritilgan gazlarni yo'qotish uchun suvni tozalash;

Ionlashtiruvchi nurlanish – moddadan yutishi ionlanishga va uning atom yoki molekulalarining junbushga kelishiga olib keluvchi zarrachalar (elektronlar,

pozitronlar, protonlar, neytronlar) va kvantlar (rentgen, gamma-nurlar) oqimi.

Ifloslanish indikator [lot. indicator - ko'rsatkich] - atrof-muhitda ifloslantiruvchi moddalar miqdoriy parametrlarining yoki sifat tarkibi mavjudligi, kumulyatsiyasi, o'zgarishi to'g'risida xabar beruvchi indikator; fizik, kimyoviy va biologik bo'lishi mumkin;

Yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan ta'sir (me'yoriy ta'sir) – ekologik tizimni salbiy o'zgarish ro'y bermaydigan holatidan (barqarorlik zonasi) chiqarib yubormaydigan ta'sir.

Kalibrovkalash – monitoring maqsadida qo'llaniladigan o'lchov asboblari o'lchovni boshlashga tayyorlash uchun bajariladigan tadbir. Kalibrovka asboblari aniq o'lchovlarni ko'rsatayotganiga amin bo'lish uchun nazoratli sharoitlarda andozaviy namunalarni qo'llagan holda amalga oshiriladi, bunda tegishli nuqsonlarga ruxsat beriladi. Boshqacha aytganda, ushbu tadbir turli joylarda va laboratoriyalarda qo'llanilayotgan o'lchov asboblari bir xil namunalarni o'lchaganda bir xil natija ko'rsatayotganiga amin bo'lish imkonini beradi.

Me'yor chegarasidagi ta'sir – tizimni barqarorlik doirasidan chiqarib yubormaydigan ta'sir.

Og'ir metallar – atom og'irligi 50 a.b.dan yuqori bo'lgan kimyoviy elementlar (40 dan oshiq). Ekologiyada va ekologik kimyoda bu tushuncha ko'pincha "mikroelementlar" tushunchasi bilan mos keladi;

Pestitsidlar [lot. pestis – zararkunanda (maraz) va caedere - o'ldirmoq] - o'simlik va hayvonlarning kasallik hamda zararkunandalariga, begona o'tlar, don va don mahsulotlari, yog'och, paxta, jun, teri va h.k.larning zararkunandalariga, odam va hayvonlar orasida xavfli kasalliklar tarqatuvchilarga qarshi kurashishda foydalaniladigan kimyoviy moddalar;

Ruxsat etilgan kontsentratsiya (REK) - ekologik normativ (me'yor); ekosistemalar komponentlaridagi ifloslantiruvchi kimyoviy moddaning tabiiy ekosistemalar tirik organizmlariga, inson organizmiga yoki uning retseptorlariga uzoq muddat mobaynidagi kundalik ta'siri salbiy oqibatlarga olib kelmaydigan maksimal miqdori.

Sanitariya me'yorlari –sanitariya me'yorlari atrof-muhitdagi zararli kimyoviy moddalar, shuningdek odamlar salomatligiga zararli jismoniy va biologik ta'sirning eng yuqori darajalariga nisbatan talablarni belgilaydi.

Sanitariya-gigiena me'yorlari – odam salomatligiga zararli ta'sirni kamaytirish maqsadida ishlab chiqilgan eng yuqori va eng past miqdor va/yoki sifat ko'rsatkichlari. Ba'zi ifloslantiruvchi (masalan, kantserogen) moddalar uchun sanitar-gigienik me'yorlar ekologik me'yorlarga qaraganda qat'iyroq bo'lishi mumkin.

Sorbtsiya [lot. sorbere – yutish] – qattiq jism yoki suyuqlik (sorbentlar) tomonidan atrof-muhitdagi moddalarning yutilishi.

Tuproqning kuchsizlanishi - tuproqdan nooqilona foydalanish yoki tuproq mahsuldorligini pasayishiga olib keluvchi tabiiy rivojlanish jarayoni natijasida tuproq tarkibidagi ozuqa moddalarining kamayib ketishi.

Uchuvchan organik birikma (UOB) – tarkibida uglerod bo'lgan va nisbatan yuqori bo'lmagan, odatda 40^oS haroratda uchib ketishga boshlaydigan kimyoviy birikma, masalan, benzin, atseton va hokazo. UOB suvni ifloslantirishi, atmosferada esa boshqa gazlar bilan qo'shilishi mumkin. Quyosh nurlari ta'sirida UOB ozon va boshqa fotokimyoviy oksidlovchi moddalarni hosil qilishi mumkin

Ekologik xavf - aholi salomatligi va/yoki atrof-muhit holatining yo'l qo'ysa bo'ladigan o'rtacha statistik ko'rsatkichlaridan yomonlashishiga sababchi bo'lishi mumkin bo'lgan nomaqbul vaziyat; atrof-muhit holatini ifodalovchi ayrim parametrlari, alomatlari, omillarining belgilangan (optimal, yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan) qiymatlaridan chetlashishi.

Massa kontsentratsiyasi - 1 l eritmada erigan moddaning massasi;

Molyar kontsentratsiya (Sm) - 1 litr eritmada kancha mol miqdorida erigan modda borligini ko'rsatadi

Normal eritma (Sn) - 1 litr eritmada erigan moddaning ekvivalentlar soni;

Potentsiometrik usul - galvanik elementlar tomonidan qaytariluvchi elektr harakatlantiruvchi (yurituvchi) kuchlarni (EHK) o'lchash va shu kuchlardan aralashma tarkibidagi moddalar tarkibini turli fizik-kimyoviy kattaliklarni o'lchash asosida aniqlash;

Indikator elektrodi - potentsiali eritmada aniqlanadigan ionlarning faolligi (kontsentratsiyasi) ga bog'liq bo'lgan elektrod;

Taqqoslash elektrodi - indikator elektrodning potentsialini o'lchash uchun aralashmaga (eritmaga) tushiriladigan, potentsiali aniqlanadigan ionlarning

konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan ikkinchi elektrod;

Ionoselektiv (membranali) elektrodlar – kationlari yoki anionlari bilan qaytariluvchan, qattiq yoki suyuq membranalari bilan yutuvchi elektrodlar bo'lib – aniqlanadigan ionlarga nisbatan yuqori darajadagi maxsuslik va o'xshashlikka ega bo'lgan elektrokimyoviy yarimelementlar;

Bevosita potentsiometriya (ionometriya) – ionlar konsentratsiyasi, jumladan $[N^Q]$ ni, Nernst tenglamasi yordamida galvanik elementlarning elektr harakatlantiruvchi kuchlari (EHK) bo'yicha aniqlash (masalan pH-metriya).

2. Bilvosita yoki potentsiometrik titrlash elektr potentsiali o'lchamlarini turli Reaksiyalarda ekvivalentlik nuqtasini topishga qo'llashga asoslanadi;

Konduktometriya – elektr o'tkazuvchanlikni o'lchashga asoslangan turli fizikaviy-kimyoviy kattaliklarni aniqlash;

Elektr o'tkazuvchanlik - elektrolitlar eritmalarining tashqi elektr maydoni ta'siri ostida elektr tokini o'tkazishi;

Solishtirma (α) elektr o'tkazuvchanlik – har birining yuzasi maydoni 1 cm^2 dan to'g'ri keladigan, bir-biridan 1 cm uzoqlikda joylashgan elektrodlar orasida, 1 cm^3 eritmaga botirilgan elektrodning elektr o'tkazuvchanligi. O'lchamliligi: S/cm ;

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik (λ) – biri ikkinchisidan $L = 1 \text{ cm}$ uzoqlikda joylashgan 2 ta parallel elektrodlar orasidagi 1 g-ekv ($1n$) elektrolit eritmasidagi elektr o'tkazuvchanlik. O'lchamliligi: $\text{Om}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1} \cdot \text{cm}^2$ ($\text{Om}^{-1} \cdot \text{cm}^2$), yoki $\text{S} \cdot \text{g} \cdot \text{ekv}^{-1} \cdot \text{cm}^2$;

Bevosita konduktometriya - tadqiq etilayotgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi darajalangan sozlash (kalibratsiya) grafiki bo'yicha o'lchash va shu asosda modda konsentratsiyasini aniqlash;

Konduktometrik titrlash – modda konsentratsiyasini ekvivalentlik nuqtasini, elektr o'tkazuvchanlikni titrant hajmiga bog'liqligini keskin qiyshiq sinishi bo'yicha aniqlash;

Elektrogravimetrik usul – tashqi manbaadan olingan doimiy tok ta'siri ostida elektrodalarda moddalarning ajralishi;

Elektrokimyoviy ekvivalentlik (E_e) - 1 kulon elektrda ajraladigan moddaning

miqdori;

Spektroskopiya — moddalarning elektromagnit nurlanish bilan o'zaro ta'sirlari xaqidagi fan;

Nurlanish spektri (NS) - biron bir moddadan chiqayotgan nurlanish tarkibidagi chastotalarning (yoki nur to'liqini uzunligining) yig'indisi;

Absorbtsiya spektroskopiyasi - tahlil qilinayotgan modda molekulasi elektromagnit to'liqini absorbtsiya qilishiga (yutishiga) asoslangan tahlil;

Spektrofotometrik tahlil usuli - monoxromatorlar tomonidan olingan qat'iy belgilangan to'liqin uzunligida (λ) yorug'lik yutilishining yutilish spektrini aniqlash yoki o'lchash;

Fokolorimetrik tahlil usullari - ko'zga ko'rinadigan (400-800 nm) va yaqin ultrabinafsha (200-400 nm) maydonlarda molekulyar muhit orqali nurlanish yutilishini o'lchashga asoslangan usullar;

Vizual kolorimetriya - tahlil qilinayotgan va standart eritmalarning rangini vizual (ko'z bilan chamalab) usulda taqqoslash asosida modda konsentratsiyasini aniqlash;

Fotokolorimetriya - spektr maydonining filtrlar bilan olingan tor bo'lagida (kengligi 10-100 nm) elektromagnit nurlanish intensivligini o'lchash;

Lyuminestsensiya tahlili - o'rganilayotgan modda bilan nurlanishning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladigan ikkilamchi nurlanishni o'lchash;

Nefelometriya - muallaq zarrachalar tomonidan nurning sochilishi asoslangan tahlil usuli;

Turbidimetriya - nur sochilishi tufayli nur yutilishiga asoslangan tahlil usuli;

Buger-Lambert-Ber qonuni - eritmaning optik zichligi moddaning konsentratsiyasiga va yutuvchi qatlam qalinligiga to'g'ri proporsional;

Additivlik Qonuni - agar eritmada bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashmaydigan bir necha rangli moddalar bo'lsa, har bir modda boshqalaridan mustaqil ravishda nur yutadi;

Ultrabinafsha radiatsiyasi (UB) - 10 dan 400 nm gacha bo'lgan elektromagnit to'liqin uzunligi oralig'i;

Ko'zga ko'rinadigan nurlar - 10 dan 400 nmgacha bo'lgan elektromagnit to'lqin uzunligi oralig'i;

Monoxromator - to'lqin uzunliklarining monoxromatik yoki tor diapozoniga o'ziga xos to'lqin uzunligini ajratib oladigan instrument;

Xromatografiya - aralashmaning tarkibiy qismlarini statsionar (ko'chmas) faza bilan harakatchan faza orasida taqsimlanishi (ajratilishi) natijasida tadqiq qilinayotgan moddani aniqlashning instrumental usuli;

Analitik xromatografiya - o'rganilayotgan aralashmalarning sifatiiy va miqdoriy tarkibini xromatografik aniqlash;

Noanalitik xromatografiya - xromatografik uskunalardan foydalanish asosida moddalarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish usuli;

Preparativ xromatografiyasi laboratoriya sharoitida juda toza tarkibiy qismlarning kichik miqdorini xromatografik ajratish;

Sanoat xromatografiyasi – xromatografiyani toza moddalarni xo'jalikda ishlatish uchun katta miqdorda ajratish maqsadida ishlatilishi;

Elyuvirlash - erituvchini xromatografik ustundan o'tkazish jarayoni;

Elyuent - elyuvirlash uchun ishlatiladigan erituvchi;

Elyuvatsion vaqt - aralashmadagi biron komponentni ustundan o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt;

Tashuvchi-gaz - harakatlanuvchi faza sifatida ishlatiladigan gaz (odatda azot, vodorod, geliy yoki argon);

Biosfera – [yun. bios – hayot, sphaira – shar] – Er qobiqlaridan (sferalaridan) biri bo'lib, uning tarkibi va energetikasi asosan tirik modda faoliyati bilan belgilanadi. Bu qobiqni erning alohida qobigi sifatida o'rganishni dastlab 1875 yilda avstraliyalik geolog E.Zyuss taklif etgan. Biosfera ta'limoti keyinchalik buyuk rus olimi, akademik V.I.Vernadskiy (1863-1945) tomonidan rivojlantirildi. V.I. Vernadskiy biosfera tushunchasini faqat tirik organizmlar bilan chegaralamadi, balki unga organizmlar hayot kechiradigan geologik qobiqni ham kiritdi. U o'zining 1926 bosmadan chikkan "Biosfera" kitobida isbotladiki, tirik organizmlar o'z hayot faoliyati davomida Er geologik qobigini o'zgartiradi va biosferani yaratadi. Biosfera o'z ichiga atmosferaning qo'yi qismi troposferani

(10-15 km balandlikkacha faol hayot mavjud bo'lgan, ba'zan 20 km balandlikdagi stratosfera qatlamining quyi qismini, ya'ni tinim holidagi organizmlarning chang donachalari, urug'lari, sporalari va boshqalar uchrashi mumkin bo'lgan qismini) hamda suv qobig'i - gidrosferani to'lig'icha va erning tosh kobig'i - litosferaning - ustki cho'qindi tog' jinslari qatlamlarini 11 km chuqurlikgacha oladi.

Noosfera - (grekcha noos-aql, ong, spaira – sferik qobiq) jamiyat bilan atrof-muhitning o'zaro ta'sirlashuv makonidir. Noosfera, ya'ni fikrlovchi qobiq insonning ongli faoliyati ta'sirida jamiyat va tabiatning evolyutsion rivojini asosiy harakatga keltiruvchi kuch yoki omilidir

Tirik moddalar - bularga biosferadagi barcha tirik organizmlar - o'simliklar, hayvonot va quyi darajadagi jonzotlar kiradi. Tirik moddalarning eng muhim hususiyatlari ularning umumiy vazni, kimyoviy tarkibi va energiyasi hisoblanadi.

Biogen moddalar - bularga tirik organizmlar faoliyati natijasida hosil bo'lgan va uzgarishlarga uchragan moddalar kiradi. Neft, torf, toshko'mir, oxaktosh, tabiiy gaz va shu kabilar biogen moddalarga misol bo'la oladi.

Biokos yoki oraliq moddalar - bular tirik organizmlar faoliyati ta'sirida o'zgarishlarga uchragan moddalardir. Bunday moddalarga tuproqlar, cho'qindilar, tog' jinslari, va suvlarning ma'lum qismini misol qilib ko'rsatish mumkin.

Kimyoviy elementlar migratsiyasi - tabiatda deyarli xamma moddalar, ayniqsa biogen moddalar va mikroelementlar doimiy ko'chib yuradi, ya'ni migratsiyada bo'ladi. Masalan, butun planetadagi kislorod - fotosinteza maxsuloti bo'lib, har 2000 yilda, uglerod oksidi gazi - har 300 yilda, suv – har 2 mln. yilda bir marta to'liq aylanadi.

MUNDARIJA

Shartli qisqartirishlar va belgilashlar	5
So'zboshi	7
I BOB. Tahliliy kimyoga kirish. Tahlilning fizik va instrumental (fizik-kimyoviy) usullari, ularning klassifikatsiyasi	11
1.1 Kirish. Tahliliy kimyo nima?	12
1.2 Tahliliy kimyoning qisqacha rivojlanish tarixi	13
1.3 Tahlil usullarining klassifikatsiyasi	16
1.4 Tahlilning fizikaviy usullari	17
1.5. Tahlilning instrumental (fizik-kimyoviy) usullari	20
1.6 Tahlilning instrumental usullarining ekologik va amaliy ahamiyati	21
1.7 Tahlilning instrumental usullarining afzalliklari va kamchiliklari	23
1.8 Tahlilning instrumental usullarida qo'llaniladigan asosiy usullar	24
1.9 Suv molekulasining tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari	26
1.10 Tahlilning instrumental usullarida eritmalar va kontsentratsiyalarni ifodalash usullari	28
Nazorat savollari	31
II BOB. Tahlilning elektr-kimyoviy usullari	32
2.1 Kirish. Elektr-kimyoviy usullarning klassifikatsiyasi	34
2.2 Tahlilning potentsiometrik usullari	35
2.3 Elektr-kimyoviy usullarda elektrodlar	37
2.4 Tahlilning potentsiometrik metodining turlari	44
2.5 Konduktometriya (konduktometrik tahlil)	47
2.6 Tahlilning konduktometrik usullari qo'llanilishi	52
2.7 Tabiiy suvlarni elektr o'tkazuvchanligi	53
2.8 Bevosita konduktometriya va konduktometrik titrlash	57
2.9 Qulonometriya	58
2.10 Tahlilning elektr-gravimetrik uslubi	59
Nazorat savollari	62
III BOB. Tahlilning spektroskopiya usullari	63
3.1 Spektroskopiya ga kirish – elektromagnit nurlanish (spektr)	63

3.2	Spektroskopik tahlil turlari	67
3.3	Yorug'lik yutilishi asosiy qonuni (Buger-Lambert-Ber qonuni)	72
3.4	Buger – Lambert – Ber qonunidan istisnolar	75
3.5	Additivlik Qonuni	77
3.6	Absorbtsiya spektroskopiyasi instrumentlarining asosiy komponentlari	77
3.7	Yagona nurli va ikki nurli spektrofotometrlar	78
3.8	Sifatiy tahlil	81
3.9	Miqdoriy tahlil	82
3.10	Fotometrik o'lchashlarning asosiy usullari	83
3.11	Ko'zga ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlanish spektri oraliqlarda spektroskopiya	84
3.12	Zamonaviy spektrofotometrlarda nur manba'lari, monoxromatorlar, kyuvetkalar va detektorlar	85
3.13	Nefelometriya va Turbidimetriya usullari	88
3.14	Fotometrik titrlash	89
3.15	Tahlilning spektroskopik usullarining asosiy afzalliklari	89
	Nazorat savollari	90
	IV BOB. Tahlilning xromatografiya usullari	91
4.1	Kirish, xromatografiya usullarining kashf qilinishi va rivojlanishi	91
4.2	Xromatografiya usullari klassifikatsiyasi	94
4.3	Xromatografik ajratilish nazariyasi haqida qisqacha ma'lumot	97
4.4	Ustunli (kolonkali) xromatografiya	101
4.5	Yupqa qatlamli xromatografiya	102
4.6	Qog'ozdagi xromatografiya	105
4.7	Gaz xromatografiyasi	106
4.8	Gaz xromatografiyasida ishlatiladigan asosiy detektorlar	109
4.9	Suyuqlik xromatografiyasi	113
4.10	Yuqori samarali suyuqlik xromatografiya (YuSSX)	113
4.11	Xromatogramma, xromatografiyada sifatiy va miqdoriy tahlil	118
	Nazorat Savollari	119
	V BOB. Tashqi muhit holatini aniqlashda tahlilning portativ (ko'chma) instrumentlari	121
5.1	Kirish, tahlilning portativ instrumentlariga ehtiyojning kelib chiqishi	121
5.2	Portativ tahlil instrumentlarining qisqacha rivojlanish tarixi	123
5.3	Ekologik tadqiqotlarda portativ instrumentlardan foydalanish	124
	Nazorat Savollari	133
	Foydalanilgan adabiyotlar	134
	Ilovalar	137
	Glossariy	139

СОДЕРЖАНИЕ

Условные сокращения и аббревиации	5
Предисловие	7
I ГЛАВА. Введение в аналитическую химию.	11
Физические и инструментальные (физико-химические) методы анализа, их классификация	
1.1 Введение. Определение аналитической химии	12
1.2 Краткая история развития аналитической химии	13
1.3 Классификация методов аналитической химии	16
1.4 Физические методы аналитической химии	17
1.5. Инструментальные (физико-химические) методы	20
1.6 Экологическое и прикладное значение инструментальных методов анализа	21
1.7 Преимущества и недостатки инструментальных методов анализа	23
1.8 Основные приемы инструментальных методов анализа	24
1.9 Строение и физико-химические свойства молекулы воды	26
1.10 Растворы и способы выражения концентраций	28
Вопросы для самоконтроля	31
II ГЛАВА. Электрохимические методы анализа	32
2.1 Введение. Классификация электрохимических методов	34
2.2 Потенциометрические методы анализа	35
2.3 Электроды в электрохимических методах	37
2.4 Виды потенциометрического метода анализа	44
2.5 Кондуктометрия (кондуктометрический анализ)	47
2.6 Применение кондуктометрических методов анализа	52
2.7 Электропроводимость природных вод	53
2.8 Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование	57
2.9 Кулонометрия	58
2.10 Электрогравиметрические методы анализа	59
Вопросы для самоконтроля	62
III ГЛАВА. Спектроскопические методы анализа	63
3.1 Введение в спектроскопию – электромагнитное излучение (спектр)	63

3.2	Виды спектроскопического анализа	67
3.3	Основной Закон поглощения (Закон Бугера-Ламберта-Бера)	72
3.4	Отклонения от Закона Бугера–Ламберта– Бера	75
3.5	Закон аддитивности	77
3.6	Основные узлы инструментов абсорбционной спектроскопии	77
3.7	Однолучевые и двухлучевые спектрофотометры	78
3.8	Качественный анализ	81
3.9	Количественный анализ	82
3.10	Основные методы фотометрических измерений	83
3.11	Спектроскопия в диапазонах видимого и ультрафиолетового спектров	84
3.12	Источники излучения применяемые в современных спектрофотометрах, монохроматоры, кюветки детекторы	85
3.13	Нефелометрия ва Турбидиметрия	88
3.14	Фотометрическое титрование	89
3.15	Основные преимущества спектроскопических методов анализа	89
	Вопросы для самоконтроля	90
	IV ГЛАВА. Хроматографические методы анализа	91
4.1	Введение. Открытие и развитие хроматографических методов анализа	91
4.2	Классификация хроматографических методов	94
4.3	Краткая информация о теории хроматографического разделения	97
4.4	Колоночная хроматография	101
4.5	Тонкослойная хроматография	102
4.6	Хроматография на бумаге	105
4.7	Газовая хроматография	106
4.8	Основные детекторы используемые в газовой хроматографии	109
4.9	Жидкостная хроматография	113
4.10	Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)	113
4.11	Качественный и количественный анализ. Хроматограмма	118
	Вопросы для самоконтроля	119
	V ГЛАВА. Применение портативных инструментов для анализа качества окружающей среды	121
5.1	Введение. Появление потребности в портативных инструментах анализа	121
5.2	Краткая история развития портативных инструментов анализа	126
5.3	Применение портативных инструментов анализа в экологических исследованиях	124
	Вопросы для самоконтроля	

Использованная литература	133
Приложения	134
Глоссарий	137
	139

TABLE OF CONTENT

Abbreviations	5
Preface	7
CHAPTER I. Introduction to analytical chemistry. Physical and instrumental (physical - chemical) methods of analysis, their classification	11
1.1 Introduction. Definition of analytical chemistry	12
1.2 Brief history of analytical chemistry	13
1.3 Classification of analytical chemistry methods	16
1.4 Physical methods of analytical chemistry	17
1.5 Instrumental (physical and chemical) methods	20
1.6. Environmental and applied significance of instrumental methods of analysis	21
1.7 Advantages and disadvantages of instrumental analysis methods	23
1.8 Basic techniques of instrumental analysis methods	24
1.9 Structure and physical and chemical properties of a water molecule	26
1.10 Solutions and methods for expressing concentrations	28
Questions for self-monitoring	31
CHAPTER II. Electrochemical methods of analysis	32
2.1 Introduction. Classification of electrochemical methods	34
2.2 Potentiometric methods of analysis	35
2.3 Electrodes in electrochemical methods	37
2.4 Types of potentiometric analysis methods	44
2.5 Conductometry (conductometric analysis)	47
2.6 Application of conductometric methods of analyses	52
2.7 Electric conductivity of natural waters	53
2.8 Direct conductometry and conductometric titration	57
2.9 Coulometric methods of analysis	58
2.10 Electric gravimetric analyses	59
Questions for self-monitoring	62
Chapter III. Spectroscopic methods of analysis	63
3.1 Introduction to spectroscopy - electromagnetic radiation (spectrum)	63
3.2 Types of spectroscopic analysis	67

3.3	Basic law of absorption (Booger-Lambert-Baer Law)	72
3.4	Deviations from the law of the Bouger–Lambert– Bear Law	75
3.5	The Law of additivity	77
3.6	Main components of absorption spectroscopy instruments	77
3.7	Single-beam and double-beam spectrophotometers	78
3.8	Qualitative analysis	81
3.9	Quantitative analysis	82
3.10	Basic methods of photometric measurements	83
3.11	Spectroscopy in the visible and ultraviolet ranges	84
3.12	Sources of radiation used in modern spectrophotometers, monochromators, detectors, cuvettes	85
3.13	Nephelometry and Turbidimetry	88
3.14	Photometric titration	89
3.15	The main advantages of spectroscopic methods of analysis	89
	Questions for self-monitoring	90
	Chapter IV. Chromatographic methods of analysis	91
4.1	Introduction. Discovery and development of chromatographic analysis methods	91
4.2	Classification of chromatographic methods	94
4.3	Summary of the theory of chromatographic separation	97
4.4	Column chromatography	101
4.5	Thin-Layer chromatography	102
4.6	Chromatography on paper	105
4.7	Gas chromatography	106
4.8	Main detectors used in gas chromatography	109
4.9	Liquid chromatography	113
4.10	High performance liquid chromatography (HPLC)	113
4.11	Qualitative and quantitative analysis. Chromatogram	118
	Questions for self-monitoring	119
	CHAPTER V. The use of portable instruments for analysis of environmental quality	121
5.1	Introduction. The need for portable analysis tools has emerged	121
5.2	A brief history of the development of portable analysis tools	123
5.3	Application of portable analysis tools in environmental research	124
	Questions for self-monitoring	133
	References	134
	Appendixes	137
	Glossary	139

Karimov Baxtiyor Qurambayevich

**TAHLILNING
INSTRUMENTAL USULLARI**

BAKALAVRIAT 5630100 – EKOLOGIYA VA ATROF-MUHIT MUXOFAZASI (SUV
XO'JALIGIDA) va 5630200 – SUV XO'JALIGIDA EKOLOGIK XAVFSIZLIK TA'LIM
YO'NALISHLARI TALABALARI UCHUN

DARSLIK

Muharrir:

M.Mustafoyeva

Bosishga ruxsat etildi: 24.09.2020 y. Qog'oz o'lchami 60x84 - 1/16

Hajmi: 9,5 bosma taboq. 50 nusxa. Buyurtma №_____

TIQXMMI bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent-100000. Qori Niyoziy ko'chasi 39 uy.