

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим  
вазирлиги**

**К.Р. РАСУЛОВ**

## **АНАЛИТИК КИМЁ**

*Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги педагогика олий  
ўқув юртларининг кимё мутахассислиги  
талабалари учун дарслик сифатида тавсия этган*

**Ғафур Ғулом номидаги нашриёт-матбаа ижодий уйи**

**Тошкент – 2004**

Дарслик уч қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисмида аналитик кимёнинг назарий масалалари ёритилган. Иккинчи қисм сифат анализига доир бўлиб, катион ва анионларнинг хусусий реакциялари тавсифи келтирилган. Учинчи қисмда миқдорий анализ методларининг моҳияти ва лаборатория ишларининг мазмуни баён қилинган. Ҳар бир боб охирида саволлар ҳамда масалалар тартиби тест шаклида келтирилган.

Ушбу дарслик педагогика олий ўқув юртларининг кимё ихтисослиги талабалари учун мўлжалланган бўлиб, ундан “биология”, “агроном-педагог” ихтисослиги талабалари ҳам фойдаланишлари мумкин.

**Тақризчи:** Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети аналитик кимё кафедрасининг мудир, кимё фанлари номзоди, доцент **Н.Т.Туробов**

Р  $\frac{1707000000-60}{M352(04)-2004}$  қатъий буюртма, 2004

ISBN 5-635-02262-6

© Фафур Фулом номидаги  
нашриёт-матбаа ижодий уйи,  
“ЎАЖБНТ” Маркази, 2004 й.

*Бу китоб чуқур ҳурмат билан қадрли  
устозимиз Ўзбекистонда хизмат  
кўрсатган фан арбоби, профессор  
Рашид Қодирович Қодировнинг  
ёрқин хотирасига бағишланади*

## **СЎЗ БОШИ**

Аналитик кимё кимёвий анализ методлари ҳақидаги фан бўлиб, олий ўқув юртларининг кимё ва кимёвий технология факултетларининг талабалари томонидан ўрганиладиган умумкимёвий ўқув фанлари ичида асосийларидан бири ҳисобланади. Аналитик кимё инсоннинг ишлаб чиқариш фаолияти билан боғланган. Бинобарин, хом ашёлар ёки маҳсулотлар таркибидаги асосий компонентлар ва қолдиқлар миқдори ҳақида маълумотларга эга бўлмасдан, металлургия, кимё, доришунослик ва бошқа саноат тармоқларининг технологик жараёнларини моҳирона ривожлантириш ҳамда бошқариш мумкин эмас.

Аналитик кимё ёш мутахассисларни тайёрлаш жараёнида муҳим тарбиявий вазифани бажаришга ҳисса қўшади, бўлажак кимёгарларда бошқа кимё фанлари ва умумилмий фанлар билан биргаликда илмий материалистик дунёқарашни шакллантиришга хизмат қилади, шунингдек, махсус билимларга мустақкам асос бўлади.

Аналитик кимё олий ўқув юртларида, одатда, анорганик кимё фанидан кейин ўрганилади. Кўпгина анорганик моддаларни сифат ва миқдорий жиҳатдан аниқлашда органик реагентларнинг кенг миқёсда қўлланила бошлаши аналитик кимёни ўрганишни органик кимёдаги билимлар асосида ҳам олиб боришни тақозо қилади.

Ушбу дарслик педагогика олий ўқув юртларининг кимё, биология мутахассисликларининг бакалаврлари учун аналитик кимё дастури асосида тузилган. Дарслик уч қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисмда аналитик кимёнинг назарий асослари баён этилган. Иккинчи қисм “Сифат анализ” деб номланган бўлиб, бу қисмда катион ва анионларни сифат томонидан очиш реакциялари, шунингдек, анорганик ионларни аниқлашда органик реагентларнинг қўлланилиши баён қилинган. Учинчи қисмда моддаларнинг тарки-

бини миқдорий аниқлашнинг назарий асослари, методлари, анализнинг физик-кимёвий методлари ёритилган.

Дарсликнинг ҳар боби охирида саволлар, тест шаклидаги масалалар келтирилган бўлиб, уни ўзлаштириш материалларни мустақил таҳлил қилишга имкон беради.

Мазкур дарслик педагогика олий ўқув юртлари учун ўзбек тилида биринчи марта ёзилгани сабабли камчиликлардан холи бўлмаслиги мумкин. Шу сабабли, муаллиф мулоҳаза ва фойдали маслаҳатлар берган барча олимлардан миннатдор бўлади.

Муаллиф бу дарсликнинг қўлёзмасини ўқиб, фойдали маслаҳат ва мулоҳазалар берган ЎзР ФА академиги Ю.Т. Тошпўлатовга, Ўзбекистон Миллий университетининг доценти Н.Т.Туробовга, дарслик қўлёзмасини нашрга тайёрлашда ёрдам берган шоғирди Д.М.Исмаджоновага чўқур миннатдорчилик билдиришни ўзининг шарафли бурчи, деб ҳисоблайди.



## **I БОБ. КИРИШ**

### **1.1. Аналитик кимё фани, унинг халқ хўжалиги учун аҳамияти**

Аналитик кимё моддалар (ёки уларнинг аралашмалари)нинг сифат ва миқдорий таркибини текшириш методлари ҳақидаги фандир.

Аналитик кимёнинг вазифаси анализ усулларини ишлаб чиқиш, уларни амалда қўллаш ҳамда аналитик кимё методларининг назарий асосларини кенг миқёсда ўрганишдан иборатдир. Янгидан-янги принципиал анализ методларини излаш ҳамда ҳозирги замон фани ва техника ютуқларини аналитик мақсадлар учун қўллаш аналитик кимёнинг муҳим вазифасидир.

Аналитик кимё муҳим назарий ва амалий аҳамиятга эга. Деярли барча кимё қонунлари аналитик кимё методлари ёрдамида топилади. Турли моддалар, маъданлар, минераллар, ой тупроғи, узоқ сайёра ва бошқа осмоний jismlарнинг таркиблари аналитик кимё методлари орқали аниқланган.

Ҳозирги замоннинг бирор-бир кимёвий изланишини, хоҳ у янги модда олиш бўлсин ёки янги технологик тизим ишлаб чиқилмасин, ишлаб чиқаришни жадаллаштириш ёки маҳсулот сифатини ошириш бўлмасин, барибир уларни аналитик кимё методларини қўлласдан туриб амалга ошириб бўлмайди.

Аналитик кимё геология, геохимё, қишлоқ хўжалиги, фармацевтика, лак-бўёқчилик, нефт-кимё саноати ва халқ хўжалигининг бошқа кўпгина соҳаларида ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси ҳудуди табиий хом ашёларга бой бўлган минтақада жойлашган. Президентимиз И.Кари-мовнинг “Ўзбекистон буюк келажак сари” (Тошкент, “Ўзбекистон” нашриёти, 1998 й.) асарида мамлакатимиз ер ости бойликларининг захиралари кўрсатиб ўтилган: Ўзбекистонда 2,7 мингдан зиёд турли фойдали қазилма ва маъдан

бўлган истиқболли жойлар аниқланган. Улар 100 га яқин минерал хом ашё турларини ўз ичига олади.

Олтин захиралари бўйича республика дунёда тўртинчи ўринда, уни қазиб олиш бўйича еттинчи ўринда, мис захираси бўйича 10-11-ўринда, уран захираси бўйича 7-8-ўринда туради. Ҳозирги вақтда 4 та қимматбаҳо металл конлари қидириб топилган. Олтиннинг асосий захиралари Марказий Қизилқумда жойлашган. Бу ердаги захира республикани дунёда тўртинчи ўринга олиб чиқди. Мурунгов кони дунёдаги гигант конлар қаторига киради. Республикада кумуш конлари ҳам бор. Булар Навоий ва Наманган вилоятидаги Оқтепа конидир. Ўзбекистон рангли металллар — мис, қўрғошин, рух, волфрам ва шу гуруҳга кирувчи бошқа металлларнинг аниқланган захираларига эга.

Мис рудалари билан бирга рангли металлларнинг 15 дан ортиқ тури, чунончи, олтин, кумуш, молибден, кадмий, индий, теллур, селен, рений, кобалт, никел, осмий ва бошқалар ҳам қазиб олинади.

Рангли металллар захиралари, асосан Олмалиқ руда майдонида жамланган. Қалмақир кони ноёб конлардан бўлиб, у мис-молибден рудаларини қазиб чиқариш бўйича чет элдагилардан анча устун туради. Бу кон рудаси Ўзбекистондаги энг йирик корхоналардан бири Олмалиқ кон-металлургия комбинатида қайта ишланиб, рангли металллар олинади.

Ўзбекистон ренийнинг ноёб захираларига эга (Олмалиқ). Саноатда ренийдан авиация ва космик техника учун ўта чидамли қотишмалар, электрон ускуналар, нефтни парчалаш учун катализаторлар ишлаб чиқаришда фойдаланилади.

Республика фосфоритларга бой. Ҳозирги вақтда Қизилқум фосфорит комбинати қурилмоқда. Унда 2,7 миллион тонна фосфорит концентрати олинади.

Ўзбекистонда жуда катта калий туз конлари мавжуд бўлиб, булар Қашқадарё вилоятидаги Тубақат ва Сурхондарёдаги Хўжайкон конларидир.

Республикада тош тузи конларига бой. Бешта аниқланган тош тузи конида тахминан 90 миллиард тонна хом ашё бор.

Ҳозирги вақтда Борсакелмас (Қорақалпоғистонда) конининг тузларидан сода ишлаб чиқариш учун хом ашё сифатида фойдаланиш кўзда тутилмоқда. Кўнгиротда сода заводи қурилиши бошланди.

Ўзбекистон ҳудудида жуда кўп миқдорда нефт, газ, кўмир, каолин захиралари бўлиб, улар мамлакатимизнинг иқтисодий салоҳиятини юксалтиришда муҳим хом ашёлар ҳисобланади (И.Каримов. “Ўзбекистон буюк келажак сари”, “Ўзбекистон” нашриёти, 1998 й., 599-620-бетлар).

Бу табиий бойликлардан халқ хўжалигини иқтисодий ривожлантиришда фойдаланиш йўллари амалга ошириш учун аналитик кимёнинг анализ методлари алоҳида аҳамият касб этади. Мамлакатимиз рудаларидан тоза металллар ажратиб олиш саноат учун муҳимдир. Аналитик кимёда тоза моддалар деганда, улар таркибидаги қўшимчаларни замонавий методлар ёрдамида аниқлаб бўлмаган моддалар тушунилади. Жуда тоза моддалар таркибига кирувчи қўшимчаларни анализ қилиш атом, яримўтказгич ва металлургия саноатлари амалиётида қўлланилади.

Атом реакторларида қўлланиладиган уран таркибидаги қўшимча бўлган борнинг миқдори процентнинг юз мингдан бир улушидан ортмаслиги; яримўтказгич сифатида ишлатиладиган германий ва кремний таркибидаги қўшимчалар: фосфор, алюминий, темир ва мис миқдорлари жуда кам бўлиши лозим.

Аналитик кимё атом энергетикасида қўлланиладиган янги техник ресурслар, ракета қурилиши учун иссиққа чидамли қотишмалар ҳамда электроника учун яримўтказгич материаллар тайёрлаш соҳаларида ютуқларга эришишда муҳим ҳисса қўшади. Аналитик кимё бу соҳаларни самарали анализ усуллари билан таъминлабгина қолмай, балки кўпгина янги технологик жараёнларни яратишга ҳам асос солди.

Ўзбекистон Республикасида пахта, буғдой етиштириш қишлоқ хўжалигининг етакчи тармоғи бўлганлиги учун, тупроқ, ўғит ва бошқа препаратларни анализ қилмасдан туриб, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини жадаллаштириб бўлмайди. Тупроқ таркибидаги микроэлементлар миқдорини анализ қилиш ва ҳосилни ошириш учун етишмайдиган компонентларни аниқлаб бериш алоҳида аҳамиятга эга.

Ўзбекистонда ноорганик минерал ўғитлар, гербицидлар ва пестицидларнинг қўлланиши энг юқори меъёрлардан ҳам бир неча баробар ортиқ эди. Улар тупроқни, дарё, кўл, ер ости ва ичимлик сувларини ифлослантирди. Тупроқнинг ҳар хил саноат чиқиндилари ва маиший чиқинди-

лар билан шиддатли тарзда ифлосланиши реал тахдид туғдирмоқда. Турли кимёвий воситалар, зарарли моддалар ва минерал ўғитларни, саноат ва қурилиш материалларини сақлаш, ташиш ва улардан фойдаланиш қоидаларининг қўпол равишда бузилиши ернинг ифлосланишига олиб келмоқда. Фойдали қазилмаларни жадал қазиб олиш, кўпинча уларни қайта ишлашнинг технологик схемалари номукамаллиги кўп миқдорда ағдармалар, кул, шлак ва бошқа моддалар тўпланиб қолишига олиб келмоқда. Булар деҳқончилик учун яроқли бўлган ерларни эгаллабгина қолмай, балки тупроқни, ер усти ва ер ости сувларини, атмосфера ҳавосини ифлослантириш манбаларига ҳам айланмоқда. Республикада заҳарли чиқиндилардан фойдаланиш саноати эса ҳозирча яратилган эмас.

Ҳаво бўшлигининг ифлосланиши ҳам республикада экологик хавфсизликка солинаётган тахдиддир. Мутахассисларнинг маълумотларига қараганда, ҳар йили республиканинг атмосфера ҳавосига 4 миллион тоннага яқин зарарли моддалар чиқарилмоқда. Шуларнинг ярми углерод оксидларига тўғри келади, 15 фоизини углеводород чиқиндилари, 14 фоизини олтингутурт қўш оксиди, 9 фоизини азот оксидлари, 8 фоизини қаттиқ заррачалар ташкил этади ва 4 фоизга яқини ўзига хос ўткир заҳарли моддаларга тўғри келади.

80-йилларнинг бошларида қўшни Тожикистонда алюмин олувчи завод ишга туширилиши натижасида Ўзбекистоннинг Сурхондарё вилоятига қарашли кўплаб туманларида экологик жиҳатдан танг аҳвол вужудга келди. Завод атмосферага кўп миқдорда водород фторид, углерод оксидлари, олтингутурт бирикмалари, азот оксидларини чиқариб ташламоқда.

“Экологияга солинаётган хавф Ўзбекистон учун, умуман бутун Марказий Осиё минтақаси учун нақадар юқори эканлигини ҳисобга олган ҳолда ҳукумат ва давлат атроф-муҳитни ҳимоя қилиш, табиий захиралардан оқилона фойдаланиш масалаларига жуда катта эътибор бермоқда” (И.Каримов. “Ўзбекистон буюк келажак сари”, “Ўзбекистон” нашриёти, 1998 й., 511-520-бетлар).

Аналитик кимё атроф-муҳитни муҳофаза қилиш, чиқиндилар таркибини ўрганиш, ер ости сувлар таркибини ўрганиш билан боғлиқдир. “Бизнинг хавфсизлигимизга тахдид солаётган омиллардан бири экологик муаммо

эканлиги ҳаммамизга аёнدير”(И.Каримов “Ўзбекистон буюк келажак сари”, “Ўзбекистон” нашриёти, 1998 й). Атроф-муҳитнинг ифлосланиш даражасини текшириб туриш умумдавлат жамияти бўлиб, у атмосфера ифлослиги, тупроқ, денгиз ва чучук сувларнинг таркибини, ифлосланиш даражасини кузатиб боради. Чунки сув, атмосфера ҳавоси таркибидаги ўзгаришларни аниқламасдан, уларни тозалашга киришиб бўлмайди.

## **1.2. Аналитик кимё фанининг қисқача тарихи**

Аналитик кимёдаги кўпгина методлар ва уларнинг йўллари қадим замонлардан маълум эди. Аналитик кимёнинг амалий усуллари қадим замонда дастлабки кимёвий ишлаб чиқариш эҳтиёжлари туфайли пайдо бўлди ва ривожланди. Дастлаб, сифат анализи баъзи табиий бирикмаларни хусусиятларига қараб аниқлашдан иборат бўлган. Микдорий анализ аввал текшириш санъати деб аталувчи шаклда пайдо бўлди, бу йўл билан олтин ва қумуш каби қимматбаҳо металлларнинг тозаллиги (пробаси) аниқланар эди. Бу усуллар кўҳна Миср, Юнонистон ва Киев Русида қўлланилган. Ҳа вақтларда эритмаларда борадиган реакцияларнинг амалий аҳамияти деярли йўқ эди.

XVII асрда саноатнинг турли тармоқларидаги ишлаб чиқаришнинг ривожланиши янги анализ ва изланишлар талаб қилди. XVII аср ўрталарида аналитик кимё фан сифатида шаклланди. Минерал, маъдан ва бошқа моддалар таркибини аниқлашга жуда катта қизиқиш пайдо бўлди ва шу вақтда кимёвий анализ кимё фанидаги илмий тадқиқотнинг асосий методи сифатида қўлланила бошлади. Кимёвий анализ ҳақидаги умумий тушунчалар Бойл (1627-1691 йиллар, инглиз) томонидан XVII асрнинг иккинчи ярмида ишлаб чиқилди. Бойл эритма билан ишлаш реакцияларини ва бошқа муҳим янги усулларни таклиф этди.

Кимёвий анализда биринчи бўлиб тарозини қўллашни М.В.Ломоносов (1711-1765 йиллар, рус) томонидан мутасил амалга оширилди. У томонидан газ анализининг асослари яратилди, кристалларининг шакли бўйича сифат анализини бажаришда микроскопни қўллаш таклиф қилинди.

Т.Е.Ловиц (1756-1804 йиллар, рус) XVIII аср охирида кристалларнинг шакли билан уларнинг кимёвий таркиби орасидаги боғланишни аниқлади ва микрокристаллоскопик анализ методига асос солди.

В.М.Севергин (1765-1826 йиллар, рус) эритма ранги интенсивлигини модда концентрациясига боғлиқлигини ифодаловчи колориметрик анализ методини яратди. Бу олимнинг аналитик кимёни ривожлантиришдаги йирик ҳиссаси, кимёвий анализ методлари тўғрисидаги бир неча ўқув қўлланмаларини яратганлигидир.

XVIII аср охири ва XIX аср бошларида швед кимёгарлари Т.У.Бергман (1735-1784), Берцелиус (1779-1848), рус кимёгари К.К.Клаус (1796-1864) ва бошқалар меҳнатлари асосида систематик сифат анализи яратилди. Немис кимёгари К.Р.Фрезениус (1818-1871) томонидан сифат ва миқдор анализидан дарслик яратилди, биринчи бўлиб, аналитик кимё журнаliga асос солди. 1824-1848 йилларда француз олими Гей-Люссак (1778-1850) фанга титриметрик анализ методини ишлаб чиқди ва ҳозирги вақтга қадар бу метод ўз моҳиятини сақлаб келмоқда. 1859-1860 йилларда немис олимлари Р.В.Бунзен (1811-1899) ва Г.Р.Кирхгоф (1824-1887) сифат анализининг физикавий методларидан энг муҳими спектрал анализни ишлаб чиқдилар. Бу анализ ҳозирги замонда узлуксиз ривожланмоқда. Рус кимёгари Д.И.Менделеев (1834-1907) томонидан кашф қилинган даврий қонун ва элементларнинг даврий системаси аналитик кимё методларининг назарий пойдевори бўлди ва аналитик кимё ривожланишининг асосий йўналишларини белгилаб берди.

XIX асрнинг охири ва XX асрнинг бошида физикавий кимёнинг тез тараққий этиши ҳам аналитик кимёнинг ривожланишига катта таъсир қилди. Рус олими Н.Бекетов (1827-1911)нинг кимёвий реакцияларда мувозанат тўғрисидаги фикрлари, голландиялик олимлар К.М.Гулдберг (1836-1902) ва П.Вааге (1833-1900)ларнинг массалар таъсири қонуни, анализ назарияси соҳасига швед олими С.Аррениус (1859-1927) томонидан 1887 йилда электролитик диссоциаланиш назариясининг киритилиши, илгари бирмунча эмпирик тарзда бўлган бир қанча аналитик реакциялар ва иш усулларини назарий жиҳатдан асослашда ғоят муҳим бўлди. Эрувчанлик кўпайтмаси ҳақидаги қонун ва

гальваник элементлар назариясини ишлаб чиққан немис физик-кимёгари В.Нернст (1864-1941) ишлари, оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг моҳияти электронларнинг ўтиши билан боғлиқ эканлигини 1910-1914 йилларда аниқлаган Л.В.Писаржевский (1874-1938) ишлари ҳам анализ учун қўшилган ҳисса бўлди. Физикавий кимё оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг қайси томонга боришини назарий жиҳатдан олдиндан айтиб беришга, уларнинг мувозанат константасини ҳисоблашга, энг мувофиқ оксидловчи ва қайтарувчи танлашга ва бошқа қатор муҳим масалаларни ҳал қилишга имкон берадиган оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари таълимоти билан аналитик кимёни янада такомиллаштирди.

XIX асрнинг охирида рус олими Н.С.Курнаков (1860-1941) яратган “таркиб-хосса” диаграммасини ўрганишга бағишланган асари физик-кимё анализи соҳасининг махсус бўлими бўлиб қолди. Физик-кимё анализ методи моддани кристалл ёки аморф кўринишда ажратиб олмасдан туриб, унинг таркибини ўрганиш, топиш ва аниқлашга имкон беради.

Органик моддаларни аналитик кимёда чўктирувчи сифатида биринчи марта М.А.Ильинский (1856-1941) ва Л.А.Чугаев (1873-1922)лар қўллади.

Органик реактивларнинг қўлланилиши аналитик кимё имкониятларини анча кенгайтди.

Ўз хоссалари билан бир-бирига яқин моддаларнинг адсорбция ва бошқа бир қатор хусусиятларига асосланиб, уларни бир-биридан ажратиш методини 1903-йил М.С. Цвет (1872-1919) таклиф қилди ва бу метод хроматографик анализ деб номланди.

Чех олими Я. Гейровский (1890-1967) томонидан 1925 йил полярографик анализ методи яратилди.

Иккинчи жаҳон уруши йиллари аналитик кимёнинг ривожланиши асосан мудофаа ишларини бажариш билан боғлиқ бўлди. Н.А.Тананаев (1878-1959) томчи методи асосида металлар ва қотишмаларни анализ қилишнинг “қириндисиз текшириш” методини ишлаб чиқди. Айни усул билан текшириладиган намунага бир томчи кислота томизилади ва эритма анализ қилинади.

Аналитик кимё фанининг ривожланишида ўзбек олимларининг ҳам ҳиссалари катта. Республикаимизнинг бир қатор

олий ўқув юртлири ва илмий-тадқиқот институтларида аналитик кимёнинг ҳар хил йўналишлари бўйича илмий ишлар олиб борилмоқда. Шундай мутахассислар жумласига академик Ш.Т.Толиповни киритиш мумкин.

Ш.Т.Толипов 1938 йилдан Ўзбекистон Миллий университети аналитик кимё кафедрасига мудирлик қилиб келди. Бу олим фторидлар иштирокида борадиган реакцияларни кимёвий анализда қўллашни, хромни аниқлаш, натрий ва калий каби ишқорий металлларни аниқлашнинг янги методларини яратди. Ҳозирги даврда шу кафедрада доцент Н.Туробов раҳбарлигида олимлар аналитик кимё фанидан талабаларга билим бериб, илмий изланишлар олиб бормоқдалар.

Академик Н.А.Парпиев (Тошкент Кимё-технология институти) комплекс бирикмалар кимёси соҳасида илмий изланишлар олиб борди ва аналитик кимёнинг ривожланишига ўз ҳиссасини қўшди.

Ушбу институтда аналитик кимё кафедрасида К.З.Раҳматуллаев узоқ давр мобайнида мудирлик қилди ва илмий-тадқиқот ишлари олиб борди. Ҳозирги даврда шу институтда талабаларга аналитик кимё фанидан дарсликлар, ўқув қўлланмалари нашр қилдирган доцент М.С.Миркомилова каби олимлар талабаларга таҳсил бермоқдалар.

Ўзбек олимларидан Тошкент Фармацевтика институтида аналитик кимё фанини ривожлантиришга муносиб ҳисса қўшган профессор М.А.Азизовни кўрсатиш мумкин. У комплекс бирикмалар олиш бўйича илмий ишлар олиб борди, янги дори-дармонлар яратди.

Ўзбекистон Фанлар академиясининг Ядро физикаси институтида кўп йиллар давомида профессор А.Ф.Ғаниев бошчилигида нодир металлларнинг комплекс бирикмаларини ҳосил қилиш бўйича самарали илмий изланишлар олиб борилди. Академиянинг Умумий ва ноорганик кимё институтида анализнинг физик-кимёвий методлари бўйича профессор Т.Азизов раҳбарлигида илмий-текшириш ишлари олиб борилмоқди.

Ҳозирги даврда Ўзбекистон қудратли кимё саноати ва унга муносиб кимё фани мавжудлиги билан ажралиб туради. Кимё фанлари орасида аналитик кимёда янги, замонавий анализ методлари қўлланиладиган соҳалар кенгайиб бормоқда. Кўпгина саноат тармоқларида 10<sup>-6</sup>% ва ундан оз



миқдордаги компонентни аниқлаш зарурати туғилмоқда. Чунки шу миқдордаги қўшимчаларни бўлиши ҳам маҳсулот сифатига салбий таъсир кўрсатиши мумкин. Бундай мураккаб вазифаларни бажаришда янги аниқлаш методларидан фойдаланилмоқда. Анализнинг инструментал методларидан атом-абсорбцион, спектроскопия, резонанс, активацион-анализ ва бир қатор бошқа методлар тез суръатлар билан ривожланмоқда. Тезкор, аниқ автоматлашган, моддани парчаламай ва ажратмай анализ қилиш методларини қўллаш замонавий аналитик кимёнинг янги хислатларидир.

### 1.3. Аналитик кимё методлари

Аналитик кимё анализдаги мақсад ва уни ҳал қилиш методларига қараб иккита йирик қисмга: сифат анализи ва миқдорий анализларга бўлинади.

Сифат анализда текширилаётган модда таркибидаги айрим элементлар (ионлар)ни бор-йўқлиги аниқланади.

Миқдорий анализда текширилаётган модда таркибидаги айрим таркибий қисмнинг миқдори аниқланади.

Ҳозирги даврда аналитик кимё текширишда кўп сонли ва турли-туман методлардан фойдаланмоқда. Бу методларни уч гуруҳга: кимёвий, физикавий ва физик-кимёвий методларга ажратиш мумкин.

Кимёвий методлар кимёвий ўзгаришларга асосланган бўлиб, бу ўзгаришлар эритмаларда боради ва чўкмалар, рангли бирикмалар ва газсимон моддалар ҳосил бўлишига сабабчи бўлади. Анализ учун фойдаланиладиган кимёвий жараёнлар аналитик реакциялар деб, уларни амалга оширувчи моддаларни **реагентлар** номи билан аталади.

Кўпчилик кимёвий методлар яхши текширилган ва классик методлар ҳисобланади. Лекин мавжуд методлар сезилувчанлиги ва аниқлашга яроқлилиги жиҳатдан, айниқса, моддалар тозалигини аниқлашда, фан ва техниканинг ўсиб бораётган талабларига ҳамма вақт ҳам жавоб бера олмайди. Анализларнинг кимёвий методлари ёрдамида бажарилиш тезлиги ҳам ишлаб чиқариш эҳтиёжларини ҳар доим қондира олмайди, ҳолбуки ишлаб чиқаришда технологик жараёнларни тартибга солиб туриш учун анализ натижаларини қисқа муддатда олиб туриш жуда муҳимдир. Шу сабабли

юқори сезгирликка эга бўлган ва тез бажариладиган анализ методлари ҳам ишлаб чиқилган экспресс методлар яратилмоқда. Бу талабларни кўп даражада физикавий ва физик-кимёвий методлар қаноатлантиради.

Анализнинг физикавий методлари модданинг кимёвий таркиби билан унинг айрим физикавий хоссалари ўртасидаги боғланишдан фойдаланишга асосланади. Чунончи, спектрал анализда модда газ алангасига, электр ёйига киритилганда содир бўладиган нурланиш спектри текширилади. Спектрда изланаётган элементлар учун хос чизиқлар бўлишига қараб, текшириляётган моддада ўша элементлар бор-йўқлиги ҳақида, чизиқларнинг равшанлик даражасига қараб эса уларнинг миқдори тўғрисида хулоса чиқарилади. Спектрал анализ жуда сезгир ( $10^{-6}$ - $10^{-8}$ г), оз вақт олади ва кўп миқдор модда талаб қилмайди.

Анализнинг физик-кимёвий методлари кимёвий реакциялар вақтида содир бўладиган физикавий ўзгаришлар (эритмалар ранги интенсивлигининг ўзгариши, эритмалар электр ўтказувчанлигини, оксидланиш-қайтарилиш потенциалининг ўзгариши ва ҳоказолар)ни текширишга асосланган. Жумладан, колориметрик анализ модданинг концентрацияси ўзгариши билан эритма рангининг интенсивлиги ўзгаришини аниқлашга асосланган; кондуктометрик титрлаш методи эса эритма концентрацияси ўзгарганда электр ўтказувчанлик қийматини ўлчашга асосланади.

Физикавий ва физик-кимёвий методлар баъзан инструментал методлар номи билан юритилади, чунки модданинг бирор хоссасини ифодаляйдиган муайян параметрлар қийматини аниқ ўлчашга имкон берадиган нозик асбоб-ускуналар (инструментлар)дан фойдаланилади.

Физик-кимёвий ва физикавий методларнинг бир қатор афзалликларига қарамасдан, аналитик кимё фани асосини ташкил қилувчи кимёвий методлар техник ва қишлоқ хўжалик анализларида кўпроқ амалий аҳамиятга эгадир.

## Саволлар

1. Аналитик кимё фани нимани ўрганади ва унинг вазифалари нимадан иборат?
2. Сифат ва миқдорий анализларнинг вазифалари нималардан иборат?

3. Аналитик кимё олдига қўйилган муаммолар қандай методлар ёрдамида ҳал қилинади?
4. Кимёвий реакциялар борганда юз берадиган физикавий ҳодисаларни кузатишга асосланган метод қандай номланади?
5. Анализнинг кимёвий методи моҳиятини тавсифланг.

## Б и р и н ч и қ и с м

# АНАЛИТИК КИМЁНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

## II БОБ. ГОМОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ КИМЁВИЙ МУВОЗАНАТ

### 2.1. Массалар таъсири қонуни. Кимёвий мувозанат

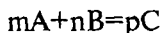
Кимёвий реакцияларнинг тезлиги, кимёвий мувозанат ва эритмалар ҳақидаги таълимотлар энг муҳим назарий масалалар бўлиб, аналитик кимё фани шу қонуниятларга асосланади.

Аналитик реакцияларнинг тезлиги реакцияга кирувчи моддаларнинг моляр концентрацияларини вақт бирлигида ўзгариши билан ифодаланади; реакция тезлиги бу моддаларнинг табиатига шунингдек, уларнинг концентрациясига, температурасига, катализаторлар иштирокига ва бошқа омилларга боғлиқ бўлади.

Кимёвий реакция тезлигининг реакцияга киришувчи моддаларнинг концентрацияларига боғлиқлигини ифодаловчи қонун 1867 йилда голландиялик Гулдберг ва Вааге томонидан кашф қилиниб, уни массалар таъсири қонуни деб юритилади.

Кимёвий реакциянинг тезлиги ўзгармас температурада реакцияга киришувчи моддаларнинг моляр концентрациялари кўпайтмасига тўғри пропорционалдир.

Кимёвий реакция тенгламасини умумий ҳолда қуйидаги кўринишда келтириш мумкин:

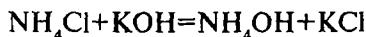


Бу тенгламага массалар таъсири қонунини тадбиқ қилиб, реакция тезлигининг математик ифодасини ёзамиз:

$$v = k[A]^m \cdot [B]^n$$

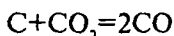
бу ерда,  $k$  – тезлик константаси, айна реакцияси учун доимий катталиқдир.

Конкрет гомоген реакциялар тенгламаси учун реакция тезлиги ифодасини келтирамиз:



$$v = k[\text{NH}_4\text{Cl}] \cdot [\text{KOH}]$$

Гетероген реакцияларда қаттиқ фазадаги моддалар иш-тироқи сабабли, реакция тезлиги қаттиқ модданинг умумий концентрациясига боғлиқ бўлмай, фақат газсимон (ёки эриган) моддалар концентрациясига боғлиқ бўлади:



$$v = k[\text{CO}_2]$$

Массалар таъсири қонуни аналитик кимё анализларида залворли аҳамиятга эга. Сифат анализининг назарий асоси ҳар турли мувозанат ҳолатидаги кимёвий жараёнларга масалар таъсири қонунини изчиллик билан қўллашдан иборат. Ҳар бир аналитик реакция қайтар жараён бўлиб, қайтар реакциялар охиригача бормай, кимёвий мувозанат ҳолати юз беришига олиб келади. Кимёвий мувозанат вужудга келишига сабаб, реакцияга киришувчи моддаларнинг концентрациялари ўзгариши натижасида тўғри ва тескари реакция тезликларининг бир-бирига тенглашиб қолишидир.

Куйидаги реакцияда кимёвий мувозанат қарор топади, деб ҳисоблайлик.



Кимёвий мувозанат ҳолатида тўғри реакция тезлиги ( $v_1$ ) тескари реакция тезлиги ( $v_2$ )га тенглашади, яъни

$$v_1 = v_2 \quad (2.1)$$

Тўғри реакция тезлиги  $v_1 = k_1[\text{FeCl}_3] \cdot [\text{KSCN}]^3$ .

У-6189

Тескари реакция тезлиги  $\vartheta_2 = k_2[\text{Fe}(\text{SCN})_3] \cdot [\text{KCl}]^3$  бўлади. Мувозанат ҳолати учун:

$$k_1 \cdot [\text{FeCl}_3] \cdot [\text{KSCN}]^3 = k_2 [\text{Fe}(\text{SCN})_3] \cdot [\text{KCl}]^3$$

Доимий миқдор  $k_1$  ва  $k_2$  ларни тенгламанинг бир томонига, концентрациялар ифодасини иккинчи томонига кўчирсак:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})_3] \cdot [\text{KCl}]^3}{[\text{FeCl}_3] \cdot [\text{KSCN}]^3} \quad (2.2)$$

бўлади. Зотан, икки доимий катталиқнинг нисбати ҳам доимий сон бўлганлиги учун уни  $K_{\text{мув}}$  (мувозанат константаси) билан белгилаймиз. Бунда, қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$K_{\text{мув}} = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})_3] \cdot [\text{KCl}]^3}{[\text{FeCl}_3] \cdot [\text{KSCN}]^3} \quad (2.3)$$

Кимёвий мувозанат вужудга келганда реакция маҳсулотлари моляр концентрациялари кўпайтмасининг дастлабки моддалар моляр концентрациялари кўпайтмасига нисбати айни температурада шу реакция учун доимий катталик бўлиб, мувозанат константаси дейилади.

Кимёвий мувозанат константаси  $K$  нинг физикавий маъноси шундан иборатки, айни температурада ва концентрациялар бир хил (реакцияга киришувчи моддалар концентрациялари 1 мол/л дан бўлганда ёки уларнинг концентрациялари кўпайтмаси 1 га тенг) бўлганда тўғри реакциянинг тезлиги тескари реакциянинг тезлигидан неча марта катта эканлигини кўрсатади.

Умумий тенглама  $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons p\text{C} + q\text{D}$  билан ифодаланадиган реакция учун уч хил мувозанат константаси бўлиши мумкин.

Термодинамик мувозанат константаси ( $K_T$ ) реакцияда иштирок этувчи компонентларнинг активликларини ҳисобга олган ҳолда ёзилади:

$$K_T = \frac{\alpha_C^p \cdot \alpha_D^q}{\alpha_A^m \cdot \alpha_B^n} \quad (2.4)$$

$K_T$  моддалар табиати ва ҳароратга боғлиқ бўлади.  
Тенглама (2.4) даги ҳамма моддалар активликлари  $(\alpha=[\cdot] \cdot f)$  ни  $[\cdot] \cdot f$  билан алмаштирилса, у ҳолда

$$K_T = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} \cdot \frac{f_C^p \cdot f_D^q}{f_A^m \cdot f_B^n} = K_C \cdot F \quad (2.5)$$

бу ерда,  $K_C$  – концентрацион мувозанат константаси

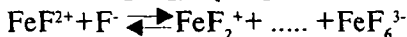
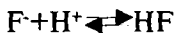
$$F = \frac{f_C^p \cdot f_D^q}{f_A^m \cdot f_B^n} \text{ бўлганлиги учун, } K_C = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n}$$

Бинобарин,  $K_C = \frac{K_T}{F}$  келиб чиқади.

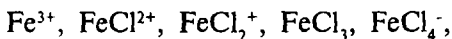
$K_C$  реакцияга киришувчи моддалар табиати ва ҳароратнинг функцияси бўлибгина қолмасдан, балки ион кучининг ҳам функциясидир. Агар  $\mu \rightarrow 0$ ,  $f \rightarrow 1$ , у ҳолда  $K_C \rightarrow K_T$  бўлади.

Эритмада асосий реакция компонентларидан ташқари, ёнаки реакцияга киришувчи бегона моддалар ҳам иштирок этса ва бу бегона моддалар асосий реакция компонентлари билан рақобат реакцияга киришса, у ҳолда системада мувозанат ҳолати ҳар бир кимёвий реакция мувозанат ҳолатига келгандан кейингина содир бўлади.

Масалан, асосий реакция  $\text{Fe}^{3+} + \text{F}^- \rightarrow \text{FeF}_2^+$  таркибида  $\text{HCl}$  бўлган эритмада бораяпти, деб фараз қилайлик. Бу системада асосий реакция билан биргаликда қуйидаги рақобат реакциялари ҳам бориши мумкин:



Мувозанат пайтида фтор билан боғланмаган темир (III) ионлари эритмада қуйидаги кўринишда бўлиши мумкин:



фтор эса  $F^-$  ва  $HF$  ҳолида ва  $FeF_2^+$  дан  $FeF_6^{3-}$  гача бўлиши мумкин.

Асосий реакция компонентларининг мувозанат концентрацияларини қуйидаги тенглик орқали ифодаланади:

$$[Fe^{3+}] = C_{Fe^{3+}} \cdot \gamma_{Fe^{3+}}; C_{Fe^{3+}} = [Fe^{3+}] + [FeCl^{2+}] + \dots + [FeCl_4^-]$$

$$[Fe^-] = C_{F^-} \cdot \gamma_{F^-}; C_{F^-} = [F^-] + [HF]$$

$$[FeF^{2+}] = C_{FeF^{2+}} \cdot \gamma_{FeF^{2+}}; C_{FeF^{2+}} = [FeF^{2+}] + \dots + [FeF_6^{3-}]$$

бундаги  $\gamma_{Fe^{3+}}$ ,  $\gamma_{F^-}$ ,  $\gamma_{FeF^{2+}}$  мутаносиб ҳолда  $Fe^{3+}$ ,  $F^-$ ,  $FeF^{2+}$  ларнинг моляр қисмлари.

Моляр қисм – айти бир шакл концентрацияси берилган элемент (ион)нинг эритмадаги ҳамма шакллари концентрациялари йиғиндиси (C)нинг қандай қисмини таш-

кил қилишини кўрсатади:  $\gamma = \frac{\Pi}{C}$ .

Агар системада асосий реакция компонентларидан ташқари асосий реакция компонентлари билан рақобат реакциясига киришувчи бегона моддалар иштирок этса, у ҳолда (2.4) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$K_T = \frac{\alpha_C^p \cdot \alpha_D^q}{\alpha_A^m \cdot \alpha_B^n} = \frac{[C]^p \cdot [D]^q}{[A]^m \cdot [B]^n} \cdot \frac{f_C^p \cdot f_D^q}{f_A^m \cdot f_B^n} = \frac{C_C^p \cdot C_D^q}{C_A^m \cdot C_B^n} \cdot \frac{\gamma_C^p \cdot \gamma_D^q}{\gamma_A^m \cdot \gamma_B^n} \cdot F$$

$$\text{бу тенгламадаги } \frac{C_C^p \cdot C_D^q}{C_A^m \cdot C_B^n} = K_u \quad (2.6)$$

$K_u$  – шартли ёки эффектив мувозанат константаси.

$$\frac{\gamma_C^p \cdot \gamma_D^q}{\gamma_A^m \cdot \gamma_B^n} = \gamma \text{ бўлганлиги учун, } K_u = \frac{K_T}{\gamma \cdot F} = \frac{K_c}{\gamma}$$

Шартли мувозанат константаси ( $K_u$ ) реакцияга киришувчи моддалар табиати, ҳарорат, ион кучи ва рақобат ре-



акциясига киришувчи бегона моддалар концентрациясига ҳам боғлиқдир.

Турли типдаги реакциялар рақобат реакциялари бўлиши мумкин, чунончи комплекс ҳосил қилиш, оксидланиш-қайтарилиш, чўктириш, кучсиз кислота ва кучсиз асослар ҳосил бўлиши ва ҳоказо.

Ҳар бир кимёвий реакцияда кўплаб  $K_{\text{ш}}$  бўлиши мумкин. Маълумотномаларда фақат оддий реакцияларнинг термодинамик мувозанат константалари берилган бўлиб, концентрацион ва шартли мувозанат константалари кўрсатилмайди.

Агар мувозанат константаси  $K=1$  бўлса, бунда тўғри ва тесқари реакцияларнинг тезликлари деярли тенглигини (бир хил эканлигини) билдиради. Бордию,  $K(\text{мув})$ нинг қиймати 1 дан кичик бўлса, бу тесқари реакция катта тезлик билан бораётганлигини билдиради, бинобарин  $K(\text{мув})$ нинг сон қийма­тига қараб реакциянинг қайси томонга бораётганлигини билиш мумкин. Кимёвий мувозанат константаси  $K(\text{мув})$  жуда катта бўлса, бу тўғри реакция охиригача боришини кўрсатади; яъни бу ҳолда мувозанат ўнгга силжиган бўлади.

Массалар таъсири қонунига суяниб, кимёвий мувозанат ҳолатини бошқариш мумкин, яъни қайтар реакцияларнинг мувозанатини у ёки бу йўналишга буриш мумкин. Масалан, юқорида кўрилган мувозанатдаги системадаги калий роданид концентрациясини оширилса, бунда кимёвий мувозанат тўғри реакция томонга силжийди,  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  нинг концентрацияси ошганлиги учун эритманинг қизил рангга бўялиши кучаяди. Аксинча, калий хлориднинг кристалларини қўшилиши тесқари реакциянинг устунлигини келтириб чиқаради, кимёвий мувозанат чапга силжийди, темир (III)-роданиднинг концентрацияси камаяди. Эритманинг ранги қизил рангдан сарғиш рангга ўта бошлайди.

Массалар таъсири қонуни қатъий тарзда электролит-маслар ва кучсиз электролитларнинг сувли суюлтирилган эритмаларига қўлланилади. Кучсиз электролитларнинг сувдаги концентрланган эритмалари ва ҳамма кучли электролитлар (кислоталар, ишқорлар, тузлар)нинг сувдаги эритмалари массалар таъсири қонунига бўйсунмайди.

## 2.2. Массалар таъсири қонунини электролитик диссоциланиш жараёнига қўлланиши

Аналитик кимёда кўпгина ҳолларда кучсиз электролитлар эритмалари билан иш бажарилади. Кучсиз электролитларнинг сувли эритмаларининг ҳамма хоссаларини электролитик диссоциланиш назарияси тушунтириб беради. Бу назариянинг моҳияти қуйидагилардан иборат: тузлар, кислоталар ва асосларнинг молекулалари сувда эритилганда ионларга парчаланadi; бу ионлар эритмада мустақил заррачалар ҳолида фаолият кўрсатиб, бошқа ионлар ва молекулалар бўлишига боғлиқ бўлмаган тарзда кимёвий ва электрокимёвий реакцияларда иштирок эта олади. Ионларнинг мусбат ва манфий зарядлари миқдори тенг бўлганлиги учун эритма бутунлигича электронейтралдир.

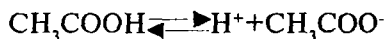
Кучсиз электролитларнинг сувли эритмаларида фақат диссоциланиш бормасдан, яъни молекулаларнинг ионларга парчаланиши жараёни билан биргаликда тескари жараён — ассоциация жараёни, яъни ионларнинг бирикиб, молекулаларга айланиши ҳам боради, бунда электролитнинг диссоциланмаган молекулаларини камайиб бориши ҳисобига ионланиш тезлиги пасаяди, ассоциланиш тезлиги эса ошади. Ниҳоят бу динамик мувозанатга олиб келади, диссоциланмаган молекулалар ва ионлар нисбий миқдорлари доимий бўлиб қолади, бу нисбат электролитик диссоциланиш даражаси билан тавсифланади.

Эритилган электролитнинг умумий миқдоридан қанча қисми ионларга ажралишини кўрсатувчи сон электролитик диссоциланиш ёки ионланиш даражаси дейилади ва грекча  $\alpha$  (альфа) ҳарфи билан белгиланади.

Электролит эритмаларининг ионланиш даражаси айни электролит табиатига, ишлатилган эритувчи табиатига, шу билан бирга эритма концентрациясига боғлиқ бўлади. Ионланиш даражаси қиймати амалда ҳар хил усуллар билан масалан, эритманинг электр ўтказувчанлигини, унинг музлаш температурасининг пасайишига ва қайнаш нуқтасининг ошишига қараб ва бошқа усуллар билан аниқланади.

Электролитик диссоциланиш қайтар жараён бўлиб, диссоциаланмаган молекулалар ва ионлар ўртасида кимёвий мувозанат вужудга келишига олиб келади. Шу сабабли,

бу жараёнга массалар таъсири қонунини татбиқ қилиш мумкин. Масалан, сирка кислотанинг диссоциланишини қуйидагича кўрсатиш мумкин:



Бу тенгламага массалар таъсири қонунини татбиқ қилсак, мувозанат константаси келиб чиқади, электролитлар учун мувозанат константаси тушунчаси электролитнинг диссоциланиш ёки ионланиш константаси номи билан ишлатилади.

$$K_{\text{ион}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]};$$

Агар электролитнинг формуласини  $\text{KtAn}$  шаклида ифодаланса, ионланиш тенгламаси умумий кўринишда қуйидагича ёзилади:



$$K_{\text{ион}} = \frac{[\text{Kt}^+] \cdot [\text{An}^-]}{[\text{KtAn}]} \quad (2.7)$$

$K_{\text{ион}}$  электролитнинг ионларга ажралиш мойиллигини ўлчовидир.  $K_{\text{ион}}$  қиймати қанча катта бўлса, кучсиз электролит шунча кўпроқ диссоциланади ва эритмадаги бу электролит ионларининг концентрациялари шунчалик юқори бўлади.

Ионланиш даражаси ва константаси молекулаларнинг ионларга парчаланишидан иборат битта жараённи ифодалагани учун, бу қийматлардан бирини иккинчиси ёрдамида аниқлаш мумкин.

Бинар электролитнинг, масалан,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  нинг ҳар бир ажралаётган молекуласи биттадан катион ( $\text{H}^+$ ) ва биттадан анион ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) беришини ҳисобга олиб, ионланиш константаси тенгламасини бошқача кўринишда ёзиш мумкин. Шу мақсадда, иккита ионга парчаланувчи электролит ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )нинг моляр концентрациясини  $C$  (мол/л) билан, унинг ионланиш даражасини одатдагидек  $\alpha$  билан

белгилаймиз. Диссоциланишдан ҳосил бўлган ҳар бир ионни концентрацияси  $C\alpha$  га тенг бўлади; диссоциланмаган молекулаларнинг концентрацияси эса  $C - C\alpha$  ёки  $C(1-\alpha)$  қийматга эга бўлади. Бу шартли белгиларни бинар электролитнинг ионланиш константаси тенгламаси (2.7)га қўйсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$K = \frac{(C\alpha) \cdot (C\alpha)}{C(1-\alpha)} = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}; \quad K = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \quad (2.8)$$

Бу (2.8) тенглама Оствалд (немис олими)нинг суолтириш қонуни номи билан юритилувчи қонуннинг математик ифодаси бўлиб, кучсиз электролитнинг ионланиш даражаси билан шу электролит концентрацияси орасидаги боғланишни ифодалайди.

Электролит етарлича кучсиз бўлса ва унинг эритмаси унча суолтирилмаган бўлса, айти электролит эритмасининг ионланиш даражаси  $\alpha$  жуда кичик бўлади,  $(1-\alpha)$ нинг қиймати бирга деярли тенг бўлиб қолади. Шу сабабли, бундай электролитлар учун ионланиш константаси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$K = \alpha^2 \cdot C \text{ ёки } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} \quad (2.9)$$

Кўриб ўтилган қонуниятлар асосида экспериментал йўл билан топилган ионланиш даражаси ёрдамида кучсиз электролитнинг ионланиш константаси қийматини ҳисоблаб чиқариш мумкин, аксинча ионланиш константасининг қиймати маълум бўлса, кучсиз электролитнинг ионланиш даражасини Оствалднинг суолтириш қонуни тенгламасидан фойдаланиб, ҳисоблаб топиш имконияти мавжуд.

**1-мисол.** Сирка кислотанинг 0,1 N эритмасининг ионланиш даражаси 1,35% га тенг бўлса, сирка кислотанинг ионланиш константаси қийматини топинг.

**Ечиш.** 1. Ионланиш даражасининг фоизларда ифодаланган қийматидан мол/л да ифодаланган қийматига ўтилади:

1 мол – 100%

X мол – 1,35%

$$X = \frac{1,35 \cdot 1}{100} = 0,0135$$

ёки  $\alpha = 1,35:100 = 0,0135$ .

2. Ионланиш константаси тенгламаси (2.8)дан  $K_{\text{ион}}$  топилади. Сирка кислота 1 негизли бўлганлиги учун  $0,1N$  эритмаси  $0,1M$  ҳисобланади.

$$K_{\text{ион}} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0,1 \cdot (0,0135)^2}{1-0,0135} = 1,85 \cdot 10^{-5}$$

**2-мисол.** Чумоли кислотанинг  $0,2N$  эритмасида водород ионлари концентрацияси  $6,0 \cdot 10^{-3}$  мол/л бўлса, шу кислотанинг ионланиш даражаси ва константасини ҳисобланг.

**Ечиш.** 1. Ионланиш даражаси қиймати топилади:

$$[H^+] = C \cdot \alpha \text{ бу ердан } \alpha = \frac{[H^+]}{C} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 3 \cdot 10^{-2}$$

2. Ионланиш даражаси қиймати асосида ва шу эритманинг концентрацияси ( $0,2N = 0,2M$ ) ёрдамида чумоли кислотанинг ионланиш константасини ҳисобланади:

$$K_{\text{ион}} = C\alpha^2 = 0,2(3 \cdot 10^{-2})^2 = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

### 2.3. Кучли электролитлар назарияси

Кучсиз электролитларнинг ионланиши кимёвий мувоzanатга олиб келади ва маълум константа билан тавсифланиши мумкин. Кучли электролитларнинг ионланиши тажрибаларнинг кўрсатишича, массалар таъсири қонунига бўйсунмайди. Қандайдир бирор кучли электролитнинг ҳар хил концентрация учун ионланиш даражаси қийматини аниқлаб, ионланиш константаси ҳисобланса, олинган қиймат ўзгарувчан бўлади.

## КСI нинг 18°C даги диссоциланиши

Концентрация, Смол/л	2	1	0,5	0,1	0,01
Ионланиш даражаси, $\alpha$	0,712	0,756	0,788	0,862	0,942
Ионланиш константаси,	3,52	2,34	1,46	0,538	0,153

Бошқа кучли электролитларда ҳам ҳар хил концентрацияларда К нинг қиймати доимий бўлмайди. Кучли электролитларнинг кучсиз электролитлардан фарқи шуки, кучли электролитларнинг диссоциланиш константаси бўлмайди.

Кучли электролитлар эритмасининг массалар таъсири қонунига бўйсунмаслиги, Аррениуснинг классик назариясига тамомила зид эканлигининг сабабини кўп вақтгача изоҳлаб бериш мумкин бўлмади. 1923 йилда Дебай ва Гюккел томонидан фанга киритилган кучли электролитлар назарияси бу электролитларнинг табиатини тушунтириб берди. Кучли электролитлар назарияси ионлар ўртасидаги электростатик ўзаро таъсир кучини ҳисобга олади. Кучсиз электролитлар учун ҳар хил зарядланган ионлар ўртасидаги электростатик кучлар таъсири ҳисобга олинмайди. Бунга сабаб, эритмадаги ионлар концентрацияси кичик ва ионлар бир-биридан узоқроқ масофада бўлади. Кучли электролитлар учун ионларнинг концентрацияси юқори бўлиши ва ионлар орасидаги масофа қисқа бўлиши ҳосил. Шу туфайли кучли электролитлар эритмасида ионлар ўртасидаги тортилиш ва итариш кучлари сезиларли бўлади, кучли электролитларнинг диссоциланиши массалар таъсири қонунидан четлашади.

Ионлар зарядга эга бўлганлиги учун, ҳар бир ион қарама-қарши зарядли ионларни тартади ва бир хил зарядли ионларни итаради. Кулон қонуни бўйича икки электрик зарядланган заррачалар орасидаги ўзаро таъсир кучи ( $f$ ) ионлар зарядлари ( $e$ ) қийматлари кўпайтмасига тўғри пропорционал ва ионлар марказлари орасидаги масофанинг квадратага тескари пропорционалдир.

$$f = \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

Кучли электролитлар назариясига биноан, кучли электролитлар кучсиз электролитларга қарама-қарши ўлароқ, сувли эритмаларда тўлиқ ионлашган бўлади. Кристаллларни рентгенографик текшириш шуни кўрсатдики, кўпчилик тузларнинг фазовий кристалл панжаралари молекулалардан эмас, балки ионлардан ташкил топган, ўз-ўзидан тушунарлики, уларнинг эритмаларида молекулалар бўлмаслиги керак. Бу ҳол кучли электролитларнинг эритмаларда тўлиқ ионланиши ҳақидаги гипотеза тўғри эканлигини яққол кўрсатади.

Эритмадаги айрим ионнинг ҳаракати тўлиқ эркин бўлмайди, чунки ион тортиш кучи ҳисобига қарама-қарши зарядли заррачалар билан қуршаб олинган бўлади, яъни ион атмосфераси таъсирида бўлади. Электростатик кучлар таъсири эритмадаги ионлар ҳаракати тезлигини камайишига олиб келади.

Электролитларнинг ионланиш даражаси одатда уларнинг эритмалари электр ўтказувчанлигини ўлчаш орқали топилади. Бордию, кучли электролит эритмасига электродлар туширилиб, электр токи манбаига уланса, бунда мусбат зарядли ионлар катодга, манфий ионлар эса анодга томон ҳаракатланади. Ионли атмосферани ташлаб кетаётган ҳар бир ионни шу атмосфера орқага тортади ва ионнинг ҳаракат тезлиги камаяди. Шу сабабли вақт бирлиги ичида электродларга электролитнинг 100% диссоциланишига нисбатан олганда кам ионлар келади. Бинобарин, эритмаларнинг электр ўтказувчанлиги бўйича ҳақиқий ионланиши даражаси эмас, балки кучли электролитларнинг тажрибада аниқланган эффектив ионланиш даражаси аниқланади. Ионлараро кучларнинг секинлаштирувчи таъсири ионларнинг кимёвий реакцияга киришиш хусусиятига ҳам таъсир этади. Бу хусусиятни белгилаш учун 1907 йилда Люис фанга активлик ( $\alpha$ ) тушунчасини киритди.

Ионнинг активлиги деганда, унинг шундай эффектив ёки шартли концентрациясини тушунмоқ керакки, у кимёвий реакцияларда ана шу концентрацияга мувофиқ таъсир кўрсатади.

Кучли электролитлар учун ионлараро кучлар таъсири кучли намоён бўлганлиги учун ионнинг активлиги унинг моляр концентрациясидан кам бўлади.

Активлик тушунчаси билан “активлик коэффиценти” (f) тушунчаси боғлиқдир. Активлик коэффицентини фанга биринчи марта даниялик олим Н.Беррум киритди. Активлик коэффиценти ионларнинг ҳаракатчанлигини камайтирувчи ва уларнинг кимёвий активлигини сусайтиришга сабабчи бўладиган эритмада юз берадиган ҳодисаларни ифодаловчи катталиқдир. Активлик коэффиценти ион активлигининг унинг ҳақиқий моляр концентрациясига нисбати билан ифодаланади.

$$f = \frac{a}{c} \quad (2.10)$$

Активлик коэффиценти электростатик кучларни ионнинг кимёвий ҳаракат қобилиятига таъсирини ифодалайди. Активлик коэффиценти  $f < 1$  бўлса, ионнинг эритмадаги ҳаракати секинлашганини билдиради;  $f = 1$  бўлса, ион эритмада ўз ҳақиқий моляр концентрациясига мутаносиб ҳолда таъсирлаша олади. Бундай ҳолда  $\alpha = c$  деб ҳисоблаш мумкин.

Кучли электролит эритмаларда ионлар активлиги уларнинг моляр концентрациясидан сезиларли фарқланади; шу сабабли ҳисоблашларда массалар таъсири қонуни тенгламасига ионларнинг моляр концентрациялари киритилмай, уларнинг активликлари ёзилиши керак.

Ионларнинг активлик коэффиценти фақат кучли электролитнинг концентрациясига боғлиқ бўлмай, шунингдек эритмада иштирок этувчи ҳамма бошқа ионлар концентрациясига ҳам боғлиқдир. Эритмадаги барча ионлар ўртасидаги электростатик ўзаро таъсирнинг ўлчови ҳисобланган эритманинг электр майдони катталигини эритманинг ион кучи ( $\mu$ ) деб номлаш қабул қилинган. Эритма ион кучи 1921 йил Г.Н.Люис ва М.Рендел томонларидан таклиф қилинган формула бўйича ҳисобланади:

$$\mu = \frac{1}{2}(C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + C_3 \cdot Z_3^2 + \dots + C_n \cdot Z_n^2) \quad (2.11)$$

бу ерда,  $C_1, C_2, C_3, C_n$  — эритмадаги айрим ионларнинг моляр концентрациялари:



$Z_1^2, Z_2^2, Z_3^2, Z_n^2$  — квадратда олинган ионларнинг заряди.

Эритманинг ион кучи ионлар концентрацияларини улар зарядлари квадратига кўпайтмалари йиғиндисининг ярмига тенгдир.

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i \cdot Z_i^2 \quad (2.12)$$

**Мисол.** 1 литрда 0,005 мол мис(II)-нитрат  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ва 0,001 мол алюминий сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  сақловчи эритманинг ион кучини ҳисобланг.

**Ечиш:**  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ ;  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$

$$\mu = \frac{1}{2} (0,005 \cdot 2^2 + 2 \cdot 0,005 \cdot 1^2 + 2 \cdot 0,001 \cdot 3^2 + 3 \cdot 0,001 \cdot 2^2) = \frac{1}{2} (0,020 + 0,010 + 0,018 + 0,012) = 0,03$$

Эритманинг ион кучи ( $\mu$ ) билан активлик коэффициенти ўртасидаги математик боғланишни 1923 йилда П.Дебай ва Е.Гюккел топган эритманинг концентрациясига қараб, бу боғланиш турли формулалар билан ифодаланади. Суюлтирилган эритмалар (0,01-0,05 N) учун қуйидаги формуладан фойдаланилади.

$$- \lg f = 0,5 Z^2 \sqrt{\mu} \quad (2.13)$$

Концентрланган эритмалар (0,1-0,5N) учун формула (2.13) мураккаблашади:

$$- \lg f = 0,5 Z^2 \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} \quad (2.14)$$

Ионланиш константаси тенгламасидаги мувозанат концентрациялари ўрнига ионлар активликлари қўйилса, кучли электролитлар эритмаларига, кучсиз электролитларнинг концентрланган эритмаларига ва кучли электролитлар иштирокидаги кучсиз электролитлар эритмаларига тааллуқли тенглама келиб чиқади.  $\text{Kt}_2 \text{An}_3$  кўринишдаги

кучли электролитнинг ионланиш константаси тенгламаси (2.7)даги мувозанат концентрациялари ўрнига ионлар активликлари қўйилса:

$$K_{K_2An_3} = \frac{a^2_{K^{+3}} \cdot a^3_{An^{2-}}}{a_{K_2An_3}} \quad (2.15)$$

келиб чиқади. Активликлар билан ифодаланган электролитик диссоциланиш константаси (2.15) ҳақиқий ёки термодинамик константа деб аталади. Термодинамик константа қийма-тидан фойдаланиб эритмадаги ионлар активликларини топиш ва бошқа бир қатор масалаларни ҳал қилиш мумкин.

## 2.4. Сувнинг ион кўпайтмаси. Водород кўрсаткич

Аналитик кимёда фойдаланиладиган кимёвий реакциялар кўпинча сувли эритмалар билан бажарилади. Тоза сув ўлчаш мумкин бўлган электр ўтказувчанликка эга, чунки сув молекулалари жуда оз бўлса ҳам ионларга парчаланади:



Анализ қилинадиган эритмада эриган модда ионлари билан бир қаторда ҳар доим  $H^+$  ва  $OH^-$  ионлари ҳам бўлади. Сувнинг электр ўтказувчанлиги асосида ҳисобланган водород ионлари ва гидроксид ионларининг концентрациялари сувда  $10^{-7}$  мол/л га ( $22^\circ C$ ) тенглиги аниқланган.

Сувнинг ионланиш жараёни қайтар бўлганлиги учун, бу жараёнга массалар таъсири қонунини татбиқ қилиб, ионланишнинг термодинамик константаси тенгламаси ёзилади:

$$K_a = \frac{a_{H^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O}} \quad (2.16)$$

$K_a$ —сув ионланишининг термодинамик константаси бўлиб,  $25^\circ C$  да  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-16}$

1 литр сувда (1000г:18) 55,50 мол сув бўлиб, улардан  $1 \cdot 10^{-7}$  моли ионланган ҳолатда, сувнинг қолган миқдори ионланмаган молекулалар шаклида бўлади. Сувнинг ионланиш даражаси жуда кичик бўлганлиги сабабли, диссоциланмаган сув молекулалари концентрациясини хоҳлаган сувли эритмаларда доимий деб ҳисоблаш мумкин. Шу сабабли, термодинамик тенглама (2.16) даги  $a_{H_2O}$  ни чап томонга ўтказиб, кўринишини ўзгартирса бўлади:

$$K_a \cdot a_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} \quad (2.17)$$

Шундай қилиб, тенглама (2.17) ниниг чап томонида иккита доимий катталиқ:  $a_{H_2O}$  - сувнинг диссоциланмаган молекулаларининг активлиги ва  $K_a$  - диссоциланишнинг термодинамик константаси жойлашган. Икки доимий катталиқлар кўпайтмаси ҳам ўзгармас катталиқ бўлганлиги учун,  $K_a \cdot a_{H_2O}$  кўпайтмани янги константа  $K_{H_2O}$  ( $K_w$  лотинча Water – сув) билан алмаштирилса,

$$K_{H_2O} = K_a \cdot a_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} \quad (2.18)$$

келиб чиқади. Бу тенгламага  $K_a$  нинг экспериментал қиймати ва сувнинг ионланмаган молекулалари активлиги қийматларини қўйилса, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$K_{H_2O} = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,50 = 1,0 \cdot 10^{-14} \quad (t^0 = 25^{\circ}\text{C}) \quad (2.19)$$

Водород ионлари ва гидроксид ионлари активликлари кўпайтмаси сувнинг ион кўпайтмаси деб аталади ва ўзгармас ҳароратда доимий қийматга эгадир.

Кимёвий тоза сувда  $H^+$  ва  $OH^-$  ионларининг концентрациялари жуда кичик ( $1 \cdot 10^{-7}$  мол/л) бўлганлиги учун уларнинг активликлари амалда шу ионларнинг моляр концентрацияларига тенг:

$$K_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} \quad (t^0 = 25^{\circ}\text{C}) \quad (2.20)$$

$H^+$  ва  $OH^-$  ионларининг концентрациялари бир-бири билан тескари пропорционал тарзда боғланишда бўлади, лекин ҳеч вақт бу боғланиш нолга тенг бўлмайди:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]} \text{ ва } [OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}$$

Сувда ва сувли эритмалардаги  $H^+$  ва  $OH^-$  ионлари концентрацияларининг ўзаро боғланишини билган ҳолда, ҳар хил масалаларни ечиш мумкин.

**Мисол.**  $20^\circ C$  ҳароратда водород ионларининг концентрацияси  $2 \cdot 10^{-4}$  мол/л га тенг бўлса,  $OH^-$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

**Ечиш:** 1. Жадвалдан (маълумотномадан) сувнинг ион кўпайтмасини  $20^\circ C$  даги қийматини топиб оламиз:  $K_{H_2O} = 0,69 \cdot 10^{-14} \cdot (20^\circ C)$ .

2. Гидроксид ионларининг концентрациясини ҳисобланади:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} = \frac{0,69 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 10^{-4}} = 0,345 \cdot 10^{-10} \text{ ёки } 3,45 \cdot 10^{-11} \text{ мол/л}$$

Эритманинг муҳитини водород ионларининг концентрацияси билан тавсифлаш қабул қилинган. Нейтрал эритмаларда водород ионларининг концентрациялари гидроксид-ионлари концентрациясига тенг бўлади. Кислотали эритмаларда  $H^+$  ионлари концентрацияси  $OH^-$  ионлари концентрациясига нисбатан катта, ишқорий эритмаларда эса камдир:

Нейтрал муҳит  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$  мол/л

Кислотали муҳит  $[H^+] > 10^{-7}$  мол/л

Ишқорий муҳит  $[H^+] < 10^{-7}$  мол/л

Эритмаларнинг кислоталилигини ёки ишқорийлигини манфий ишорали даражадаги кўрсаткичли водород ионлари концентрациялари билан ифодалаш, амалда қулайсиздир. Шунинг учун С.П.Зеренсен сувли эритмалар муҳитини водород кўрсаткич – рН билан тавсифлашни таклиф қилди.

Водород ионларининг концентрациясини манфий ишора билан олинган ўнли логарифми водород кўрсаткич рН деб аталади:

$$pH = -\lg [H^+] \quad (2.21)$$

Масалан:  $[H^+] = 10^{-4}$  бўлганда,  $pH = -\lg[10^{-4}] = 4$ , агар  $[H^+] = 5 \cdot 10^{-10}$  бўлса,  $pH = -\lg 5 \cdot 10^{-10} = -(0,70 - 10) = 9,30$  бўлади.

Нейтрал эритмаларда  $pH = 7$ , кислотали эритмаларда  $pH < 7$ , ишқорий эритмаларда эса  $pH > 7$  бўлиши ўз-ўзидан тушунарлидир.

Водород кўрсаткич билан бир қаторда баъзан гидроксид кўрсаткич  $pOH$  ҳам қўлланилади:

$$pOH = -\lg [OH^-] \quad (2.22)$$

Агар  $[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$  тенгламасини логарифмласак ва логарифм белгиларини уларнинг тескари ишоралари билан алмаштирсак,

$$pH + pOH = pK_{H_2O} = 14 \quad (25^\circ C) \quad (2.23)$$

келиб чиқади. Бундан ҳар қандай сувли эритмада қуйидаги нисбат тўғри бўлади, деган хулоса келиб чиқади:

$$pH = pK_{H_2O} - pOH = 14 - pOH$$

Анализларда, шунингдек, кўпчилик кимёвий ишлаб чиқаришларнинг технологик жараёнларида водород ионларининг концентрацияси муҳим аҳамиятга эга. Шу сабабли, аналитикка кўпинча эритмаларнинг  $pH$  ни экспериментал аниқлашига ёки назарий ҳисоблашига тўғри келади.

**1-мисол.** Эритмадаги водород ионларининг моляр концентрацияси  $2,5 \cdot 10^{-3}$  мол/л бўлса, шу эритманинг  $pH$  ва  $pOH$  ни ҳисобланг.

**Ечиш:** 1. Водород ионлари концентрацияси асосида эритманинг  $pH$  ни топилади:

$$pH = -\lg [H^+] = -\lg 2,5 \cdot 10^{-3} = -(\lg 2,5 + \lg 10^{-3}) = -0,3979 + 3 \approx 2,6$$

2. Эритманинг  $pOH$  қийматини ҳисобланади:

$$pOH = 14 - pH = 14 - 2,6 = 11,4$$

Ҳисоблашлар эритманинг муҳити кислотали эканлигини кўрсатади.

**2-мисол.** Натрий гидроксиднинг  $0,05N$  эритмасида  $pH$  қанчага тенг?

**Ечиш:** 1. Эритманинг рОН кўрсаткичи ҳисобланади:

$$[\text{OH}^-] = C_{\text{NaOH}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ мол/л}$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = -(0,70 - 2) = 1,30$$

2. рОН қиймати асосида эритманинг рН қиймати топилади:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1,30 = 12,70$$

Анализларда чўкмаларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг эриши билан борадиган реакцияларда эритмаларнинг рН қийматини ҳисобга олишга тўғри келади. Эритмаларнинг муҳити сифат томонидан индикаторлар, яъни водород ионлари концентрацияларига боғлиқ ҳолда ранглари ўзгарадиган махсус реактивлар ёрдамида аниқланади. Сифат анализи боришида муҳитнинг рН ни тахминий аниқлаш учун кўпинча метил зарғалдоғи, метил, қизил лакмус, фенолфталеин ва бошқа индикаторлардан фойдаланилади. Текширилаётган эритмаларнинг бу индикаторларга таъсирини солиштириб, муҳитнинг тахминий рН қиймати белгиланади. Кўпгина ҳолларда сифат анализи учун шунинг ўзи етарли ҳисобланади.

Анализ қилинаётган эритманинг рН қиймати универсал индикаторлар билан аниқланади. Универсал (ёки жамланган) индикатор — бу бир неча оддий индикаторлар аралашмасининг эритмаси филтър қоғозига шимдирилгани бўлиб, рН қийматларининг маълум оралиқларида ҳар хил рангга бўялади. Водород ионлари концентрациясига боғлиқ ҳолда ўз рангларини ўзгартирувчи реактивлар қўллашга ососланган рН ни аниқловчи ҳамма методлар колориметрик метод деб номланади. Бу методлар рН қийматини тахминий аниқлаш учун содда ва қулайдир. рН ни аниқ ва тез аниқлаш учун лабораторияларда электрометрик (инструментал) методлардан фойдаланилади. Бу мақсад учун айниқса қулай бўлгани ҳар хил конструкциядаги лаборатория рН-метрлари ҳисобланади.

## **2.5. Бир исмли ионлар таъсири. Буфер эритмалар**

Массалар таъсири қонунига кўра реакцияга киришувчи моддалардан бирининг концентрациясини ўзгартириш йўли

билан кимёвий мувозанатни бирон томонга силжитиш мумкин. Электродитик ионланишда ҳам мувозанатни шу тараққа силжитиш мумкин.

Моддаларнинг электродитик ионланиш даражаси нафақат шу модданинг эритмадаги концентрациясига боғлиқ бўлмасдан, эритмага бошқа электродитлар қўшилишига ҳам боғлиқдир. Кўпинча кучсиз электродитнинг ионланиш даражаси мақсадга мувофиқ равишда эритмага биринчи электродит билан бир исмли (умумий) ион сақловчи кучли электродит қўшиш йўли билан камайтиради. Бир исмли ионнинг таъсирини массалар таъсири қонуни нуқтаи назаридан осон тушунтириш мумкин.  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг ионланиш жараёнини кўрайлик:



Бу жараён қайтар бўлганлиги учун, массалар таъсири қонуни асосида қуйидагини ёзиш мумкин:

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

Аммоний гидроксид эритмасига бир исмли ион сақловчи бирор кучли электродит, масалан,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмаси қўшилса, аралашмадаги  $\text{NH}_4^+$  катионларининг концентрацияси бир неча марта ошади. Шу йўл билан бузилган мувозанат  $\text{NH}_4^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионларининг диссоциланмаган  $\text{NH}_4\text{OH}$  молекулалари ҳосил қилиши натижасида янги, бутунлай бошқа ҳолатда вужудга келади.

Бинобарин, эритмага қандайдир бир исмли ион сақловчи кучли электродит қўшилганда кучсиз электродитнинг ионланиш даражаси камаяди.

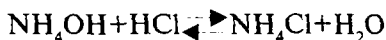
Қуйидаги тажрибани қилиб кўриш бу фикрнинг тўғрилигини тасдиқлайди.  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасига  $\text{OH}^-$  иони таъсирида тўқ қизил рангга кирадиган бир томчи фенолфталеин қўшамиз. Эритма пушти рангга киргач, иккига бўлиб, таққослаш учун бир қисмини олиб қўямиз, иккинчи қисмига озгина қуруқ аммоний тузи, масалан,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  қўшиб, у эриб кетгунча чайқатамиз, натижада эритманинг ранги олдингига қараганда анча нимранг бўлиб қолади. Биноба-

рин, иккинчи қисм эритмада  $\text{OH}^-$  ионларининг концентрацияси биринчи қисм эритмадагига нисбатан камдир.

Шунга ўхшаш сирка кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмасидаги  $\text{H}^+$  ионларининг концентрациясини камайтириш учун эритмага айна кислотанинг тузидан озроқ, масалан, бир исмли ион  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  сақловчи натрий ёки калий ацетатдан қўшиш керак.

Эритмага бир исмли иони бор электролит киритилганда шу эритмадаги бирор ион концентрациясининг жуда камайиб кетиш ҳолларидан анализда кенг фойдаланилади.

Кучсиз электролитларнинг ионланиш мувозанатини эритмадаги ионларнинг бирини концентрациясини орттириш билангина эмас, уни камайтириш билан ҳам силжитиш мумкин. Масалан, аммиак эритмасидаги  $\text{OH}^-$  ионларини бу эритмага бирор кислота қўшиш билан жуда оз ионланадиган  $\text{H}_2\text{O}$  молекулаларига айлантириш мумкин, бу ўз навбатида  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг янги молекулаларини ионлаштиради. Бинобарин, ионланмаган молекулалар ионланиши натижасида эритмада камайиб кетаётган ионлар ўрнини тўлдирувчи захира вазифасини бажаради.



$\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $\text{H}_2\text{O}$  кучсиз электролитлар бўлиб, улар эритмада, асосан, ионланмаган молекулалар ҳолида бўлади. Аксинча, кучли электролитлар  $\text{HCl}$  ва  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмада ионлар ҳолида бўлади.

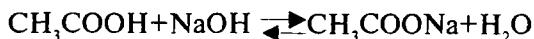


қисқартирилган ҳолда,



Бу жараёнда ионланмаган  $\text{NH}_4\text{OH}$  молекулалари эритмадан йўқолиб,  $\text{NH}_4^+$  ионлари йиғилади.

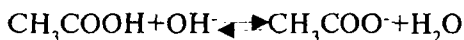
$\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{NaOH}$  орасида борадиган реакцияни ҳам юқоридагига ўхшаш тенглама билан ифодалаш мумкин.







қисқартирилган ҳолатда,

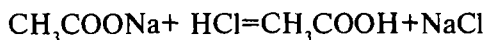


Аналитик реакцияларни бажаришда, жумладан, чўктириш реакцияларида, баъзан текширилаётган эритмада водород ионлари концентрациясини маълум, тахминан ўзгармас ҳолатда сақлаб туриш керак бўлади. Бу қиймат эритма узоқ сақланганда, суюлтирилганда, эритмага оз миқдордаги кучли кислота ва ишқорлар қўшилганда ҳам ўзгармаслиги лозим.

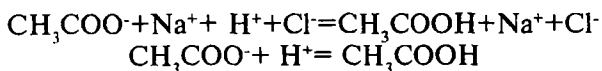
Баъзи бир эритмаларнинг суюлтирилганда ва оз миқдордаги кучли кислота ёки ишқор қўшилганда  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясини амалда ўзгартирмай сақлаб туриш хос-саси буфер таъсири деб аталади.

Кўп бўлмаган ҳажмда кучли кислоталар ва ишқорлар қўшилганда, шунингдек суюлтиришдан рН қиймати деярли ўзгармайдиган эритмалар **буфер эритмалар** ёки **буфер аралашмалар** (регуляторлар) деб номланади. Буфер аралашмалар бир исмли ионлар сақловчи электролитлар аралашмаси ҳисобланади. Масалан, ацетатли буфер эритма – сирка кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва натрий ацетат  $\text{CH}_3\text{COONa}$  аралашмаси; аммиакли буфер эритма – аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва аммоний хлорид  $\text{NH}_4\text{Cl}$  аралашмасидан иборат.

Концентрациялари 0,1М бўлган  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{CH}_3\text{COONa}$  аралашмасининг бир литрига 0,01 мол  $\text{HCl}$  қўшилса, эритмадаги  $\text{H}^+$  ионларининг концентрацияси деярли ортмайди, чунки бу ионлар эркин ҳолатда қолмасдан, дарҳол натрий ацетатнинг  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ионлари билан боғланиб, кам диссоциаланувчи  $\text{CH}_3\text{COOH}$  молекуларига айланади.

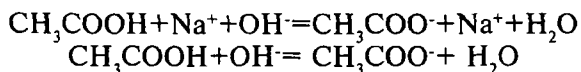
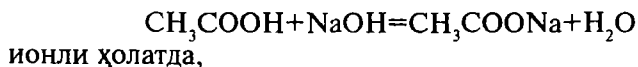


ионли ҳолатда,



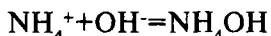
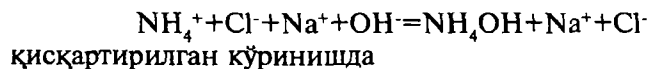
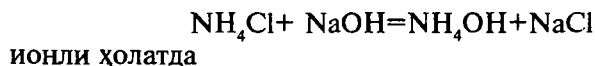
Шунинг учун эритманинг рНи деярли ўзгармайди.

Агар ацетатли буфер эритманинг 1 литрига кучли ишқордан 0,01 мол қўшилса, унинг  $\text{OH}^-$  ионлари дарҳол сирка кислотанинг  $\text{H}^+$  ионлари билан дарҳол боғланади ва деярли диссоциланмайдиган сув молекулаларини ҳосил қилади. Сарф бўлган  $\text{H}^+$  ионлари ўрнига сирка кислота диссоциланиб эритмага янги  $\text{H}^+$  ионларини беради. Бунинг натижасида эритманинг рНи деярли ўзгармайди:



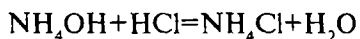
Ацетатли буфер эритма етарли даражада суюлтирилганда ҳам аралашманинг рНни сезиларли ўзгариши кузатилмайди, чунки суюлтириш ҳисобига камайган  $\text{H}^+$  ионларининг концентрацияси, сирка кислотанинг диссоциланиш даражасининг ортиши ҳисобига тўлдирилади.

Аммонийли буфер эритма ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ )га ишқор қўшилганда борадиган жараёни қуйидагича ифодалаш мумкин:

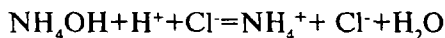


Ишқор қўшилганда, эритмадаги  $\text{OH}^-$  ионлари концентрацияси ортиб кетиши кузатилиши лозим эди. Лекин аммонийли буфер эритмада кўп миқдорда яхши диссоциланувчи  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ҳисобига ҳосил бўлувчи  $\text{NH}_4^+$  катионлари бўлади ва бу катионлар қўшилган  $\text{OH}^-$  ионларини боғлаб кам диссоциланувчи  $\text{NH}_4\text{OH}$  молекулаларини ҳосил қилади. Шундай қилиб,  $\text{OH}^-$  ионларининг концентрацияси ошиб кетмайди, рН қиймати ўзгармай қолади.

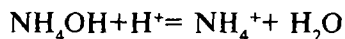
Аммонийли буфер эритманинг кучли кислота билан таъсири қуйидаги кўринишда кўрсатилиши мумкин:



ионли ҳолатда



қисқартирилган ионли кўринишида:



Кучли кислота қўшилганда  $\text{H}^+$  ионлари аммоний гидроксиднинг  $\text{OH}^-$  ионлари билан бирикиб, кам диссоциланувчи сув молекулаларини ҳосил қилади. Сарф бўлган  $\text{OH}^-$  ионлари ўрни  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг диссоциланишидан ҳосил бўлган  $\text{OH}^-$  ионлари ҳисобига тўлдирилади ва шу ҳисобига эритманинг рН қиймати деярли ўзгармайди.

Шундай қилиб, буфер аралашмаларнинг рН қийматини амалда доимий сақлаб туриш хусусияти уларнинг айрим компонентлари эритмага киритилган (ёки реакция натижасида ҳосил бўлган) кислота ёки асосларнинг  $\text{H}^+$  ёки  $\text{OH}^-$  ионларини ўзига боғлаб олишига асослангандир.

Буфер эритмаларнинг кўрсатилган хусусиятлари чексиз эмас, унинг чегараси қўшиладиган кислота ва ишқорларнинг концентрациясига боғлиқ. Масалан, 0,1N аммонийли буфер аралашманинг бир литрига 0,1 молдан ортиқ  $\text{HCl}$  ёки  $\text{NaOH}$  қўшилса, ҳар икки ҳолда ҳам эритманинг рН қиймати кескин ўзгаради. Чунки, ундаги  $\text{NH}_4\text{OH}$  ёки  $\text{NH}_4\text{Cl}$   $\text{H}^+$  ёки  $\text{OH}^-$  ионларини боғлашга етмайди, эритмага қўшилган кислота ёки ишқор ортиб қолади ва рН қийматини кескин ўзгартириб юборади.

Ҳар қандай буфер аралашма маълум миқдордаги кислота ёки ишқор қўшилгунча рН нинг доимийлигини сақлаб туради, яъни маълум буфер сифимига эга бўлади.

Буфер эритманинг рН қийматини бир бирликка ўзгартира оладиган 1 литр буфер аралашмага қўшиладиган кучли кислота ёки кучли асоснинг моляр эквивалентда ифодаланган миқдорига эритманинг буфер сифими деб аталади.

Юқоридагилардан маълум бўлдики, анализда буфер аралашмалардан фойдаланилганда уларнинг буфер сифimini ҳам ҳисобга олиш керак. Буфер аралашманинг сифи-

ми анча катта бўлгандагина эритма рН нинг амалдаги доимийлиги сақланади.

Аналитик кимёда ҳар хил таркибли буфер эритмалардан фойдаланилади (2-жадвал).

2-жадвал

### Буфер эритмалар

Т/р	Буфер аралашма	Аралашма таркиби (1:1 моляр нисбатда)	Эритманинг рН қиймати
1.	Формиатли	Чумоли кислота ва натрий формиат	3,7
2.	Бензоатли	Бензой кислота ва аммоний бензоат	4,2
3.	Ацетатли	Сирка кислота ва натрий ацетат	4,7
4.	Фосфатли	Бирламчи ва иккиламчи натрий фосфатлар	6,8
5.	Аммонийли	Аммоний гидроксид ва аммоний хлорид	9,3

Ўсимликлар ва ҳайвонлар организмларида мураккаб буфер эритмалар бўлиб, қон, лимфа ва бошқа суюқликларнинг рН қийматларини доимий ушлаб туришга ёрдам беради. Тупроқ ҳам буфер хоссаларига эга бўлиб, тупроқ эритмасини рН қийматини ўзгартирувчи ташқи омиллар таъсиридан ҳимоя қилади.

Қандайдир бирон-бир буфер аралашмадаги рН қийматини назарий ҳисоблаб чиқариш мумкин.

1. Кучсиз кислоталар билан уларнинг тузлари аралашмасидан ҳосил бўлган буфер аралашмалар. Мисол тариқасида  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{CH}_3\text{COONa}$  дан иборат буфер эритмани олампиз. Сирка кислотанинг ионланиш константаси тенгламасидан  $[\text{H}^+]$  нинг қийматини топилади:



$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (2.24)$$

бундан,

$$[H^+] = \frac{[CH_3COOH] \cdot K_{\text{кисл}}}{[CH_3COO^-]} \quad (2.25)$$

Сирка кислота кучсиз кислота бўлгани учун эритмада деярли ионланмаган молекулалар ҳолида бўлади. Шу билан бирга, кислотанинг ионланиши бир хил ионли туз ( $CH_3COONa$ ) иштирокида жуда сусайган бўлади. Кислотанинг ионланмаган молекулалари концентрацияси эритмадаги умумий концентрациясига тенг, яъни

$$[CH_3COOH] \approx C_{\text{кисл}}$$

деб қабул қилиш мумкин.

Буфер эритмадаги  $CH_3COONa$  тузи тўлиқ диссоциланади, эритмадаги деярли ҳамма  $CH_3COO^-$  анионлари тузнинг ионланишидан ҳосил бўлади. Тузнинг ҳар бир молекуласи биттадан  $CH_3COO^-$  иони бергани учун

$$[CH_3COO^-] \approx C_{\text{туз}}$$

бўлади. Бу шартли белгиларни  $[H^+]$  топиш тенгламаси(2.25)га қўшсак, қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$[H^+] = K_{\text{кисл}} \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.26)$$

Ҳосил қилинган тенглама(2.26)ни логарифмлаб, ишораларни тескарисига алмаштирилса,

$$-\lg[H^+] = -\lg K_{\text{кисл}} - \lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.27)$$

келиб чиқади,  $-\lg[H^+] = \text{pH}$  бўлганлиги ва  $-\lg K_{\text{кисл}} = \text{p}K_{\text{кисл}}$  эканлигини ҳисобга олиб тенглама(2.27)ни қуйидаги кўри-нишда ёзилади:

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{кисл}} - \lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}}; \quad (2.28)$$

2. Кучсиз асослар билан уларнинг тузлари аралашмаси-дан ҳосил бўлган буфер эритмаларнинг pH ини топиш тенг-

ламасини  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $\text{NH}_4\text{Cl}$  дан иборат буфер эритма ми-  
солида келтириб чиқарамиз.  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг ионланиш кон-  
стантаси тенгламасидан  $[\text{OH}^-]$  нинг қиймати топилади:



$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}, \quad (2.29)$$

бу тенглама(2.29)дан,

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{асос}} \cdot [\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]} \quad (2.30)$$

$[\text{NH}_4\text{OH}] = C_{\text{асос}}$  ва  $[\text{NH}_4^+] = C_{\text{туз}}$  ҳисоблаб, юқоридаги  
тенглама(2.30)га бу белгиларни қўйилади:

$$[\text{OH}^-] = K_{\text{асос}} \cdot \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.31)$$

ҳосил бўлган тенглама(2.31)ни логарифмлаб, ишораларни  
тескарисига алмаштирилса,

$$-\lg [\text{OH}^-] = -\lg K_{\text{асос}} - \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.32)$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{асос}} - \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.33)$$

келиб чиқади,  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$  бўлганлиги учун, демак:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - \text{p}K_{\text{асос}} + \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}} \quad (2.34)$$

Буфер эритмаларнинг рН қийматини ҳисоблашга доир мисоллар келтирамиз.

**1-мисол.**  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{CH}_3\text{COONa}$  дан иборат буфер эритмада ҳар бир моддадан 0,1 молдан бор. Шу аралашманинг рН қийматини ҳисобланг. 1л буфер эритмага а) 0,01 мол  $\text{HCl}$ ; б) 0,01 мол  $\text{NaOH}$  қўшилганда, в) аралашмани сув билан 100 марта суюлтирилганда рН нинг қиймати қандай ўзгаришини ҳисобланг.

Ечиш:

1. Буфер эритма рН ни, сирка кислота учун  $\text{pK}=4,76$  эканлигини маълумотномадан билган ҳолда ҳисобланади.

$$\text{pH}=\text{pK}_{\text{кисл}}-\lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}}; \text{pH}=4,76-\lg \frac{0,1}{0,1}=4,76$$

2. Буфер эритманинг бир литрига 0,01 мол  $\text{HCl}$  қўшилганда эритмадаги  $\text{CH}_3\text{COONa}$  нинг 0,01 мол миқдори шунча молдаги  $\text{CH}_3\text{COOH}$  га айланади:  $C_{\text{кисл}}=0,1+0,01=0,11$  мол,  $C_{\text{туз}}=0,1-0,01=0,09$  мол бўлиб қолади. Демак,  $\text{pH}=4,76-$

$$\lg \frac{0,11}{0,09}=4,67.$$

3. Шунга ўхшаш, 1 литр эритмага 0,01 мол  $\text{NaOH}$  қўшилганда 0,01 мол  $\text{CH}_3\text{COOH}$  шунча мол  $\text{CH}_3\text{COONa}$  га айланади.

$C_{\text{кисл}}=0,1-0,01=0,09$  мол,  $C_{\text{туз}}=0,1+0,01=0,11$  бўлиб қолади.

Биобарин,

$$\text{pH}=4,76-\lg \frac{0,09}{0,11}=4,84$$

4. Ниҳоят, эритма 100 марта суюлтирилганда ҳар бир таркибий қисмга кирувчи  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{CH}_3\text{COONa}$  нинг концентрациялари юз марта камайиб, 0,001 мол бўлиб қолади:

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

**2-мисол.**  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $\text{NH}_4\text{Cl}$  дан иборат буфер эритмада ҳар бир моддадан 0,1 молдан бўлса, шу эритмани рН қийма-

тини ҳисобланг. 1л буфер аралашмага а) 0,01 мол HCl қўшилганда; б) 0,01 мол NaOH қўшилганда; в) аралашма 10 марта суюлтирилганда эритманинг рНи қандай ўзгаради?

**Ечиш:**

1. Буфер эритманинг рН ни ҳисобланади: маълумотномада  $pK_{\text{NH}_4\text{OH}}=4,75$

$$pH=14-4,75+\lg\frac{0,1}{0,1}=9,25$$

2. 0,01 мол HCl қўшилганда  $C_{\text{асос}}$  қиймати камайиб,  $C_{\text{асос}}=0,1-0,01=0,09$  мол, туз концентрацияси ошиб,  $C_{\text{туз}}=0,1+0,01=0,11$  молга тенг бўлади. Бинобарин;

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

3. 1л буфер аралашмага 0,01 мол NaOH қўшилганда асос концентрацияси ошиб,  $C_{\text{асос}}=0,1+0,01=0,11$  мол бўлади, туз концентрацияси камайиб,  $C_{\text{туз}}=0,1-0,01=0,09$  мол бўлиб қолади. Демак:

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

4. Эритма 10 марта суюлтирилганда, буфер эритмадаги  $[\text{NH}_4\text{OH}]=[\text{NH}_4\text{Cl}]=0,01$  мол бўлади. Ниҳоят:

$$pH=14-4,75+\lg\frac{0,01}{0,01}=9,25$$

**3-мисол.**  $\text{CH}_3\text{COOH}+\text{CH}_3\text{COONa}$  таркибли буфер эритмадаги ҳар бир модданинг концентрацияси 0,1 молдан бўлса, а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  концентрациясини; б)  $\text{CH}_3\text{COONa}$  концентрациясини 10 марта оширилганда буфер эритманинг рН қиймати қандай ўзгаради.

**Ечиш:**

1. Сирка кислотанинг концентратияси 10 марта оширилса,  $C_{\text{кисл}}=0,1\cdot 10=1$  мол бўлиб қолади. Бинобарин, эритма рН нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$pH=4,76-\lg\frac{1}{0,1}=4,76-\lg 10=4,76-1=3,76$$



2. Тузнинг концентрациясини 10 марта оширсак,  
 $C_{\text{туз}} = 0,1 \cdot 10 = 1$  мол бўлади. Бинобарин:

$$\text{pH} = 4,76 - \lg \frac{0,1}{1} = 4,76 + 1 = 5,76$$

Уқоридаги келтирилган маълумотлардан келиб чиққан ҳолда аналитик кимё амалиётда буфер эритмалар таркибидаги кучсиз кислота ва унинг тузи, кучсиз асос ва унинг тузи концентрацияларини мақбул тарзда ўзгартириб, керакли рН қийматига эга бўлган буфер эритмалар ҳосил қилиш мумкин экан.

## Саволлар

1. Массалар таъсири қонуни қандай таърифланади, унинг математик ифодасини келтиринг.

2. Аналитик реакциялардаги мувозанат константасининг физик маъноси нимадан иборат?

3. Ионланиш константаси деб нимага айтилади? Кучли ва кучсиз электролитларга мисоллар кўрсатинг.

4. Ионланиш константаси қандай таърифланади. Ионланиш даражаси ва константаси орасидаги боғланиш қандай формула билан ифодаланади?

5. Кучли электролитлар назариясининг моҳияти нимадан иборат?

6. Активлик, активлик коэффициенти ва эритмаларнинг ион кучи тушунчалари қандай изоҳланади?

7. Сувнинг ион кўпайтмасини сувнинг ионланиш константаси қиймати асосида келтириб чиқаринг.

8. Водород кўрсаткич ва гидроксид кўрсаткич деб нимага айтилади? Уларнинг орасидаги боғланишни ифодоловчи формула қандай ёзилади?

9. Бир исмли ионларнинг кучсиз электролитнинг ионланиш даражасига таъсирини қандай изоҳлаш мумкин?

10. Қандай аралашмаларни буфер эритмалар деб номланади?

11. Оз миқдордаги кучли кислота ва ишқорлар қўшилганда эритманинг рН қийматини сақлаб туриш хусусияти буфер эритмаларнинг қандай таъсирига асосланган?

12. Эритмаларнинг буфер сифими нима билан аниқланади ва нима билан ўлчанади?

13. Буфер аралашмалар сув билан суюлтирилганда буфер сизим қандай ўзгаради?

14. Нима учун буфер эритмалар суюлтирилганда муҳитнинг рН деярли ўзгармайди?

## Тестлар

1. Кучсиз электролитнинг ионланиш даражаси қайси формула бўйича ҳисобланади?

А)  $\alpha = \frac{C_{\text{умум}}}{C_i}$  ;

В)  $\alpha = C_{\text{умум}} \cdot C_i$ ;

С)  $\alpha = \frac{C_i}{C_{\text{умум}}}$  ;

Д)  $\alpha = C_{\text{умум}} - C_i$ ;

Е)  $\alpha = C_i - C_{\text{умум}}$ .

2. Электролитнинг ионланиш даражаси қандай омилларга боғлиқ?

А) Ҳароратга;

В) Концентрацияга;

С) Ионланиш константасига;

Д) Ҳарорат, концентрация ва ионланиш константасига;

Е) Босимга.

3. Ионланиш константаси қиймати қандай омилларга боғлиқ?

А) Ҳароратга;

В) Концентрацияга;

С) Ҳарорат ва концентрацияга;

Д) Ионланиш даражасига;

Е) Ҳеч қандай омилларга боғлиқ эмас.

4. Оствалднинг суюлтириш қонуни қандай боғланишни ифодалайди?

А) Электролитнинг ионланиш даражаси билан унинг концентрацияси орасидаги;

В) Электролитнинг ионланиш даражаси билан константаси орасидаги;

С) Ионланиш константаси билан электролит концентрацияси орасидаги;

Д) Ҳеч қандай боғланишни;

Е) Ҳарорат билан ионланиш константаси орасидаги.

5. Қуйидаги келтирилган формулалардан қайси бири Оствалднинг суюлтириш қонунини ифодаламайди?

А)  $K = \frac{C \cdot \alpha}{1 - \alpha}$ ;

В)  $\alpha = \frac{C_1}{C_{\text{умум}}}$ ;

С)  $K = C \cdot \alpha^2$ ;

Д)  $\alpha^2 = \frac{K}{C}$ ;

Е)  $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$ .

6. Қандай омиллар кучли электролитларнинг 100% диссоциланишини тасдиқлайди?

А) Спектрал текширишлар;

В) Реакцияларнинг термохимёвий эффектлари;

С) Рентгенографик текширишлар;

Д) Спектрал, рентгенографик текширишлар ва реакцияларнинг термохимёвий эффектлари.

Е) Спектрал ва рентгенографик текширишлар.

7. Кучли электролитларнинг ионланиш жараёнининг миқдорий тавсифи нима ҳисобланади?

- А) Ҳақиқий ионланиш даражаси;
- В) Ионланиш константаси;
- С) Эффе́ктив ионланиш даражаси;
- Д) Активлик коэффи́циенти;
- Е) Эритманинг ион кучи.

8. Қуйидаги тушунчалардан қайсилари кучли электролитлар эритмаларининг хусусиятларини ифодалайди?

- А) Ионланиш константаси;
- В) Ионланиш даражаси;
- С) Эритманинг ион кучи;
- Д) Ионлар активлиги;
- Е) Ион кучи ва ионлар активлиги.

9. Ионларнинг эффе́ктив концентрациялари уларнинг умумий аналитик концентрациясига нисбати қандай номланади?

- А) Активлик;
- В) Активлик коэффи́циенти;
- С) Эритманинг ион кучи;
- Д) Диссоциланиш константаси;
- Е) Ионланиш даражаси.

10. Эритмадаги ионлар активликлари қуйидаги қайси формула бўйича ҳисобланади?

- А)  $a = \frac{c}{fa}$ ;
- В)  $a = \frac{fa}{c}$ ;
- С)  $a = c \cdot f$ ;
- Д)  $a = \frac{Ci}{C_{\text{умум}}}$ ;
- Е)  $a = Ci \cdot C_{\text{умум}}$ .

11. Ионлар активлиги қандай бирликда ифодаланади?

- А) Граммлар;
- В) Молларда;

- С) Мол/л да;
- Д) Г/л да;
- Е) Миллилитрда.

12. Эритмадаги ҳамма ионларнинг электростатик ўзаро таъсирининг қиймати нима билан тавсифланади?

- А) Ионлар активлиги;
- В) Активлик коэффициенти;
- С) Ионланиш константаси;
- Д) Эритманинг ион кучи;
- Е) Ҳеч нима билан.

13. Эритманинг ион кучи қуйидаги келтирилган формулалардан қайси бири ёрдамида ҳисобланади?

А)  $\mu = -\frac{1}{2} \sum C_i \cdot Z_i$ ;

В)  $\mu = \frac{1}{2} \sum C_i \cdot Z_i^2$ ;

С)  $\mu = \sum C_i \cdot Z_i^2$ ;

Д)  $\mu = \frac{1}{2} C_i \cdot Z_i^2$ ;

Е)  $\mu = \frac{1}{2} C_i^2 \cdot Z_i$ .

14. Таркибида 0,01 мол/л калий хлорид сақловчи эритманинг ион кучини ҳисобланг.

- А) 0,05;
- В) 0,005;
- С) 0,01;
- Д) 0,02;
- Е) 0,001.

15. 0,00125 мол/л  $\text{CuSO}_4$  ва 0,001 мол/л  $\text{NaNO}_3$  сақловчи эритманинг ион кучи нечага тенг бўлади?

- А) 0,006;
- В) 0,06;
- С) 0,01125;
- Д) 0,15;

Е) 0,03.

16. 0,005 мол/л  $KAl(SO_4)_2$  сақловчи эритманинг ион кучи қандай қийматга тенг бўлади?

- А) 0,0075;
- В) 0,005;
- С) 0,0125;
- Д) 0,045;
- Е) 0,015.

17. Қандай электролитлар ион кучи ва активлик билан тавсифланади?

- А) фақат кучли электролитлар;
- В) фақат кучсиз электролитлар;
- С) кучли ва кучсиз электролитлар;
- Д) кучли, кучсиз, қийин эрувчи электролитлар;
- Е) оз эрувчан электролитлар.

18. Сувнинг ион кўпайтмаси қайси формула билан ифодаланади?

А)  $K_{H_2O} = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$ ;

В)  $K_{H_2O} = [H^+] \cdot [OH^-]$ ;

С)  $K_{H_2O} = -\lg[H^+]$ ;

Д)  $K_{H_2O} = -\lg K_{ион}$ ;

Е)  $K_{H_2O} = \frac{[H_2O]}{[H^+] \cdot [OH^-]}$ .

19. Сувнинг ион кўпайтмаси ( $K_w$ ) қандай қийматга тенг бўлади?

- А)  $10^{-7}$ ;
- В)  $10^{-14}$ ;
- С) 7;
- Д) 1;
- Е) 14.

20. Водород ва гидроксид кўрсаткичлари орасидаги ўзар боғланиш қандай формула билан ифодаланади?

- А)  $pH+pOH=14$ ;
- В)  $pH+pOH=10^{-14}$ ;
- С)  $pH-pOH=14$ ;
- Д)  $pH+pOH=10^{14}$ ;

Е)  $pH = \frac{10^{-14}}{pOH}$ .

21. Кислотали эритма водород ионларининг қандай концентрацияси билан тавсифланади?

- А)  $[H^+]>10^{-7}$  мол/л;
- В)  $[H^+]<10^{-7}$  мол/л;
- С)  $[H^+]=10^{-7}$  мол/л;
- Д)  $[H^+]>10^{-14}$  мол/л;
- Е)  $[H^+]>10^{-14}$  мол/л.

22. Ишқорий эритма гидроксид ионларининг қандай концентрацияси билан тавсифланади?

- А)  $[OH^-]=10^{-7}$  мол/л;
- В)  $[OH^-]>10^{-7}$  мол/л;
- С)  $[OH^-]<10^{-7}$  мол/л;
- Д)  $[OH^-]=[H^+]$ ;
- Е)  $[OH^-]=10^{-14}$  мол/л.

23. pH нинг қандай қийматида эритманинг ишқорийлиги катта бўлади?

- А) 8;
- В) 10;
- С) 9;
- Д) 12;
- Е) 13.

24. Эритма pH нинг қандай қийматида нисбатан кислотали бўлади?

- А) 1;
- В) 2;
- С) 3;
- Д) 5;

Е) 6.

25. Цианид кислотанинг ионланиш константаси  $6,2 \cdot 10^{-10}$  бўлса, шу кислотанинг 0,01 мол/л эритмасининг ионланиш даражаси нимага тенг бўлади?

- А)  $4,2 \cdot 10^{-4}\%$ ;
- В)  $8,1 \cdot 10^{-4}\%$ ;
- С)  $4,2 \cdot 10^{-6}\%$ ;
- Д) 0,024%;
- Е) 4,2%.

26. Нитрит кислотанинг 0,2 мол/л эритмасининг ионланиш даражаси 4,5% га тенг бўлса, шу кислотанинг ионланиш константаси қандай бўлади?

- А)  $4,2 \cdot 10^{-4}$ ;
- В)  $8,1 \cdot 10^{-4}$ ;
- С)  $4,2 \cdot 10^{-6}$ ;
- Д)  $9,1 \cdot 10^{-3}$ ;
- Е)  $2,1 \cdot 10^{-4}$ .

27. Сирка кислотанинг 0,1 мол/л эритмасининг ионланиш даражаси 1,35% бўлса, шу кислотанинг ионланиш константаси қиймати нечага тенг?

- А)  $1,8 \cdot 10^{-6}$ ;
- В)  $1,8 \cdot 10^{-4}$ ;
- С)  $1,35 \cdot 10^{-3}$ ;
- Д)  $4,75 \cdot 10^{-4}$ ;
- Е)  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

28. Бензой кислота ( $C_6H_5COOH$ ) нинг 0,001 мол/л эритмасидаги водород ионларининг моляр концентрацияси қандай бўлади, агар  $K_{C_6H_5COOH} = 6,6 \cdot 10^{-5}$  ?

- А)  $4,2 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- В)  $2,56 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- С)  $4,2 \cdot 10^{-6}$  мол/л;
- Д) 0,024 мол/л;
- Е) 0,42 мол/л.

29. Куйидаги келтирилган моддалар аралашмасининг қайсиниси буфер аралашма ҳисобланмайди?



- A)  $\text{NaOH} + \text{NaCl}$ ;
- B)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ;
- C)  $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ ;
- D)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ ;
- E)  $\text{HCOOH} + \text{HCOOK}$ .

30. Ацетатли буфер эритманинг рН қиймати қайси формула бўйича ҳисоблаб топилади?

A)  $\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}}$ ;

B)  $\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{C_{\text{туз}}}{C_{\text{кисл}}}$ ;

C)  $\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}}$ ;

D)  $\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{туз}}}{C_{\text{кисл}}}$ ;

E)  $\text{pH} = 14 - \text{pK} + \lg \frac{C_{\text{туз}}}{C_{\text{кисл}}}$ .

31. Аммонийли буфер аралашманинг рН и қайси формуладан топилади?

A)  $\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}}$ ;

B)  $\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}}$ ;

C)  $\text{pH} = \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{туз}}}{C_{\text{асос}}}$ ;

D)  $\text{pH} = 14 - \text{pK} - \lg \frac{C_{\text{асос}}}{C_{\text{туз}}}$ ;

$$E) \text{pH} = 14 - \text{pK} + \lg \frac{C_{\text{исос}}}{C_{\text{туз}}}.$$

32. 0,057 мол/л аммиак ва 0.1 мол/л аммоний хлорид сақловчи эритманинг рН қиймати неча бўлади?

- A) 0,5;
- B) 8,0;
- C) 9,0;
- D) 5,0;
- E) 10,5.

33. 0,01 мол/л  $\text{CH}_3\text{COONa}$  сақловчи буфер эритманинг рН қанчага тенг?

- A) 1,76;
- B) 6,46;
- C) 7,21;
- D) 8,03;
- E) 3,42.

34. 1 литр сувга 40 мл 30% ли сирка кислота эритмаси ва 2 г калий гидроксид қўшишдан ҳосил бўлган эритма рНи қандай бўлади?

- A) 3,0;
- B) 2,8;
- C) 5,23;
- D) 4,27;
- E) 3,85.

35. 1,7 г калий формиат ва 17 г чумоли кислота ( $K_{\text{ион}} = 2 \cdot 10^{-4}$ )ни 2 литр сувга қўшишдан ҳосил бўлган эритманинг рН қиймати нечага тенг бўлади?

- A) 1,44;
- B) 2,44;
- C) 3,44;
- D) 3,00;
- E) 5.

36. 1 литрида 0,1 мол/л аммиак ва 0,1 мол/л аммоний нитрат сақловчи эритмага 0,001 мол нитрат кислота қўшилса, эритма рН и қандай бўлади?

- A) 3 бирликка ортади;
- B) 3 бирликка камаяди;
- C) 1 бирликка камаяди;
- D) 2 бирликка ортади;
- E) амалда ўзгармайди.

37. Ацетатли буфер аралашманинг рН қиймати 4,74 бўлса, сирка кислота ва натрий ацетатнинг концентрациялари қандай нисбатда бўлиши лозим?

- A) 1:1;
- B) 1:2;
- C) 2:1;
- D) 1:10;
- E) 10:1.

## III БОБ. ГЕТЕРОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ КИМЁВИЙ МУВОЗАНАТ

### 3.1. Эрувчанлик кўпайтмаси

Массалар таъсири қонунининг гомоген, яъни бир жинсли системаларга қўлланилишини кўриб чиқдик. Анализда анчагина мураккаб гетероген (ҳар хил жинсли) системалар билан ҳам иш олиб боришга тўғри келади. Масалан, модданинг тўйинган эритмаси ва унинг шу эритмадаги чўкмасидан иборат системани олиш мумкин.

Гетероген системанинг бир-биридан чегара сиртлар билан ажраладиган айрим қисмлари **фаза** деб аталади. Тўйинган эритма ва ундаги чўкма гетероген системанинг айрим-айрим фазаларидир. Анализ жараёнида бажариладиган чўктириш реакцияларида гетероген системалар билан иш кўрилади, шунинг учун ҳам уларни ўрганиш аналитик кимё учун ниҳоят муҳим.

Кам эрийдиган электролитлардан биронтаси, масалан, барий сульфат  $\text{BaSO}_4$  ни сувга солинади.  $\text{BaSO}_4$ нинг кристаллик панжараси  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларидан ҳосил бўлган бўлиб, эриш жараёнида бу ионлар сув диполлари таъсирида кристаллар юзасидан эритмага ўта бошлайди. Эриш жараёнида тескари бўлган жараён -  $\text{BaSO}_4$ нинг чўкиши ҳам бошланади.  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлари эритмада  $\text{BaSO}_4$  кристаллари билан тўқнашиб, бошқа қарама-қарши ионларни тортиши таъсирида чўка бошлайди. Секин-аста модданинг эриш тезлиги камая бошлайди, тескари жараён—чўкиш тезлиги орта бошлайди. Бу икки қарама-қарши жараённинг бориши ҳаминша динамик мувозанатга олиб келадики, бунда вақт бирлигида қаттиқ фазанинг сирт бирлигидан қанча  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлар эритмага ўтса, шунча сондаги ионлар эритмадан чўкмага ўтади. Мувозанат бошлангандан кейин эритмада  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларининг кўпайиши, шунингдек, қаттиқ фаза  $\text{BaSO}_4$  миқдорининг камайиши ҳам тўхтайди, барий сульфатнинг тўйинган эритмаси ҳосил бўлади:



Тўйинган эритмага мувозанатдаги система деб ҳисоблаб, массалар таъсири қонунини қўллаш мумкин.  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларини эритмага ўтиш жараёни тезлигини  $\vartheta_1$  белгилаймиз. Бу тезлик ( $\vartheta_1$ ) сирт бирлигидаги  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлари сонига пропорционалдир. Мувозанат ҳолатда ионларнинг бу сони ўзгармай қолади. Қаттиқ фаза  $\text{BaSO}_4$  нинг эриш тезлиги сиртга боғлиқ бўлганлиги учун,  $\vartheta_1$ нинг ифодаси ёзилганда, математик кўринишга қаттиқ модданинг концентрацияси эмас, балки унинг сирт бирлиги киритилади, бинобарин,

$$\vartheta_1 = \kappa_1 \cdot s \quad (3.1)$$

бўлади, бу ерда,  $S=1\text{см}^2$  бўлганлиги учун  $\vartheta_1 = \kappa_1$  га тенг бўлиб қолади.

Қайтар жараён -  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларининг  $\text{BaSO}_4$  кристалларига чўкиш тезлиги  $\vartheta_2$  ана шу ионларнинг вақт бирлиги ичида сирт бирлиги билан тўқнашиш сонига боғлиқ. Эритмада ионлар ҳаракатининг тезлигини камайтирувчи ионлараро кучи бўлмаганда эди, у эритмадаги  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларининг концентрациясига боғлиқ бўлар эди. Бу ионлараро кучларнинг таъсирини ҳисобга олиш учун ионларнинг моляр концентрациясини активлик билан ифодалашга тўғри келади, бинобарин,

$$\vartheta_2 = K_2 \cdot a_{\text{Ba}^{2+}} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}} \quad (3.2)$$

Мувозанат ҳолати вужудга келганда  $\vartheta_1 = \vartheta_2$  ҳар бир реакцияларнинг тезликлари қийматларини қўйилса:

$$\kappa_1 = k_2 \cdot a_{\text{Ba}^{2+}} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}} \quad (3.3)$$

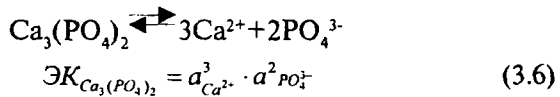
Тезлик константаларини тенглама(3.3)нинг чап томонига жойлаштирилса:

$$\frac{k_1}{k_2} = a_{Ba^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}} \quad (3.4)$$

келиб чиқади. Икки доимий катталиқ нисбати ҳам ўзгармас бўлганлиги учун  $\frac{k_1}{k_2} = EK$  (эрувчанлик кўпайтмаси) деб олиш мумкин:

$$EK_{BaSO_4} = a_{Ba^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}} \quad (3.5)$$

Қийин эрувчан электролитнинг тўйинган эритмасидаги ионлар активлигининг кўпайтмаси ўзгармас ҳароратда доимий миқдордир. Бу ўзгармас сон электролитнинг эриш қобилиятини ифодалагани учун, у эрувчанлик кўпайтмаси (ЭК) дейилади. Ионлар активлигининг қиймати диссоциация жараёнида иштирок этаётган ионлар сонига тенг миқдор даражага кўтарилиб, эрувчанлик кўпайтмаси ифодасига киради, масалан:



Жуда қийин эрувчан электролитларнинг тўйинган эритмасида ионлар концентрацияси жуда кам бўлганлиги учун ионлар орасидаги ўзаро таъсир кучи у қадар сезилмайди. Шу сабабли активлик коэффициенти  $f_{K^{+}}$  ва  $f_{An^{-}}$  ни бирга тенг деб олинса, унчалик хато бўлмайди. Эрувчанлик кўпайтмаси тенгламаси (3.6) даги ионлар активликлари уларнинг тегишли мувозанат концентрациялари билан алмаштирилса, қуйидаги кўриниши келиб чиқади.

$$EK_{Ca_3(PO_4)_2} = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 \quad (3.7)$$

Анча осон эрийдиган электролитларда активлик коэффициенти  $f$  нинг қиймати бирга тенг эмас ва шунинг учун

улардаги ионлар активлигини моляр концентрация билан алмаштириб бўлмайди.

Қийин эрувчан электролитларнинг эрувчанлик кўпайтмасини топиш учун исталган усул билан унинг берилган температурадаги эрувчанлиги аниқланади. Эрувчанликни била туриб, эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаб топиш мумкин.

ЭКни ҳисоблашга доир мисолларни ечишда, агар берилган қийин эрувчан бирикманинг  $ЭК < n \cdot 10^{-7}$  бўлса, активлик коэффициентини ҳисобга олмаса бўлади. Бордию  $ЭК > n \cdot 10^{-7}$  бўлса, активлик коэффициентини киритиш керак.

**1-мисол.** 1 литр тўйинган эритмада  $18^{\circ} \text{C}$  да  $0,0002215 \text{ г}$  туз сақловчи калций фосфатнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

Ечиш:

1. Калций фосфат эрувчанлигини мол/л да ифодаланган эрувчанлигини топилади:

$$Mr(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 310,18$$

$$[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = \frac{0,0002215}{310,18} = 7,14 \cdot 10^{-7} \text{ мол/л}$$

2. Ҳар бир ионнинг концентрацияси ҳисобланади:



бинобарин,

$$[\text{Ca}^{2+}] = 3 \cdot 7,14 \cdot 10^{-7} = 21,42 \cdot 10^{-7} = 2,142 \cdot 10^{-6} \text{ мол/л}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 2 \cdot 7,14 \cdot 10^{-7} = 14,28 \cdot 10^{-7} = 1,428 \cdot 10^{-6} \text{ мол/л}$$

3. Тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаб чиқарилади:

$$\begin{aligned} ЭК_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} &= [\text{Ca}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (2,142 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (1,428 \cdot 10^{-6})^2 \\ &= (9,829 \cdot 10^{-18}) \cdot (2,039 \cdot 10^{-12}) = 2,004 \cdot 10^{-29} \end{aligned}$$

**2-мисол.** Калций сульфатнинг 20°C даги эрувчанлиги 2 г/л.  $\text{CaSO}_4$  нинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

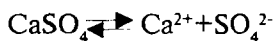
Ечиш:

1.  $\text{CaSO}_4$  нинг тўйинган эритмасининг моляр концентратсиясини топилади:

$$Mr(\text{CaSO}_4) = 136$$

$$[\text{CaSO}_4] = \frac{2}{136} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ мол/л}$$

2. Шу эритманинг ион кучини ҳисоблаб топилади:  $\text{CaSO}_4$  нинг ҳар молекуласи диссоциланганда:



$[\text{Ca}^{2+}] = 1,5 \cdot 10^{-2}$  мол/л;  $[\text{SO}_4^{2-}] = 1,5 \cdot 10^{-2}$  мол/л бўлади.  
Шу асосда эритманинг ион кучи:

$$\mu = \frac{1}{2}(C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot Z^2 + C_{\text{SO}_4^{2-}} \cdot Z^2) = \frac{1}{2}(1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 + 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 4) = 0,06$$

3. Маълумотномадаги жадвалдан ион кучи 0,06 бўлган эритмадаги икки зарядли ионларнинг активлик коэффициентлари қиймати аниқланади:

$$f_{\text{Ca}^{2+}} = 0,42; \quad f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,42;$$

4. Ниҳоят, ионларнинг концентрацияси ва уларнинг активлик коэффициентлари асосида  $\text{CaSO}_4$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси ҳисобланади:

$$\text{ЭК}_{\text{CaSO}_4} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}} = (1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,42)^2 = 4 \cdot 10^{-5}$$

Эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан фойдаланиб, айти ҳароратдаги оз эрийдиган электролитнинг эрувчанлигини ҳам ҳисоблаш мумкин:



**3-мисол.** Магний гидроксид  $Mg(OH)_2$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси  $5 \cdot 10^{-12}$  га тенг. Унинг  $25^{\circ}C$  даги эрувчанлигини ҳисобланг.

Ечиш:

1. Аниқланадиган эрувчанликни (мол/л даги)  $x$  билан белгилаймиз. Бу  $x$  мол  $Mg(OH)_2$  эритмага ўтганда ионларнинг концентрацияси  $[Mg^{2+}] = x$ ,  $[OH^-] = 2x$  бўлади, чунки



Шу тенглама асосида ЭК ифодаси ёзилади:

$$ЭК_{Mg(OH)_2} = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 = x \cdot (2x)^2 = 4x^3;$$

$$ЭК_{Mg(OH)_2} = 5 \cdot 10^{-12} \text{ бўлганлигидан } 4x^3 = 5 \cdot 10^{-12}$$

Бундан,

$$x = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^{-12}}{4}} = \sqrt[3]{1,25 \cdot 10^{-12}} = 1,075 \cdot 10^{-4} \text{ мол / л} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ мол / л}$$

2. Эрувчанликнинг мол/л да ифодаланган қийматидан грамм/литрдаги қийматига ўтиш учун топилган миқдорни  $Mg(OH)_2$  нинг молекуляр массасига кўпайтирилади.

$$\begin{aligned} M_r(Mg(OH)_2) &= 58,3 \\ \text{Э} &= 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 58,3 \approx 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ г/л} \end{aligned}$$

### 3.2. Бир исмли ионларнинг электролит эрувчанлигига таъсири. Туз эффекти

Эрувчанлик кўпайтмаси электролитнинг тўйинган, тўйинмаган ва ўта тўйинган эритмаларида борадиган жараёнларни чуқур тушунишга ёрдам беради.

У ёки бу оз эрувчан электролит эритмасидаги унинг ионлари концентрациялари кўпайтмаси (ион кўпайтмаси)

айни электролит эрувчанлик кўпайтмаси қийматига етса, шу температурада эритма тўйинган бўлиб қолади. Олайлик  $BaSO_4$  нинг тўйинган эритмасида ион кўпайтмаси унинг ЭК қийматига тенг:

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = \mathcal{E}K_{BaSO_4}$$

Тўйинмаган эритмада эриган модданинг концентрацияси тўйинган эритмадагига нисбатан кам, ион кўпайтмаси ЭК дан кичик бўлади:

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] < \mathcal{E}K_{BaSO_4}$$

Бордию, ион кўпайтмаси электролитнинг эрувчанлик кўпайтмасидан ортиқ бўлса, чўкиш жараёни эриш жараёнига нисбатан устунликка эришади, бинобарин модданинг бир қисми эритмадан қаттиқ фаза ҳолида ажралиб чиқади. Ўта тўйинган эритма учун қуйидаги ифодани келтириш мумкин:

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] > \mathcal{E}K_{BaSO_4}$$

Юқорида кўриб ўтилган ҳолатлар тўйинмаган эритмалардан тўйинганига ёки тўйинган эритмалардан ўта тўйинган эритмаларга ўтиш имкониятини беради. Бундай ўтишларни эритмага бир исмли ион сақловчи яхши диссоциланувчи электролит қўшиш билан амалга ошириш мумкин. Чунончи, барий сульфатнинг тўйинган эритмасига бир исмли  $SO_4^{2-}$  аниони сақловчи сульфат кислота ёки натрий сульфат (кучли электролит) қўшилса, аввал ион кўпайтмаси  $BaSO_4$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматига етади, сўнгра бу қийматдан ошиб кетади. Ўта тўйинган эритмадан айни температурада барий сульфат чўкмаси тушади.

Демак, қийин эрийдиган электролитларнинг эрувчанлиги, уларнинг эритмасига таркибида шу эритмадаги ионларнинг бири билан бир исмли иони бор бирорта кучли электролит киритилиши билан камаяди.

Электролитларнинг эрувчанлигига фақат бир исмли ионга эга бўлган тузларгина эмас, балки бундай бир исмли

ионга эга бўлмаган электролитлар ҳам таъсир этади. Аммо бундай ҳолларда электролитнинг эрувчанлиги камаймасдан, аксинча ортади. Масалан, кам эрувчан сульфатлар, чунончи  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  ва  $\text{SrSO}_4$ ларнинг эрувчанлиги  $\text{KCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  каби кучли электролитлар (бир исмли иони йўқ) қўшилганда ошади. Бунда қўшиладиган тузнинг концентрацияси қанча юқори бўлса, эрувчанлик ҳам шунча юқори бўлади. Оз эрувчан электролитлар эрувчанлигини бундай ортиши ҳодисаси туз эффекти деб аталади.

Эрувчанлик ортишининг физикавий сабаби тушунарли: эритмага  $\text{KNO}_3$  ёки  $\text{NaNO}_3$  киритилганда ионларнинг умумий концентрацияси ошади, бинобарин ионлараро ўзаро таъсир кучи ортади, шу ҳисобига ҳаракатчанлиги камайган  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлари  $\text{BaSO}_4$  кристаллари сирти билан камроқ тўқнашади. Ўз-ўзидан тушунарлики, бунда эриш жараёни ионларнинг эритмадан чўкиш жараёнига нисбатан устунликка эга бўлиб,  $\text{BaSO}_4$ нинг эрувчанлиги ортади. Шунини ҳам таъкидлаш керакки, туз эффекти бир зарядли ионлар берувчи (масалан  $\text{KNO}_3$ )ларга нисбатан икки зарядли ионлар берувчи (м-н,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) тузлар қўшилганда кўпроқ бўлади.

Оз эрувчи электролитларнинг эрувчанлигига бир исмли ионларнинг таъсирини, туз эффектини ҳисоблашга доир мисоллар келтираимиз.

**1-мисол.** ЭК<sub>BaSO<sub>4</sub></sub> қийматидан  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  нинг 0,01 М эритмасидаги  $\text{BaSO}_4$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг ва уни шу тузнинг сувдаги эрувчанлиги билан таққосланг.

**Ечиш:**

1.  $\text{BaSO}_4$  нинг аниқланиши лозим бўлган эрувчанлигини  $X$  билан белгилаймиз.  $\text{BaSO}_4$  нинг бу  $x$  моли  $x$  мол/л  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $x$  мол/л  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларини беради. Шу билан бирга  $\text{SO}_4^{2-}$  ионлари  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ нинг ионланишидан ҳам ҳосил бўлади ва  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларининг концентрацияси 0,01 мол/л бўлади. Шундай қилиб,

$$[\text{Ba}^{2+}] = x; [\text{SO}_4^{2-}] = x + 0,01$$

Бу қийматларни ЭК<sub>BaSO<sub>4</sub></sub> тенгламасига қўйилса, қуйидаги кўриниш ҳосил бўлади.

$$\text{ЭК}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10} \approx x(0,01+x)$$

Агар  $\text{BaSO}_4$  эрувчанлиги жуда камлигини ва шунга кўра  $x$  нинг қиймати 0,01 га нисбатан жуда кичик бўлгани учун, уни эътиборга олинмаса, ҳисоблаш соддалашади:

$$0,01x = 1,1 \cdot 10^{-10}; \quad x = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{10^{-2}} \approx 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ мол / л}$$

2.  $\text{BaSO}_4$  нинг сувдаги эрувчанлиги қуйидагича топилади:

$$\text{Э} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} \approx 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ мол / л}$$

3. Эритмада 0,01 мол/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  нинг бўлиши  $\text{BaSO}_4$  нинг эрувчанлигини тахминан 950 марта камайтиради

$$\frac{1,05 \cdot 10^{-5}}{1,1 \cdot 10^{-8}} \approx 950 \text{ марта}$$

**2-мисол.**  $\text{KNO}_3$  нинг 0,1М эритмасидаги  $\text{BaSO}_4$  нинг эрувчанлигини ҳисобланг.

Ечиш:

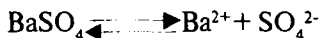
1. Эритманинг ион кучини ҳисоблаймиз. Ион кучи амалда  $\text{KNO}_3$  нинг концентрациясига боғлиқ бўлади.

$$\begin{aligned} \text{KNO}_3 &= \text{K}^+ + \text{NO}_3^- \\ \mu &= \frac{1}{2}(0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1 \end{aligned}$$

Бинобарин, жадвалдан ионларнинг ( $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) активлик коэффициентлари топилади:

$$f_{\text{Ba}^{2+}} = f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,33$$

2.  $\text{BaSO}_4$  нинг аниқланиши лозим бўлган эрувчанлигини  $x$  билан белгиланса:



$$\text{ЭК}_{\text{BaSO}_4} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] \cdot f_{\text{Ba}^{2+}} \cdot f_{\text{SO}_4^{2-}}$$

$$\text{ЭК}_{\text{BaSO}_4} = (x) \cdot (x) \cdot 0,33^2 = x^2 \cdot 0,33^2 = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ бўлади.}$$

Бундан,

$$x = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{0,33}} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ мол/л}$$

Бинобарин, 0,1 мол/л  $\text{KNO}_3$  иштирокида  $\text{BaSO}_4$ нинг эрувчанлиги тахминан 3 марта ортиши (туз эффекти) кузатилади:

$$\frac{3,2 \cdot 10^{-5}}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 3,0 \quad \text{марта}$$

### 3.3. Чўкмаларнинг ҳосил бўлиш шароитлари

Эрувчанлик кўпайтмаси қоидаси кимёвий реакциялар бажарилганда чўкмаларнинг ҳосил бўлиши ёки эришини олдиндан билишга имкон беради.

Ҳар қандай қийин эрийдиган электролитнинг чўкмаси унинг эритмадаги ионлари активликларининг кўпайтмаси шу температурада эрувчанлик кўпайтмасидан катта бўлгандагина ҳосил бўлади. Чўктирилаётган ионларнинг эрувчанлик кўпайтмасига мувофиқ келадиган қисми ҳамisha эритмада қолади. Баъзан бу қисм шунчалик кам бўладики, бундан кейин қилинадиган ишларда сира халақит бермайди. Бундай ҳолларда чўктиришни амалий жиҳатдан тўлиқ деб аташ мумкин. Бироқ баъзи вақтда чўктиришни амалий жиҳатдан тўлиқ деб ҳисоблаш мумкин бўлмай қолади. Бу ҳолда амалий жиҳатдан тўла чўктириш учун бирон-бир чора кўришга тўғри келади.

Тўла чўктириш аналитик кимёда жуда муҳим аҳамиятга эга, чунки анализда чўктириш амалий жиҳатдан тўлиқ бўлгандагина ионларни ажратиш ва эритмадан чиқариладиган ионларнинг кейинги ишларга халақит берадиган таъ-

сирини йўқотиш мумкин бўлади. Шуни назарда тутиб, тўла чўктиришга тааллуқли бўлган омиллар таъсирини ўрганишимиз керак. Ионнинг тўлиқ чўкиши чўктириладиган бирикманинг эрувчанлигига, чўктирувчи реагентнинг миқдорига, унинг диссоциланиш даражасига, гидролизланишига, эритманинг рН қийматига ва баъзи бошқа омилларга боғлиқ.

**Чўкишга ионлар концентрациясининг таъсири.** Олайлик, кўрғошин тузи эритмаси хоҳлаган эрувчан хлоридлар, масалан  $\text{KCl}$  билан аралаштирилади. Бунда кўрғошин ионлари  $\text{Pb}^{2+}$  хлорид  $\text{Cl}^-$  ионлари билан учрашиб ўртача эрувчан электролит  $\text{PbCl}_2$  ҳосил қилади. Лекин кўрғошин (II)-хлориднинг ҳақиқатда чўкиш-чўкмаслиги эритманинг шу тузга нисбатан ўта тўйинган бўлишига боғлиқдир. Эритма эса  $\text{Pb}^{2+}$  ва  $\text{Cl}^-$  ионлари концентрацияларининг кўпайтмаси  $\text{ЭК}(\text{PbCl}_2)$ нинг  $25^\circ\text{C}$  да  $1,6 \cdot 10^{-5}$  га тенг бўлган қийматидан ортиқ бўлгандагина ўта тўйинган бўлади. Демак, берилган шароитда шу тузнинг чўкиш-чўкмаслигини назарий жиҳатдан олдиндан ҳисоблаш мумкин.

**1-мисол.** Кўрғошин ацетат  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ нинг  $0,05 \text{ M}$  эритмасига тенг ҳажмли калий хлориднинг  $0,5 \text{ M}$  эритмаси кўшилди.

Бунда чўкма тушадими?

Ечиш:

1. Эритмалар аралаштирилганда уларнинг ҳажми икки марта ортади ва ҳар бир модда концентрацияси ўзгариб,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  нинг концентрацияси  $0,025 \text{ M}$  ва  $\text{KCl}$  концентрацияси  $0,25 \text{ M}$  бўлиб қолади.  $\text{Pb}^{2+}$  ва  $\text{Cl}^-$  ионлари концентрациялари эритмалар аралаштирилган дақиқда қуйидагича бўлади:

$$[\text{Pb}^{2+}] = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ мол/л}; [\text{Cl}^-] = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ мол/л}.$$

2. Эритмадаги айни ионлар концентрациялар кўпайтмаси қуйидаги қийматга эга бўлади:

$$[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot (2,5 \cdot 10^{-1})^2 = 1,56 \cdot 10^{-3}$$

келиб чиққан қиймат  $1,56 \cdot 10^{-3}$  кўрғошин (II)-хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси қиймати  $1,6 \cdot 10^{-5}$  дан деярли 100 марта ортиқдир. Бинобарин, эритма ушбу тузга нисба-

тан ўта тўйинган бўлиб қолади ва  $PbCl_2$ нинг бир қисми чўкмага тушади.

Юқоридагилардан шундай хулоса келиб чиқадики, демак, кам эрувчи электролитнинг чўкмаси, унинг ионларининг концентрациялари кўпайтмаси шу электролитнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан ортиқ бўлгандагина ҳосил бўлади.

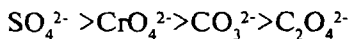
Кам эрувчи электролит, унинг ионлари кўпайтмаси қиймати секин-аста камайиб, ўзининг эрувчанлик кўпайтмаси қийматига тенглашгунча чўкаверади. Чўкма билан эритма орасида мувозанат қарор топгач, чўкиш жараёни тўхтайтиди.

**Чўкишнинг эрувчанликка боғлиқлиги.** Топилиши лозим бўлган ионнинг чўкма ҳолида ҳосил қиладиган бирикмасининг эрувчанлиги берилган шароитда қанчалик кам бўлса, бу ион эритмадан шунчалик тўлиқ ажратилади. Чўктириладиган бирикманинг эрувчанлигини ионнинг тўлиқ чўкишига таъсирини баътафсил мисоллар ёрдамида кўрайлик.  $Ba^{2+}$  ва  $Ca^{2+}$  катионларини текширилади эритмадан сульфатлар, хроматлар, карбонатлар ва оксалатлар ҳолида чўктириш мумкин. Бу бирикмаларнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматлари қуйидагичадир:

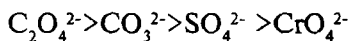
$$\begin{aligned} EK_{BaSO_4} &= 1,1 \cdot 10^{-10}; & EK_{CaSO_4} &= 6,1 \cdot 10^{-5} \\ EK_{BaCrO_4} &= 2,4 \cdot 10^{-10}; & EK_{CaCrO_4} &= 2,3 \cdot 10^{-2} \\ EK_{BaCO_3} &= 8,0 \cdot 10^{-9}; & EK_{CaCO_3} &= 4,8 \cdot 10^{-9} \\ EK_{BaC_2O_4} &= 1,6 \cdot 10^{-7}; & EK_{CaC_2O_4} &= 2,6 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

Бир хил типдаги эрувчанлик кўпайтмасининг келтирилган қийматлари шуни кўрсатадики, барий тузларидан энг кам эрувчани  $BaSO_4$  бўлса, калций тузларидан энг кам эрийдигани калций оксалат  $CaC_2O_4$  экан. Шу сабабли,  $Ba^{2+}$  ва  $Ca^{2+}$  катионларини мутаносиб равишда шу бирикмалар ҳолида эритмадан тўлиқ чўктириш мумкин. Ўз-ўзидан равшанки,  $Ba^{2+}$  катионини чўктириш учун  $SO_4^{2-}$  анионларидан ( $H_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$  ва бошқалар ҳолида) ва  $Ca^{2+}$  катионларини чўктириш учун оксалат  $C_2O_4^{2-}$  аниони ( $(NH_4)_2C_2O_4$ ,  $Na_2C_2O_4$  ва бошқалар)дан фойдаланса бўлади.

Юқорида келтирилган эрувчанлик кўпайтмаси қийматлари  $Ba^{2+}$  ва  $Ca^{2+}$  катионларига доир реакцияларнинг сезгирлигини ҳам тавсифлайди. Чунончи  $Ba^{2+}$  катионини аниқлашда чўктирувчи-анионларнинг сезгирлиги қуйидаги тартибда пасаяди:



$Ca^{2+}$  катионини топишда чўктирувчи-анионларнинг сезгирлиги қуйидагича камаяди.



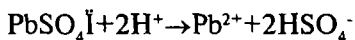
### **Чўкиш жараёнига чўктирувчи миқдорининг таъсири.**

Кўшиладиган чўктирувчи миқдори эквивалент миқдордан, яъни реакция тенгламаси бўйича талаб қилинганидан кам олинмагандагина ҳар қандай ион тўла чўқади, деб ҳисоблаш мумкин. Лекин, чўкманинг эрувчанлик кўпайтмаси унча кичик бўлмаса, эквивалент миқдорда қўшилган чўктирувчи ионни эритмадан амалда тўлиқ чўктира олмайди, чунки чўкма устида эрувчанлик кўпайтмаси қийматиغا яқин концентрацияда чўктирилмаган ионлар бўлади. Эрувчанлик кўпайтмаси қоидасига биноан чўктирувчидан бир оз мўлроқ қўшилса, чўктириш анча тўлиқ бўлади. Ҳақиқатан ҳам  $PbSO_4$  ни чўктириш жараёнида ионлар концентрациялари кўпайтмаси  $[Pb^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]$  нинг қиймати доимий ва  $\mathcal{E}K_{PbSO_4}$  га тенг бўлганлиги сабабли чўктирувчи ( $H_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ) ни ортиқча кўшиш билан  $SO_4^{2-}$  ионлари концентрациясини ортиши эритмадаги  $Pb^{2+}$  катионлари концентрациясини мувофиқ равишда массалар таъсири қонунига биноан камайишига, яъни,  $Pb^{2+}$  катионларини  $PbSO_4$  ҳолида тўлароқ чўкишига олиб келади. Шунинг учун бирор ионни тўлиқ чўктириш учун, бу ион сувда бирмунча чўкма ҳосил қилса, уни чўктириш учун чўктирувчи реактивдан бир оз ортиқча, яъни реакция тенгламаси талаб қиладиган миқдордан кўпроқ олинади.

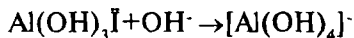
$[Pb^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = \mathcal{E}K_{PbSO_4}$  тенглама асосида  $H_2SO_4$  ни қанча кўп қўшсак,  $Pb^{2+}$  иони шунча тўлароқ чўқади, деб ўйлаш



мумкин бўларди. Аммо, ҳақиқатда бундай эмас, сульфат кислотани жуда ҳам ортиқча қўшсак, у чўкманинг эрувчанлигини камайтириш у ёқда турсин, балки оширади, чунки бунда ионланиш константаси  $K_{\text{HSO}_4^-} = 1,2 \cdot 10^{-2}$  бўлган  $\text{HSO}_4^-$  иони ҳосил бўлади.



Амфотер гидроксидларнинг чўкмалари ҳам чўктирувчи—ишқорнинг ортиқча миқдорида эриши мумкин.



Нордон тузлар, комплекс ва бошқа эрувчан бирикмалар ҳосил бўлмайдиган ҳолларда ҳам чўктирувчини ҳаддан ташқари кўп қўшиш мақсадга мувофиқ эмас. Бунга сабаб шуки, чўктирувчининг ортиқчаси чўкманинг эрувчанлигини туз эффекти ҳисобига ошириб юбориши мумкин.

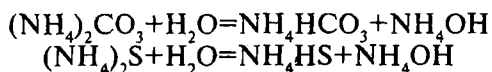
Тажрибалар шуни кўрсатадики, чўктирувчи реагент одатда, кўпи билан ҳисоблагидан бир ярим барабар ортиқ, баъзида эса бундан ҳам кам қўшилади.

**Чўкишга чўктирувчининг ионланиши таъсири.** Тўлиқ чўктириш учун чўктирувчи реагентнинг диссоциланиш даражаси муҳим аҳамиятга эга. Масалан,  $\text{Mg}^{2+}$  катионини  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ҳолида чўктириш учун  $\text{KOH}$  билан  $\text{NH}_4\text{OH}$  таъсири ўртасида катта фарқ бор. 0,1М эритмада  $\text{KOH}$  100% диссоциланса,  $\text{NH}_4\text{OH}$  худди шундай 0,1М эритмада бор-йўғи 1% диссоциланади. Чўктирувчиларнинг бир хил ортиқча миқдори олинганда  $\text{NH}_4\text{OH}$  калий гидроксидга нисбатан 100 марта кам концентрациядаги  $\text{OH}^-$  ионларини ҳосил қилади. Бошқача айтганда, кам диссоциланувчи аммоний гидроксид  $\text{Mg}^{2+}$  ионларини  $\text{KOH}$ га нисбатан тўлиқ чўктира олмайди. Келтирилган бу мисолдан кўринадики, бошқа шароитлар бир хил бўлганда, таъсир этаётган чўктирувчи қанчалик яхши диссоциланган бўлса, чўктирилаётган ион шунчалик тўла чўқади.

Кимёвий анализда чўктирувчининг диссоциланиш даражасининг камайтириш ҳам муҳим аҳамиятга эга.  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмасидаги  $\text{OH}^-$  ионларининг унча катта бўлмаган кон-

центрациясини янада камайтириш мумкин. Бунга эритмага бир исмли ион  $\text{NH}_4^+$  катиони киритиш, яъни аммоний тузлари қўшиш билан эришилади. Эритмадаги ионлар концентрациялари кўпайтмаси  $[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$  магний гидроксиднинг эрувчанлик кўпайтмаси  $E_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$  дан кам бўлиб қолади ва чўкма ҳеч ҳам ҳосил бўлмайди. Бу усул систематик анализда кенг қўлланилади. Масалан,  $\text{Mg}^{2+}$  катионини натрий гидрофасфат билан  $\text{NH}_4\text{OH}$  иштирокида топишда  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  чўкмаси ҳосил бўлишига йўл қўймаслик учун эритмага аммоний хлорид қўшиш йўли билан аммоний гидроксиднинг диссоциланиши камайтирилади.

Ионларни тўлиқ чўктиришга ишлатиладиган чўктирувчининг гидролизи ҳам таъсир кўрсатади, агар чўктирувчи кучсиз асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган туз бўлса алоҳида таъсир кўрсатади. Чунончи иккинчи ва учинчи гуруҳ катионларининг умумий гуруҳ реагентлари осон гидролизланади:



Гидролизда ҳосил бўладиган  $\text{HCO}_3^-$  ва  $\text{HS}^-$  ионлари тегишли гуруҳ катионларини чўктирмайди. Бинобарин, гуруҳ реагентларининг гидролизи катионларнинг тўлиқ чўкишига тўсқинлик қилади. Гидролизни олдини олиш учун эритмаларга  $\text{NH}_4\text{OH}$ , яъни гидролиз маҳсулотларидан бири қўшилади. Натижада, гидролиз мувозанати чап томонга силжийди, чўктирувчи реагентлар – аммоний карбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ёки аммоний сульфид  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ларнинг концентрациялари ошади ва катионларнинг тўлиқ чўкишига эришилади.

**Чўкишнинг эритманинг рН қийматига боғлиқлиги.** Ионларнинг тўлиқ чўкиши учун реакция муҳити, яъни анализ қилинувчи эритманинг рНи ҳам ҳисобга олиниши керак, зотан ҳар бир модданинг тўлиқ чўкиши  $\text{H}^+$  ионлари концентрациясининг маълум чегарасида юз беради. Эритманинг рН ни маълум қийматда сақлаб туриш учун кислоталар, ишқорлар ва буфер эритмалардан фойдаланилади. Қўшиладиган кислота ёки ишқорни танлаб олишда у билан киритиладиган ионлар текшириляётган эритмадаги ионларни топишга халал бермаслигига ва киритилган ион-

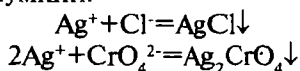
лар анализ давомида ишни мураккаблаштириб юбормаслигига ишонч ҳосил қилиш керак. Масалан  $K^+$  катионини топишда кислотали эритмани КОН ёки  $NH_4OH$  билан нейтраллаш ярамайди, албатта NaOH дан фойдаланиш лозим.

Маълумки, ҳар хил буфер аралашмалар эритмадаги рНнинг ўзгаришига тўсқинлик қилиш хусусиятига эга. Шунинг учун эритма рН ини унга мос келадиган қандайдир буфер аралашма қўшиш билан ростлаб туриш керак. Буфер аралашмаларни ишлатиш яна шунинг учун ҳам қулайки, улар эритмада озгина кислота ёки ишқор бўлишига қарамай, муайян рН ҳосил қилади. Аммо ҳар қандай буфер аралашманинг муайян буфер сиғими бор ва у маълум миқдордаги  $H^+$  ёки  $OH^-$  ионларини боғлай олади. Бу ионлардан бири ҳаддан ташқари кўп миқдорда бўлса, у ҳолда эритма биз мўлжаллаган рНга эга бўлмай қолади, унинг қиймати ҳам турғун бўлмайди (2.5—га қаралсин). Модомики шундай экан, кучли кислотали ёки кучли ишқорий эритмаларга буфер аралашма қўшишдан олдин улардаги кислота ёки ишқорнинг ортиқча қисмини нейтраллаш ёки бўлмаса буфер сиғими анча катта, яъни иккала компонентнинг концентрацияси юқори бўлган буфер аралашма ишлатиш керак. Шундай йўл тutilгандагина буфер аралашманинг таъсири фойдали бўлади.

### 3.4. Ионларни бирин-кетин чўктириш

Аналитик кимёда таъсир эттириладиган реагент эритмадаги ионларнинг фақат биттаси билан эмас, балки иккитаси ёки бир қанчаси билан қийин эрийдиган бирикма ҳосил қиладиган жараёнлар кузатилади. Эрувчанлик кўпайтмаси қoидасидан фойдаланиб, бундай жараёнлар моҳиятини осон тушунтириш мумкин.

Фараз қилайлик, эритмада бир вақтнинг ўзида  $Cl^-$  ва  $CrO_4^{2-}$  анионлари бўлиб, уларнинг концентрациялари бир хил,  $10^{-1}$  мол/л дан бўлсин. Айни эритмага томчилатиб  $AgNO_3$  эритмаси қўшилса,  $Ag^+$  ионлари эритмадаги  $Cl^-$  ва  $CrO_4^{2-}$  ионлари билан тўқнашиши сабабли қуйидаги реакциялар бориши мумкин:



Аввал бу тузларнинг қайси бири чўкишини билиш учун уларнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан фойдаланилади. Қайси тузнинг эрувчанлик кўпайтмаси ўз қийматига олдин етса, шу туз олдин чўкади.  $\text{AgCl}$  ва  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  нинг чўка бошлаши учун керак бўлган  $\text{Ag}^+$  ионларининг концентрациясини бу тузларнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан осонлик билан ҳисоблаб чиқариш мумкин:

$$\text{ЭК}_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,78 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-12}$$

$\text{Ag}^+$  ионлари концентрацияларини тегишлича  $[\text{Ag}^+]_{\text{AgCl}}$  ва  $[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}$  деб белгилаб, қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$[\text{Ag}^+]_{\text{AgCl}} = \frac{\text{ЭК}_{\text{AgCl}}}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{10^{-1}} = 1,78 \cdot 10^{-9} \text{ мол / л}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = \sqrt{\frac{\text{ЭК}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{[\text{CrO}_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{10^{-1}}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ мол / л}$$

Демак, биринчи навбатда тузлар орасида энг кам эрувчан  $\text{AgCl}$  ( $C_{\text{AgCl}} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ мол / л}$ ;  $C_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ мол / л}$ ) чўкмага тушади. Бошқача айтганда, кумуш хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси  $\text{Ag}^+$  ионларининг камроқ концентрациясида ўз қийматига етади ва биринчи бўлиб кумуш хлориднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Қизил гишт рангидаги кумуш хромат чўкмасининг ҳосил бўлиши хлорид-ионларнинг тўлиқ чўкканлигини билдиради, бинобарин  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  дан аргентометрияда индикатор сифатида фойдаланиш мумкин.

Келтирилган мисолдан маълум бўладики, ионлар аралашмасига айна реagent таъсир эттирилганда, улар шу ионлар ҳосил қиладиган қийин эрувчан бирикмалар эрувчанлик кўпайтмасининг ўз қийматига етиши тартибида чўкади. Бундай чўктириш бирин-кетин чўктириш деб аталади.

Бирин-кетин чўктиришда реакция натижасида ҳосил бўладиган бирикмаларнинг энг оз эрийдигани одатда, биринчи навбатда чўкади, ундан кейин кўпроқ эрийдигани чўкади.

Ионларнинг кетма-кет чўкиши нафақат реакция маҳсулотларининг эрувчанлигига боғлиқ бўлиб қолмасдан, балки шу ионларнинг эритмадаги концентрациясига ҳам боғлиқ бўлади.

Қийин эрийдиган электролитни ҳосил қилувчи ионларнинг концентрацияларини ўзгартириб, ионларнинг бирин-кетин чўкишини тамоман тесқари тартибда олиб бориш ҳам мумкин. Масалан,  $\text{Cl}^-$  ва  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионларининг концентрацияси

$$[\text{Ag}^+]_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4} < [\text{Ag}^+]_{\text{AgCl}},$$

яъни,

$$\frac{\sqrt{\mathcal{E}K_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}}{\sqrt{[\text{CrO}_4^{2-}]}} < \frac{\mathcal{E}K_{\text{AgCl}}}{[\text{Cl}^-]}$$

бўладиган қилиб танланган бўлса, у ҳолда биринчи навбатда  $\text{AgCl}$  эмас, балки  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкади.

Ионларни бирин-кетин чўктиришдан кимёвий сифат анализда кенг миқёсда фойдаланилади. Бундан ташқари, бирин-кетин чўктириш қондаси титриметрик анализда, хроматография методидида, шунингдек, филтёр қоғозда ба-жариладиган томчи реакцияларида ўз ифодасини топади.

### 3.5. Чўкмаларнинг эриш шароитлари

Эрувчанлик кўпайтмаси қондаси қийин эрийдиган чўкмаларни эритмага ўтказиш шарт-шароитларини топиш масалаларини ҳал қилишда ҳам муҳим аҳамиятга эга.

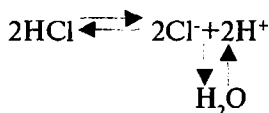
$\text{Mg}(\text{OH})_2$  чўкмасини эритиб, эритмадан  $\text{Mg}^{2+}$  катиони-ни аниқлаш керак бўлсин. Бу чўкма устидаги эритма  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  га тўйинган бўлади, ундаги ионлар кўпайтмаси  $[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = \mathcal{E}K_{\text{Mg}(\text{OH})_2} \cdot 6 \cdot 10^{-10}$  ( $25^\circ\text{C}$ )га тенг. Шу эритмага бирор кислотадан озгина қўшилса, кислотадан ҳосил бўлган водород ионлари эритмадаги  $\text{OH}^-$  ионларини боғлайди, кам диссоциланадиган сув молекулаларини ҳосил қилади ва натижада ионлар кўпайтмаси  $\mathcal{E}K_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$  қийматидан кичик

бўлиб қолади. Эритма  $Mg(OH)_2$  га тўйинмаган бўлиб қолади, чўкмадаги магний гидроксид эрий бошлайди ва эритмага  $Mg^{2+}$  ва  $OH^-$  ионлари ўта бошлайди. Чўкманинг эриши  $[Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$  кўпайтмаси қиймати  $ЭК_{Mg(OH)_2}$  га тенглашгунча давом этади.

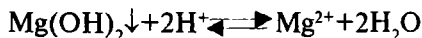
Кислота қўшиш давом эттирилса, чўкманинг янгидан-янги миқдори эритмага ўтади ва ниҳоят чўкманинг ҳаммаси эриб кетади.

Бирор чўкмани эритиш учун унинг эритмага ўтаётган ионларидан бирини шу ион билан оз диссоциланадиган бирикма ҳосил қилувчи ион сақловчи электролит таъсир этириб боғлаш керак.

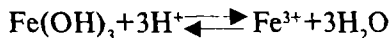
$Mg(OH)_2$  га кислоталар таъсир эттирилганда борадиган реакцияни қуйидаги тенгламалар билан ифодалаш мумкин:



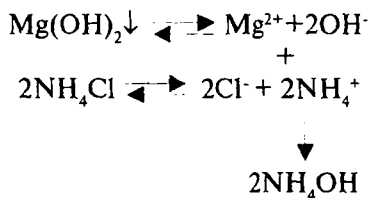
ёки



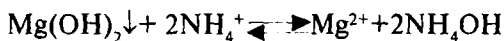
қийин эрийдиган бошқа асослар ҳам кислоталарда худди шундай эрийди, масалан:



Қийин эрийдиган асосларни эритиш учун  $OH^-$  ионларини эритмага  $NH_4^+$  ионини киритиб ҳам боғлаш мумкин, бунда оз ионланадиган бирикма  $NH_4OH$  ҳосил бўлади. Шунинг учун бир қатор гидроксидлар фақат кислоталарда эмас, балки аммоний тузларида ҳам эрийди. Системадан  $OH^-$  ионларини чиқариш мувозанатни силжитади ва қаттиқ фазанинг эришига олиб келади:

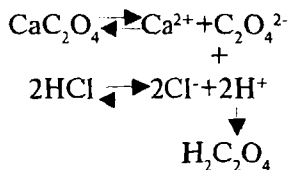


ёки



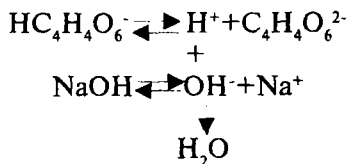
Ҳосил бўлган  $\text{NH}_4\text{OH}$  сувга нисбатан анча кучли ионланганлиги сабабли, эритмадаги  $\text{OH}^-$  ионларининг концентрацияси кислота қўшилгандагидек кўп камаймайди. Аммоний тузларининг асосларни эритиш хусусияти кислотага нисбатан анча кам ва нисбатан яхшироқ эрувчан баъзи асосларгина аммоний тузларида эрийди. Энг қийин эрийдиган асослар (масалан,  $\text{Fe(OH)}_3$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ ,  $\text{Cr(OH)}_3$  ва бошқалар) кучли минерал кислоталарда яхши эриб, аммоний тузлари ва сирка кислотада эримайди.

Кучсиз кислоталарнинг қийин эрийдиган тузлари кучли кислоталарда эрийди, бунда  $\text{H}^+$  ионлари тузларнинг анионларини кам диссоциланадиган кучсиз кислоталар молекулалари ҳосил қилиб боғлайди.



Баъзи бир кучсиз кислоталарнинг нордон тузлари фақат кучли кислоталарда эришидан ташқари, ишқорларда ҳам эрийди. Масалан, калий гидротартрат  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  диссоциланиб, эритмага  $\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^-$  анионларини беради, бу анионлар ўз навбатида ионланиб,  $\text{H}^+$  ионларини ажратади. Бу  $\text{H}^+$  ионлари ишқорнинг гидроксид  $\text{OH}^-$  ионлари билан бирикиб кам диссоциланадиган сув молекулаларини ҳосил қилади ва мувезанат ўнг томонга силжиб чўкма эрийди:





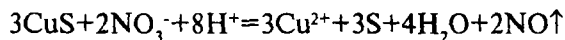
Кучли кислоталарнинг қийин эрийдиган тузлари (ишқорий ер металлларнинг сульфатлари  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ , кумуш хлорид  $\text{AgCl}$ , кумуш йодид ва бошқалар) кислота-ларда эримайди, чунки бу ҳолда мувозанатни силжитувчи кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил бўлмайди.

Баъзан тузларнинг чўкмалари барқарор комплекс ион-лар ҳосил бўлиши билан эрийди. Кумуш хлорид чўкмаси  $\text{NH}_4\text{OH}$  да осонлик билан эрийди, чунки чўкма томонидан эритмага тарқатиладиган  $\text{Ag}^+$  катионлари аммиак молекулалари билан комплекс катионлар ҳосил қилади.



Эритмадаги  $\text{Ag}^+$  катионларининг концентрациясини комплекс ион ҳосил бўлиши ҳисобига камайиши қаттиқ фаза билан эритма орасидаги мувозанатни бузади, чўкма-ни эришига олиб келади.

Ниҳоят, ҳар хил оксидланиш-қайтарилиш реакциялари-нинг бориши натижасида ҳам, кўпинча чўкма эриб кетиши мумкин. Масалан,  $\text{HCl}$  ва  $\text{H}_2\text{SO}_4$  да эримайдиган  $\text{CoS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  ва бошқа сульфидлар концентрланган нитрат кис-лотада қиздирилганда осонлик билан эриб кетади, масалан,



Оксидловчи сифатида баъзи ҳолларда 1 ҳажм концентр-ланган нитрат кислотанинг 3 ҳажм концентрланган хлорид кислотаси билан аралашмаси – зар суви ҳам ишлатилади.

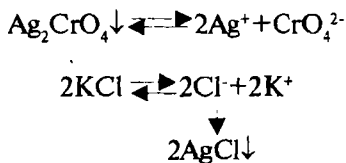
### 3.6. Қийин эрийдиган бирикмани бошқа қийин эрувчан бирикмага айлантириш

Аналитик кимёнинг сифат анализидида кўпинча қийин эрувчан бирикмани бирор реактив таъсир эттириб, уни бош-

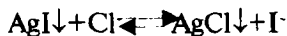


қа қийин эрувчан бирикмага айлантириш реакциялари билан иш кўришга тўғри келади.

Бундай реакцияларнинг боришини эрувчанлик кўпайтмаси қондасидан келиб чиққан ҳолда тушунтириш мумкин. Кумуш хромат  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкмасы бўлган тўйинган эритмада  $\text{Ag}^+$  ионлари бор ва бу ионлар ана шу эритмага  $\text{KCl}$  кўшилганда  $\text{Cl}^-$  ионлари билан реакцияга киришади. Кумуш хлориднинг эрувчанлиги ( $1,25 \cdot 10^{-5}$  мол/л) кумуш хромат  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  нинг эрувчанлиги ( $1,3 \cdot 10^{-4}$  мол/л) га нисбатан оз бўлганлиги сабабли,  $\text{Ag}^+$  катионларининг концентрацияси кумуш хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан ошиб кетиш учун етарли бўлади ва  $\text{AgCl}$  чўкмага тушади. Буни қизил гишт рангли  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкмасы ўрнига оқ сузмасимон  $\text{AgCl}$  чўкмасы ҳосил бўлишидан билиш мумкин. Эритмада  $\text{Ag}^+$  ионларининг камайиши эритмани  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  га нисбатан тўйинмаган қилиб қўяди ва мувозанат бу чўкмани эриши томонга силжийди. Шундай қилиб, қўшиладиган  $\text{KCl}$  нинг миқдори етарли бўлса,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  батамом эриб,  $\text{AgCl}$  чўкмасы ҳосил бўлади:



Куйидаги реакцияда:

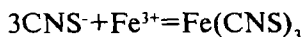


ҳосил бўладиган бирикма ( $\text{AgCl}$ )нинг эрувчанлик кўпайтмаси бошланғич бирикма ( $\text{AgI}$ ) нинг эрувчанлик кўпайтмасидан тахминан 1000000 марта ( $\text{ЭK}_{\text{AgCl}} = 1,56 \cdot 10^{-10} > \text{ЭK}_{\text{AgI}} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ ) ортиқ. Шунинг учун  $\text{AgI}$  чўкмасини  $\text{KCl}$  эритмаси билан қайта-қайта ишласак ҳам юқоридаги реакция амалда мутлақо бормайди. Худди шу реакцияни тескариси —  $\text{AgCl}$  чўкмасини  $\text{KI}$  эритмаси билан бир марта ишлагандаёқ реакция амалда охиригача етади.  $\text{AgCl}$  нинг  $\text{AgI}$  га айланиши туфайли оқ чўкма сариқ чўкмага айланади.

Қийин эрувчан бирикмани бошқа бир қийин эрувчан бирикмага айланиш жараёнидан ионларни бир-биридан

ажратишда, айниқса, уларни эритманинг бир қисмидан топишда муваффақият билан фойдаланиш мумкин. Чўктирувчи сифатида ишлатиладиган қаттиқ сувда қийин эрийдиган реактивлар, танлаб таъсир этишларига сувда осон эрийдиган реактивларга қараганда баъзан бир қанча афзалликларга эга бўлади. Масалан,  $S^{2-}$  ва  $SO_3^{2-}$  анионлари бўлган эритмага кадмийнинг эрувчан тузи  $CdSO_4$  таъсир эттирилса, кадмийнинг қийин эрийдиган тузлари ҳосил бўлиш натижасида ҳар иккала анион ҳам чўкмага ўтади.  $CdSO_4$  ўрнига эрувчанлиги  $CdS$  никидан катта, лекин  $CdSO_3$  никидан кичик бўлган қийин эрувчан  $CdCO_3$  тузини ишлатсак, эритмадан фақат  $S^{2-}$  иони чўқади,  $SO_3^{2-}$  иони эса чўкмайди. Бу усулдан ана шу анионларни ажратишда фойдаланилади.

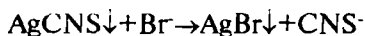
Баъзан ҳар хил эрувчан моддалар аралшмасига маълум бир реактив таъсир эттириб, бизни қизиқтираётган ионигина эритмага ўтказиб юбориш ва уни ҳосил бўлган эритмадан топиш мумкин бўлади. Масалан, роданид аниони  $CNS^-$   $FeCl_3$  таъсирдан топилади, бу анион  $Fe^{3+}$  катиони билан тўқ қизил рангли  $Fe(CNS)_3$  ҳосил қилади:



Эритмада яна  $I^-$  анионларини бўлиши бу реакцияга халақит беради, чунки  $I^-$  ионлари  $Fe^{3+}$  катионлари билан оксидланиб эритмани  $Fe(CNS)_3$  рангига ўхшаш қизил-кўнғир рангга киритувчи эркин йод ҳосил қилади:



$I^-$  анионларини  $CNS^-$  анионларидан ажратиш учун текшириляётган эритмасига кислотали муҳит ҳосил бўлгунча  $HNO_3$  қўшилади ва унга  $AgNO_3$  эритмаси таъсир эттирилади. Бунда  $I^-$  ва  $CNS^-$  анионлари  $AgI$  ва  $AgCNS$  ҳолида чўқади, ҳосил бўлган чўкма эритмадан ажратилиб ювилгач,  $KBr$  эритмаси билан чайқатилади.  $\mathcal{E}K_{AgBr} = 5,3 \cdot 10^{-13}$   $\mathcal{E}K_{AgCNS} = 1,1 \cdot 10^{-12}$  дан кичик бўлгани учун кумуш роданид эриб, кумуш бромид чўкмасига айланади:

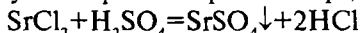


чўкмадан эритмага ўтган  $\text{CNS}^-$  анионлари  $\text{FeCl}_3$  ёрдамида топилиши мумкин.  $\text{AgI}$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси ( $\text{ЭК}_{\text{AgI}} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ )  $\text{AgBr}$  никидан кичик бўлганлиги сабабли,  $\text{KBr}$  таъсирида  $\text{I}^-$  ионлари амалда эритмага ўтмай, чўкма ҳолида қолади, бинобарин  $\text{I}^-$  ионлари  $\text{CNS}^-$  анионларини сифат жиҳатидан топишга ҳалақит бермайди.

### 3.7. Алмашилиш реакцияларининг йўналиши

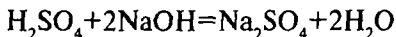
Сифат анализда алмашилиш реакцияларидан кенг кўламда фойдаланилади. Бундай реакцияларнинг тўлиқ охиригача бориши бир қанча омилларга боғлиқ. Қуйида кўрсатилган шарт-шароитларда алмашилиш реакциялари чапдан ўнгга йўналади.

а) Реакция натижасида ҳосил бўладиган моддалардан бири қийин эрувчан бўлса жараён охиригача боради. Масалан,



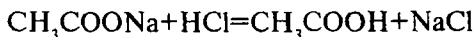
Ҳосил бўлаётган стронций сульфатнинг эрувчанлик кўпайтмаси етарли даражада кичик ( $2,8 \cdot 10^{-7}$ ) бўлганлигидан реакция шу модданинг амалий жиҳатдан тўла чўкиши томонга қараб боради. Агар реакция натижасида бир эмас, балки бир қанча қийин эрувчан модда ҳосил бўладиган бўлса, у ҳолда одатда улардан энг кам эрийдигани биринчи навбатда, қолганлари эса эрувчанликнинг ортиб бориши тартибида чўкмага тушади.

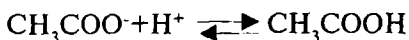
б) Алмашилиш реакциясида оз ионланадиган бирикмалар ҳосил бўлиши жараёни чапдан ўнгга йўналтиради. Бундай реакцияларга  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионлари ўзаро бирикадиган нейтралланиш реакцияси киради:



Бу реакция оз диссоциланадиган сув молекулалари ҳосил бўлиши ҳисобига охиригача боради.

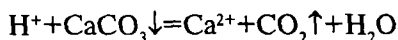
Кучсиз кислоталарни улар тузларидан кучли кислоталар ёки кучсиз асосларни улар тузларидан кучли ишқорлар таъсирида сиқиб чиқарилиши ҳам оз ионланадиган моддалар ҳосил бўлиши натижасидир. Масалан:



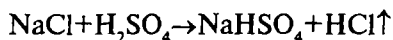


$\text{H}^+$  ионларининг кўп қисми ацетат  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ионлари билан боғланади ва кучсиз сирка кислотанинг ионланмаган молекулалари ҳосил бўлади.

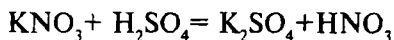
Кучли кислота билан кучсиз кислота тузининг ўзаро таъсиридан кислотали эритмаларни нейтраллашда ҳам фойдаланилади, буни амалга оширишда, кўпинча карбонатлар –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  ва бошқалар ишлатилади, улар  $\text{H}^+$  ионлари билан реакцияга киришиб  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ҳосил қилади ва бу кислота осонлик билан карбонат ангидрид ва сувга парчаланиб кетади:



в) Реакция натижасида учувчан моддаларнинг ҳосил бўлиши. Алмашилиш реакцияларининг бориши учун зарур бўлган шароит, яъни эритмада бирон ион концентрациясининг камайиши фақат оз эрийдиган ёки оз ионланадиган моддалар ҳосил бўлиш натижасидагина эмас, балки шу шароитда учувчан моддалар ҳосил бўлиши натижасида ҳам содир бўлади. Масалан, қиздириш билан ёки сувсиз муҳитда олиб бориладиган реакцияда водород хлорид  $\text{HCl}$  газ ҳолида ажралиб чиқади:

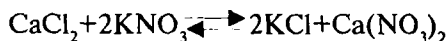


Бу усул билан бирор кислотани унинг тузидан сиқиб чиқариш учун ўша тузга олинаётган кислотага қараганда кам учувчан кислота билан таъсир этиш керак. Кўпинча кам учувчан кислота сифатида  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан фойдаланилади:

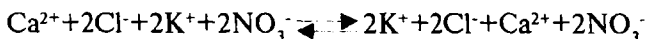


Келтирилган маълумотларга суяниб шундай хулосага келиш мумкин: реакция натижасида қийин эрийдиган, оз ионланадиган ёки осон учувчан моддалар ҳосил бўлиши натижасида эритмадан қандайдир ионларнинг чиқиб кетиши электролитлар эритмасида борадиган алмашилиш реакциялари бориши учун зарур шароитдир.

Юқорида кўрсатилган шарт-шароитлардан бирортаси бўлмаса, алмашилиш реакцияси ҳам охиригача бормайди:



ёки ионли шаклда:



Яъни эритмада ҳеч қандай реакция бормайди.

Алмашилиш реакцияларининг бориши қонуниятларидан турли-туман аналитик текширишларни бажаришда фойдаланилади.

## Саволлар

1. Эрувчанлик кўпайтмаси деб нимага айтилади, унинг математик ифодасига доир мисоллар келтиринг.
2. Электролит эрувчанлигига бир исмли ионлар қандай таъсир қилади? Туз эффекти нима?
3. Чўкмаларнинг ҳосил бўлиш қандай омилларга боғлиқ бўлади?
4. Ионларни бирин-кетин чўктириш қандай қоюдага асосланади?
5. Чўкмаларнинг эришини қандай омиллар ёрдамида амалга ошириш мумкин?
6. Қийин эрийдиган бирикмани қандай йўллар билан бошқа қийин эрувчан моддага айлантириш мумкин?
7. Алмашилиш реакцияларининг боришининг шарт-шароитларини тавсифланг.
8. Эритмага қуйидаги моддалар қўшилса,  $\text{AgBr}$  чўкмаси эрувчанлиги ортадимми ёки камайдими: а)  $0,1\text{M KBr}$ , б)  $0,1\text{M KNO}_3$ ?
9. Агар эрувчанлик кўпайтмаси бир-бирига яқин бўлса  $\text{MgF}_2$  ва  $\text{BaCO}_3$  ларни эрувчанликлари бир хил бўладими?
10. Қайси эритувчида  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  эрувчанлиги максимал ва қайси бирикмада минимал бўлади: а) сув; б) аммиак эритмасида; в) аммоний тузлари эритмасида; г) минерал кислота эритмаларида.

11. Қайси эритмада барий бихромат тўлиқ чўкма ҳосил қилади: а) 2М  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б) 2М  $\text{HCl}$ ; в) 0,2 М  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ?

12. Эритмада  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ba}^{2+}$  катионларининг концентрациялари бир хил бўлса, эритмага аммоний карбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  таъсир эттирилганда бу ионлар қандай кетмакетликда чўкади?

## Тестлар

1. Тўлиқ чўкишга қандай омиллар таъсир қилади?

- А) Ҳосил бўлган чўкмаларнинг эрувчанлиги;
- В) Чўктирувчи миқдори;
- С) Эритманинг рН;
- Д) Чўкманинг эрувчанлиги, чўктирувчи миқдори ва эритманинг водород кўрсаткичи;
- Е) Чўктирувчи миқдори; эритма рН.

2. Эрувчанлик кўпайтмаси тенгласида концентрацияни қандай ифодалаш усули қўлланилади?

- А) Масса қисм (%);
- В) Моляр концентрация;
- С) Эквивалентнинг моляр концентрацияси;
- Д) Моляр қисм;
- Е) Нормал концентрация.

3. 100 мл тўйинган эритмада  $6,9 \cdot 10^{-4}$  г калций карбонат бўлса, шу тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

- А)  $4,76 \cdot 10^{-7}$ ;
- В)  $4,76 \cdot 10^{-5}$ ;
- С)  $4,76 \cdot 10^{-9}$ ;
- Д)  $6,9 \cdot 10^{-3}$ ;
- Е)  $0,47 \cdot 10^{-7}$ .

4. Магний гидроксиднинг эрувчанлиги 0,012 г/л бўлса, айна температурадаги унинг эрувчанлик кўпайтмаси нечага тенг бўлади?

- А)  $4,0 \cdot 10^{-3}$ ;
- В)  $3,2 \cdot 10^{-11}$ ;
- С)  $2,0 \cdot 10^{-4}$ ;

- Д)  $8,0 \cdot 10^{-12}$ ;
- Е)  $6,4 \cdot 10^{-10}$ .

5. Темир (III)-гидроксиднинг эрувчанлиги  $2 \cdot 10^{-8}$  г/л бўлса

$ЭК_{Fe(OH)_3}$  ни қиймати қандай бўлади?

- А)  $3,2 \cdot 10^{-38}$ ;
- В)  $3,2 \cdot 10^{-34}$ ;
- С)  $6,4 \cdot 10^{-37}$ ;
- Д)  $0,32 \cdot 10^{-36}$ ;
- Е)  $3,2 \cdot 10^{-40}$ .

6.  $ЭК_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$  бўлганда барий сульфатнинг тоза сувдаги моляр эрувчанлиги нечага тенг бўлишини ҳисобланг.

- А)  $1,05 \cdot 10^{-6}$  мол/л;
- В)  $1,1 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- С)  $5,5 \cdot 10^{-11}$  мол/л;
- Д)  $4,5 \cdot 10^{-8}$  мол/л;
- Е)  $1,05 \cdot 10^{-5}$  мол/л.

7. Кумуш хроматнинг эрувчанлик кўпайтмаси  $ЭК=2 \cdot 10^{-12}$  бўлса, шу тузнинг тоза сувдаги моляр эрувчанлигини ҳисобланг.

- А)  $1,4 \cdot 10^{-6}$  мол/л;
- В)  $1,26 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- С)  $7,9 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- Д)  $3,95 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- Е)  $12,6 \cdot 10^{-5}$  мол/л.

8. Кумуш хроматнинг  $AgNO_3$  нинг  $0,1$  мол/л эритмасидаги эрувчанлиги билан унинг сувдаги эрувчанлигини солиштиринг.

- А)  $3,95 \cdot 10^{-5}$  марта ошади;
- В)  $3,95 \cdot 10^{-5}$  марта камаяди;
- С) ўзгаришсиз қолади;
- Д)  $2,5 \cdot 10^{-6}$  марта ошади;
- Е)  $2,5 \cdot 10^{-6}$  марта камаяди.

9. Кумуш хлориднинг ( $ЭК=0,78 \cdot 10^{-10}$ ) натрий хлориднинг  $0,01$  мол/л эритмасидаги эрувчанлиги тоза сувдаги эрувчанлигидан неча марта кам?

- A) 500 марта;
- B) 750 марта;
- C) 1500 марта;
- D) 7500 марта;
- E) 250 марта.

10. Кумуш хроматнинг  $\text{KNO}_3$  нинг 0,1 мол/л эритмасидаги эрувчанлигини унинг сувдаги эрувчанлиги билан солиштиринг.

- A) 3 марта камаяди;
- B) 1000 марта камаяди;
- C) 2 марта ошади;
- D) ўзгармайди;
- E) 100 марта ошади.

11. Барий сульфатнинг ( $\text{ЭК}_{\text{BaSO}_4} = 1,1 \cdot 10^{-10}$ )  $\text{KNO}_3$  нинг 0,1 мол/л эритмасидаги эрувчанлигини ҳисобланг.

- A)  $3,2 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- B)  $1,05 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- C)  $1,05 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- D)  $1,77 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- E)  $3,2 \cdot 10^{-6}$  мол/л.

12. Аммоний оксалат таъсиридан концентрациялари бир хил бўлган шароитда қуйидаги ионлардан қайси бири биринчи бўлиб чўкади?

- A) Барий иони;
- B) Стронций иони;
- C) Кадмий иони;
- D) Калций иони;
- E) Аммоний иони.

13. 1 литр тўйинган  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ни сувли эритмасига унинг эрувчанлигини 0,1 мг/л гача камайтириш учун 0,1 М  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  дан қанча ҳажм қўшиш керак?

- A) 3,04 мл;
- B) 60,8 мл;
- C) 15,2 мл;
- D) 45,7 мл;
- E) 30,4 мл.



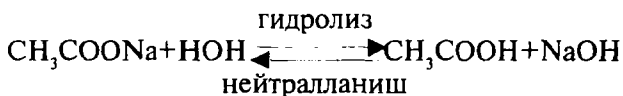
## IV БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИНИНГ ГИДРОЛИЗ ЖАРАЁНИГА ҚЎЛЛАНИЛИШИ

### 4.1. Тузлар гидролизи

Кўпчилик тузлар сувли эритмаларда гидролизланади.

Эриган туз ионларининг сув ионлари  $H^+$  ва  $OH^-$  билан ўзаро таъсири натижасида эритманинг муҳити ўзгариши билан борадиган жараёнга тузларнинг гидролизи, деб аталади. Эритма муҳитининг ўзгариши кам ионланадиган бирикмалар ёки ионларнинг ҳосил бўлиши ҳисобига сувнинг ионланишидаги мувозанатнинг бузилиши ҳисобига бўлади.

Тузларнинг гидролизи қайтар жараён ҳисобланади; бу жараён массалар таъсири қонунига бўйсунувчи кимёвий мувозанатнинг айрим бир тури ҳисобланади. Гидролизга тесқари бўлган реакция нейтралланиш реакцияси ҳисобланади:



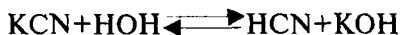
Тузлар кислота ва асосларнинг ўзаро таъсирининг маҳсулоти бўлганлиги учун, тузлар кислота ва асоснинг кучли ёки кучсиз электролит эканлигига боғлиқ равишда турлича гидролизланади. Гидролиз уч хил бўлади.

Кучли кислота ва кучли асослардан ҳосил бўлган тузлардан сув таъсирида кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил бўлмаслиги сабабли гидролизланмайди. Гидролизланувчи тузларни турлари уч хил бўлади, қуйида шундай тузларнинг гидролиз жараёнларини кўриб чиқилади.

1. Кучли асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузлар гидролизи.

Умуман, баъзи бир ҳолларни ҳисобга олмаганда ҳамма тузлар кучли электролитлардир, яъни улар сувда тўла диссоциланилади.

Кучли асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузга калий цианид KCNни мисол қилиб олса бўлади. Бу туз сувда эритилганда  $K^+$  ва  $CN^-$  ионларига парчаланеди. Ҳосил бўлган  $CN^-$  ионлари  $H^+$  ионлари билан учрашиб жуда кучсиз, кам ионланадиган цианид кислотани ( $K_{HCN} = 6,2 \cdot 10^{-10}$ ) ҳосил қилади:



ионли кўринишда:



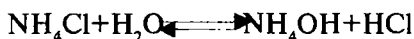
қисқартирилган ҳолатда:



Реакция бориши жараёнида  $OH^-$  ионлари аста-секин тўплана боради. Мувозанат қарор топганда  $OH^-$  ионлари концентрацияси  $H^+$  ионлари концентрациясидан анча ортиқ бўлади, яъни туз эритмаси нейтрал муҳитга эмас, балки ишқорий муҳитга ( $pH > 7$ ) эга бўлади.

2. Кучсиз асос ва кучли кислотадан ҳосил бўлган тузлар гидролизи.

Бундай тузларнинг, масалан  $NH_4Cl$ нинг сувдаги эритмаларида сувнинг  $OH^-$  ионларининг боғланиши ва эритмада  $H^+$  ионларининг тўпланиши рўй беради:



ионли кўринишда:



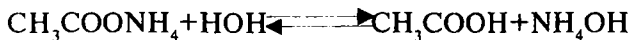
қисқартирилган шаклда:



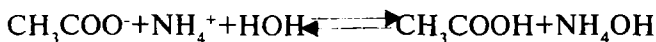
Бинобарин,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмаси гидролиз натижасида кислотали муҳитга эга ( $\text{pH} < 7$ ) бўлади.

3. Кучсиз асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузлар гидролизи.

Бундай тузларнинг масалан,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ нинг гидролиз жараёнида сувнинг  $\text{H}^+$  иони ҳам,  $\text{OH}^-$  иони ҳам боғланади:



ионли шаклда:



$\text{CH}_3\text{COOH}$ нинг диссоциланиш константаси ( $1,74 \cdot 10^{-5}$ ) билан  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( $1,76 \cdot 10^{-5}$ ) диссоциланиш константаси деярли барабар бўлганлиги сабабли  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионларининг боғланиши ҳам бир хилда бўлади ва шунинг учун ҳам эритма амалий жиҳатдан нейтрал муҳит ( $\text{pH} \approx 7$ )га эга бўлади.

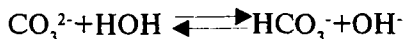
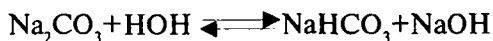
Бу турдаги тузлар эритмалари гидролиз натижасида ҳосил бўладиган асос ва кислота диссоциланиш константалари қийматлари бир-бирига яқин бўлгандагина, яъни уларнинг кучлари амалда тенг бўлгандагина нейтрал муҳитга эга бўлади. Кислота ва асоснинг кучига қараб, эритма муҳити ё кислотали, ёҳуд ишқорий бўлиши мумкин.

Келтирилган маълумотлардан кўринадики, оз диссоциланувчи бирикмалар ҳосил бўлиши натижасида сувнинг диссоциация мувозанати бузилиши гидролизга сабаб бўлади. Агар оз ионланувчи бирикмалар ҳосил бўлмаса, яъни туз ҳосил қилувчи кислота ҳам, асос ҳам кучли бўлса, у ҳолда гидролиз ҳам содир бўлмайди.

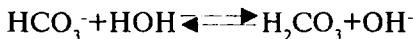
Икки негизли ва қўп негизли кислота тузларининг гидролизи анча мураккаб бўлади, кислота бир неча босқичда диссоцилангани сингари гидролиз ҳам босқич билан боради.

Масалан,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг гидролизини қуйидаги тенгламалар билан ифодалаш мумкин:

биринчи босқич

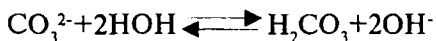


иккинчи босқич



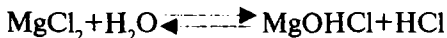
$\text{H}_2\text{CO}_3$  молекулалари ( $K_1=4,5 \cdot 10^{-7}$ ) га нисбатан  $\text{HCO}_3^-$  ионлари ( $K_2=4,8 \cdot 10^{-11}$ ) анча оз диссоциланиши сабабли гидролиз биринчи босқичда иккинчи босқичга нисбатан анча кучли боради.

Тузларнинг масалан,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ нинг босқичли гидролизини алоҳида тенгламаларини қўшиш натижасида ҳосил бўладиган умумий тенглама

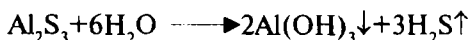


билан ифодалаш мумкин эмас. Чунки  $\text{HCO}_3^-$  нинг жуда оз қисми  $\text{H}_2\text{CO}_3$  га айланади, унинг асосий қисми эритмада қолиб, гидролизнинг асосий маҳсулоти ҳисобланади, келтирилган умумий тенгламада эса бу маҳсулот бутунлай йўқ.

Икки ва ундан юқори негизли кислота тузларининг гидролизи натижасида нордон тузлар ҳосил бўлади. Шунга ўхшаш кўп кислотали асос тузларининг гидролизи натижасида асосли тузлар ҳосил бўлади.

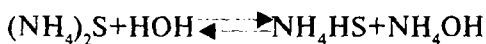


Маълумки, гидролиз қайтар жараён бўлиб, у реакцияни мувозанат қарор топишига олиб келади. Бунда, кўпинча тузнинг фақат жуда оз қисмигина янги моддаларга айланган бўлади. Бордию, тузни ҳосил қилган асос ва кислота жуда кучсиз бўлса ёки гидролиз натижасида ҳосил бўладиган моддаларнинг бири чўкмага тушса, ёки газ ҳолида учиб кетса, у ҳолда гидролиз қайтмас бўлади ва тузнинг сув билан тамоман парчаланишига олиб келади, масалан:



Кўпчилик аналитик реакцияларда реактив сифатида ишлатиладиган тузлар гидролизини ҳисобга олиш лозим,

чунки баъзи ҳолларда шу тузнинг иони эмас, балки унинг гидролиз натижасида ҳосил бўлган маҳсулотлари реакцияга киришиши мумкин. Баъзи катионлар, чунончи  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  катионлари гуруҳ реагенти  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  таъсиридан  $\text{FeS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{ZnS}$  ва шунга ўхшаш сульфидлар ҳолида чўкмага тушади. Худди шу шароитда  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$  ионлари сульфидлар ўрнига гидроксидлар  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  ҳосил қилади. Аммоний сульфид гидролиз натижасида анчагина аммоний гидроксид ҳосил қилишини эътиборга олинса, юқоридаги гидроксидлар ҳосил бўлиши тушунарли бўлади:



Гидролиз маҳсулотларидан бирини бириктириш гидролизни кучайтиради, гидролиз маҳсулотларидан бирортасини эритмага қўшиш гидролизни сусайтиради.

Эритманинг рН қийматини тегишли равишда ўзгартириб тузлар гидролизини секинлатиш мумкин. Бу ҳодисадан осон гидролизланадиган тузларнинг эритмаларини сақлашда кенг фойдаланилади. Масалан, темирнинг бирор тузини,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ нинг сувли эритмаси тайёрланса, гидролиз натижасида ундан асосли тузнинг чўкмаси ажралади. Бу эритмага озгина кислота қўшилса, яъни эритмага гидролиз маҳсулотларидан бири бўлган  $\text{H}^+$  ионлари киритилса, у ҳолда гидролизга тескари бўлган реакция устун бўлиб, эритма сақланганда янада барқарор бўлади.

Худди шунга ўхшаш кучсиз кислота тузларининг ( $\text{KCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) гидролизи унинг маҳсулоти бўлган  $\text{OH}^-$  ионларини эритмага киритиш йўли билан тўхтаб қолади.

Бундан ташқари, гидролиз мувозанатига температура ва туз эритмасининг концентрацияси ҳам катта таъсир қилади.

#### **4.2. Гидролизланадиган тузлар эритмаларининг гидролиз константаси, гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламасини келтириб чиқариш**

Тузларнинг гидролизи миқдорий жиҳатдан гидролиз константаси ва гидролиз даражаси билан тавсифланади.

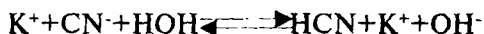
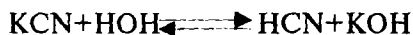
Гидролиз маҳсулотлари концентрациялари кўпайтмаси-ни тузнинг гидролизланмаган молекулалари концентрация-сига нисбати гидролиз константаси деб аталади.

Тузнинг гидролизланган қисми концентрациясини айти эритмадаги тузнинг умумий концентрациясига нисбати гидролиз даражасини ифодалайди.

Гидролизланадиган турли тузлар эритмасида гидролиз константаси  $K_{гидр}$ , гидролиз даражаси  $h$  (гидр)ни ҳисоблаш тенгламасини чиқарамиз.

1. Кучли асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси ва гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламаларини чиқариш.

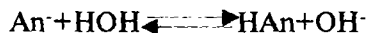
Бундай тузларга мисол қилиб KCN ни олиш мумкин. KCN нинг гидролиз реакция тенгламасини тузилади:



қисқартирилган шаклда:



Кучсиз кислотани HAn ( $An^-$  - кислота қолдиғи) билан белгилаймиз. Туз фақат анион бўйича гидролизланади, гидролиз реакцияси тенгламасини умумий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин:



Гидролиз реакцияси тенгламаси(4.1)га массалар таъсири қонунини татбиқ қилиб, мувозанат константаси тенгламаси ёзилади:

$$K_{гидр} = \frac{[HCN] \cdot [OH^-]}{[CN^-] \cdot [H_2O]}; \quad (4.2)$$

Сув молекулалари жуда кам ионланиши туфайли, унинг ионланмаган молекулалари миқдорини амалда доимий деб ҳисоблаш мумкин ва тенгламани чап томонига ўтказсак бўлади:

$$K_{\text{мув}} \cdot [\text{HOH}] = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]}; \quad (4.3)$$

$K_{\text{мув}} \cdot [\text{HOH}]$  кўпайтмаси ўзгармас миқдор бўлиб, гидролиз константаси  $K_{\text{гидр}}$  деб аталади. Бу ҳолда

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]}; \quad (4.4)$$

Кучли асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузлар учун умумий кўринишда  $K_{\text{гидр}}$  тенгламасини шундай ёзиш мумкин:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{An}^-]}; \quad (4.5)$$

Гидролиз константасининг сон қийматини сувнинг ион кўпайтмаси ва цианид кислотанинг ионланиш константасидан фойдаланиб топиш мумкин. Сувнинг ион кўпайтмаси  $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}}$  фойдаланиб,  $[\text{OH}^-]$  нинг қиймати топилади:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}^+]}; \quad (4.6)$$

Бу қиймат (4.6)ни гидролиз константаси тенгламаси (4.4)га қўйилса:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{HCN}] \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{CN}^-] \cdot [\text{H}^+]}; \quad (4.7)$$

келиб чиқади.

Ушбу тенгламадаги  $\frac{[\text{HCN}]}{[\text{CN}^-] \cdot [\text{H}^+]}$ ; нисбат цианид кислотанинг ионланиш константасининг тескари қиймати, яъни  $\frac{1}{K_{\text{HCN}}}$  га тенгдир. Шу сабабли,

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HCN}}}; \quad (4.8)$$

келиб чиқади.

Кўриб ўтилатган турдаги тузлар учун  $K_{\text{гидр}}$  нинг умумий кўриниши қуйидагича бўлади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HCN}}}; \quad (4.9)$$

$K_{\text{гидр}}$  тенгламаси(4.9)дан KCN учун гидролиз константаси қийматини ҳисоблаб чиқариш мумкин.

$K_{\text{HCN}} = 7,2 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \cdot 10^{-14}$  бўлганлиги учун

$$K_{\text{гидр}}(\text{KCN}) = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{7,2 \cdot 10^{-10}} = 1,39 \cdot 10^{-3}$$

Гидролиз константаси тенгламаси(4.4) ва (4.5)дан фойдаланиб гидролиз даражасини топиш тенгламасини келтириб чиқариш мумкин. Бунинг учун шартли равишда тузнинг концентрациясини  $C$  (мол/л) билан белгилаймиз. Агар гидролиз даражаси  $h$  бўлса, у ҳолда  $C \cdot h$  мол туз гидролизланиб,  $C \cdot h$  мол HCN ҳамда  $C \cdot h$  мол  $\text{OH}^-$  ҳосил бўлади. Тузнинг гидролизланмаган қисмининг концентрацияси  $C - C \cdot h$  мол ёки  $C(1-h)$  га тенг бўлади. Қабул қилинган шартли белгиларни гидролиз константаси тенгламаси (4.5)га қўйсақ, қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{C^2 h^2}{C(1-h)} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HCN}}} \text{ ёки } \frac{C h^2}{1-h} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{HCN}}}; \quad (4.10)$$

Бундай тузларнинг гидролиз даражаси жуда кичик бўлганлиги ( $h \approx 0,01$ ) учун махраждаги  $h$  қийматини ҳисобга олмасдан, тенглама(4.10)ни қуйидагича ёзиш мумкин.



$$Ch^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{HCN}}; h^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{HCN} \cdot C_{\text{туз}}} \text{ ёки } h = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{HCN} \cdot C_{\text{туз}}}}; \quad (4.11)$$

Гидролиз даражасининг келтириб чиқарилган тенгламаси(4.11)дан фойдаланиб, 0,1 М KCN эритмасининг  $h_{\text{гидр}}$  ни ҳисобланади.

$$h_{\text{гидр}} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{HCN} \cdot C_{\text{туз}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{7,2 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{1,39 \cdot 10^{-4}} \approx 1,18 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{ёки } = 1,18 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2\% = 1,18\%$$

Фақат анион бўйича гидролизланувчи тузнинг гидролиз даражаси юқори бўлса ( $h \geq 10\%$ ), у ҳолда гидролиз даражаси  $h$

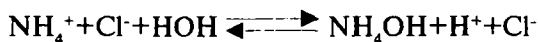
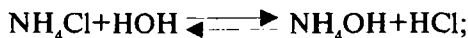
$$\frac{C_{\text{туз}} \cdot h^2}{1 - h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{\text{HAn}}} \quad (4.12)$$

(4.12) тенгламадан ҳисобланади. Бу (4.12) тенглама тўлиқ квадрат тенглама каби ечилади:

$$h = \frac{-K_{H_2O}}{2C_{\text{туз}} \cdot K_{\text{HAn}}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2C_{\text{туз}} \cdot K_{\text{HAn}}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{C_{\text{туз}} \cdot K_{\text{HAn}}}} \quad (4.13)$$

2. Кучсиз асос ва кучли кислотадан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси ва гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламаларини чиқариш.

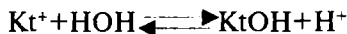
Шундай турдаги тузларга мисол қилиб  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ни олиш мумкин ва унинг гидролизи тенгламаси ёзилади:



қисқартирилган шаклда:



Умумий кўринишда куйидагича ёзиш мумкин:



Келтириб чиқарилган ионли тенглама(4.14)га массалар таъсири қонунини қўллаб, кимёвий мувозанат константаси тенгламасини тузилади:

$$K_{\text{мюв}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}; \quad (4.15)$$

Тенглама(4.15)ни икки томонини  $[\text{H}_2\text{O}]$  кўпайтириб ва икки доимий катталиқ кўпайтмаси  $K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]$  ни  $K_{\text{гидр}}$  га алмаштириб, гидролиз константасини ҳосил қилинади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad (4.16)$$

Умумий кўринишда,

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{KtOH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{Kt}^+]} \quad (4.17)$$

бўлади.

Сувнинг ион кўпайтмасидан  $[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{OH}^-]}$  эканлигини билган ҳолда,  $[\text{H}^+]$  нинг ифодасини гидролиз константаси тенгламаси(4.16)га қўйилса, куйидаги тенглама келиб чиқади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}] \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}; \quad (4.18)$$

Бу ерда  $\frac{[NH_4OH]}{[NH_4^+]\cdot[OH^-]}$  нисбат  $\frac{1}{K_{ион}(NH_4OH)}$  га тенглиги учун гидролиз константаси тенгламаси (4.17) қуйидаги шаклга киради:

$$K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос}} \quad (4.19)$$

Мисол учун олинган  $NH_4Cl$  эритмасининг гидролиз константаси қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

$$K_{гидр}(NH_4Cl) = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5}} = 5,68 \cdot 10^{-10}$$

Демак, кучсиз асос ва кучли кислотадан ҳосил бўлган бинар тузларнинг гидролиз константаси сон жиҳатдан сувнинг ион қўпайтмаси қийматини тузнинг гидролизланишидан ҳосил бўлган кучсиз асоснинг ионланиш константаси қиймати нисбатига тенг.

Аммоний хлориднинг гидролиз даражасини ҳисоблаш учун, эритмадаги тузнинг концентрациясини  $C$  (мол/л) билан, гидролиз даражасини  $h$  билан белгиласак, тузнинг гидролизланган қисми концентрацияси  $Ch$  га тенг бўлади, тузнинг гидролизланмаган қисми концентрацияси эса  $C - Ch$  ёки  $C(1-h)$ га тенг бўлиб қолади. Бу шартли белгиларни гидролиз константаси тенгламаси (4.18)га қўйилади:

$$K_{гидр} = \frac{Ch \cdot Ch}{C - ch} = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}}; \text{ ёки } \frac{C^2 h^2}{C(1-h)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}} \quad (4.20)$$

Махраждаги  $h$  нинг қиймати кичик бўлганлигидан ҳисобга олинмаса ҳам бўлади, бунда қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$Ch^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}};$$

Бу ердан,

$$h^2 = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{мыз}}, \quad h = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{мыз}}} \quad (4.21)$$

Келтириб чиқарилган гидролиз даражасини топиш тенгламаси(4.20)дан  $NH_4Cl$  нинг 0,1 М эритмасининг гидролиз даражаси ҳисобланади:

$$h_{\text{шор}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{0,58 \cdot 10^{-8}} = 0,755 \cdot 10^{-4} \text{ ёки } 0,00755\%$$

Анион бўйича гидролизланувчи тузнинг гидролиз даражаси юқори бўлса ( $h \geq 10\%$ ), бундай ҳолларда гидролиз даражаси қуйидаги тенгламадан топилади:

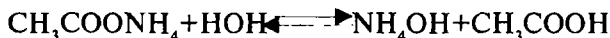
$$\frac{C_{мыз} \cdot h^2}{i - h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KOH}} \quad (4.22)$$

Бу (4.21) тенглама тўлиқ квадрат тенглама каби ечилади:

$$h = \frac{-K_{H_2O}}{2C_{мыз} \cdot K_{KOH}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2C_{мыз} \cdot K_{KOH}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{C_{мыз} \cdot K_{KOH}}} \quad (4.23)$$

3. Кучсиз асос катионлари ва кучсиз кислота анионларидан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси ва гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламасини чиқариш.

Аммоний ацетат  $CH_3COONH_4$  мисолида бундай тузларнинг гидролизи реакцияси тенгламаси тузилади:



Умумий кўринишда:



Ҳосил қилинган гидролизнинг ионли тенгласи (4.23) га массалар таъсири қонунини татбиқ қилиб мувозанат константаси тенгласини ёзилади:

$$K_{\text{мув}} = \frac{[NH_4OH] \cdot [CH_3COOH]}{[NH_4^+] \cdot [CH_3COO^-] \cdot [H_2O]} \quad (4.24)$$

Тенглама (4.24) нинг ўнг ва чап томонини сувнинг концентрацияси  $[H_2O]$  га кўпайтириб, икки доимий катталиқ кўпайтмаси  $K_{\text{мув}} \cdot [H_2O]$  ни битта доимий катталиқ  $K_{\text{гидр}}$  билан алмаштирсак, қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[NH_4OH] \cdot [CH_3COOH]}{[NH_4^+] \cdot [CH_3COO^-]} \quad (4.25)$$

Умумий кўринишда қуйидаги шаклда ёзилиши мумкин:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[KtOH] \cdot [HAn]}{[Kt^+] \cdot [An^-]} \quad (4.26)$$

Аммоний гидроксид  $NH_4OH$  ва сирка кислота  $CH_3COOH$  ларнинг ионланиш константалари тенгламаларидан гидролизда ҳосил бўлган маҳсулотлар концентрациялари топилади:

$$K_{NH_4OH} = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_4OH]}, \text{ бу ердан } [NH_4OH] = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{K_{NH_4OH}};$$

Сирка кислота концентрацияси қуйидагича бўлади:

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

$[\text{NH}_4\text{OH}]$  ва  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ ларнинг топилган қиймаглари гидролиз константаси тенгламаси(4.25)га қўйилса:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-] \cdot [\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{NH}_4] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot K_{\text{CH}_3\text{COOH}}}$$

ёки

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]}{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot K_{\text{CH}_3\text{COOH}}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot K_{\text{кисл}}} \quad (4.27)$$

келиб чиқади. Бинобарин, кучсиз асосларнинг катионлари ва кучсиз кислоталарнинг анионларидан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси сон жиҳатдан сувнинг ион кўпайтмасини тузнинг гидролиз жараёнида ҳосил бўладиган кучсиз асос ва кучсиз кислоталарнинг ионланиш константалари кўпайтмаси нисбатига тенг.

Мазкур турдаги тузларнинг гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламасини келтириб чиқариш учун, юқоридаги (1) ва (2) турдаги тузларнинг гидролиз даражаларини ҳисоблаш учун қабул қилинган шартли белгилардан фойдаланамиз. Бу белгиларни гидролиз константаси тенгламаси (4.25)га қўйилади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{Ch \cdot Ch}{C(1-h) \cdot C(1-h)} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot K_{\text{кисл}}},$$

ихчамлаштирсак, қуйидаги кўриниш ҳосил бўлади:

$$\frac{h^2}{(1-h)^2} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot K_{\text{кисл}}},$$

бундан

$$\frac{h}{(1-h)} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot K_{\text{кисл}}}} \quad (4.28)$$

Кучсиз асос ва кучсиз кислоталардан ҳосил бўлган тузларнинг гидролизланиши нисбатан кўпроқ даражада борганлиги учун, махраждаги  $h$  ни шушириб қолдириш мумкин эмас.

Гидролиз даражаси тенгласига тузнинг концентрацияси кирмайди, бинобарин бу турдаги тузларнинг гидролиз даражаси концентрацияга боғлиқ бўлмайди.

Аммоний ацетат  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$  нинг гидролиз даражасини ҳисоблаб чиқариш мумкин:

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot K_{\text{CH}_3\text{COOH}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 1,74 \cdot 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{3,06 \cdot 10^{-10}}} = \\ = \sqrt{3,27 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{32,7 \cdot 10^{-6}} = 5,72 \cdot 10^{-3};$$

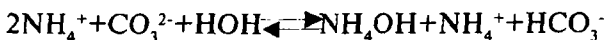
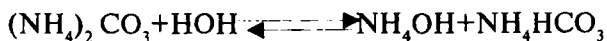
Бу ердан,  $h=5,72 \cdot 10^{-3} \cdot (1-h)=5,72 \cdot 10^{-3} - 5,72 \cdot 10^{-3} h$   
 $h$  қийматларини бир томонга ўтказилса:

$$h+5,72 \cdot 10^{-3} h=5,72 \cdot 10^{-3}$$

$$h = \frac{5,72 \cdot 10^{-3}}{1+5,72 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,00572}{1,00572} = 0,00568 \text{ ёки } 0,00568 \cdot 100\% = 0,568\%$$

Кучсиз бир кислотали асослар ва кучсиз кўп асосли кислоталардан ҳосил бўлган тузларнинг ҳам гидролиз константаси ва гидролиз даражасини ҳисоблашни кўриб чиқиш муҳим ҳисобланади.

Гидролиз даражасини ҳисоблаш гидролизнинг биринчи босқичи бўйича олиб борилади, чунки кўп асосли кислоталар тузларининг гидролизи асосан биринчи босқич бўйича боради, масалан:



Гидролиз даражаси ҳисоблашда кучсиз кислотанинг ионланиш константаси иккинчи босқич бўйича олинади,

чунки гидролиз натижасида  $\text{CO}_3^{2-}$  ва сувнинг  $\text{H}^+$  ионларидан  $\text{HCO}_3^-$  анионлари ҳосил бўлади. Бинобарин, бу жараёнга қуйидаги мувозанат ҳолати мос келади:

$$K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Юқоридагиларга асослаиб аммоний карбонатнинг гидролиз даражасини ҳисобланади:

$$\begin{aligned} \frac{h}{1-h} &= \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot C_{\text{кисл}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 4,98 \cdot 10^{-11}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{8,76 \cdot 10^{-16}}} = \\ &= \sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-16}}{8,76 \cdot 10^{-16}}} = \sqrt{11,416} = 3,378; \end{aligned}$$

бу ердан,

$$h = 3,378 \cdot (1-h) = 3,378 - 3,378h; \quad h + 3,378h = 3,378;$$

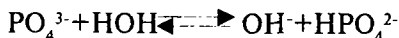
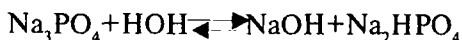
$$4,378h = 3,378; \quad h = \frac{3,378}{4,378} = 0,77 \quad \text{ёки } 0,77 \cdot 100\% = 77\%$$

Кўп асосли кислоталар ва бир кислотали асослардан ҳосил бўлган тузларнинг гидролиз константаси ва гидролиз даражаларини ҳисоблашга доир мисолларни кўриб чиқамиз.

**1-мисол.**  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  нинг 0,1 М эритмаси гидролизининг биринчи босқичи бўйича гидролиз константаси ва гидролиз даражасини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Ушбу тузнинг биринчи босқич бўйича гидролизи реакция тенгламасини тузилади:





2) Келтириб чиқарилган тенгламага массалар таъсири қонунини татбиқ қилиб, мувозанат константаси тенграмасини тузамиз, ундан эса гидролиз константасини келтириб чиқарилади:

$$K_{\text{муз}} = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{PO}_4^{3-}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}, \text{ бундан } K_{\text{гидр}} = K_{\text{муз}} [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{PO}_4^{3-}]}$$

$[\text{OH}^-]$  қийматини сувнинг ион кўпайтмасидан топиб гидролиз константаси тенграмасига:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}] \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{[\text{H}^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]},$$

келиб чиқади. Бу тенгламадаги  $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]}$  нисбат  $\frac{1}{K_{\text{HPO}_4^{2-}}}$

га тенглигини ҳисобга олиб, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_3(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{4,4 \cdot 10^{-13}} = 2,27 \cdot 10^{-2}.$$

3) Гидролиз даражасини ҳисоблашда  $h$  қиймати катталигини ҳисобга олиб махраждаги  $h$  қолдирилади ва қуйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кисл}} \cdot C_{\text{муз}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{4,4 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{4,4 \cdot 10^{-14}}} = \sqrt{0,227} = 0,4764;$$

Бинобарин,

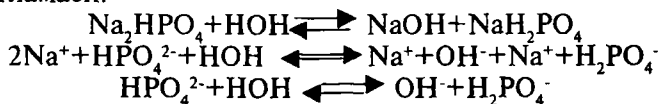
$$h = 0,4764 \cdot (1-h) = 0,4764 - 0,4764h;$$

$$h = \frac{0,4764}{1,4764} = 0,3226 \text{ ёки } 0,3226 \cdot 100\% = 32,26\%$$

**2-мисол.** Натрий гидрофосфат  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  нинг гидролиз даражасини иккинчи босқич бўйича ҳисобланг.

Ечиш:

1)  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  нинг гидролизининг иккинчи босқичи тенграмаси:



2) Гидролиз даражасини ҳисоблаш учун,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ нинг иккинчи босқич бўйича диссоциланиш константаси  $K_{2\text{H}_3\text{PO}_4} = 6,23 \cdot 10^{-8}$  дан фойдаланилади ( $C_{\text{туз}} = 0,1\text{M}$ ):

$$h = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кисл}} \cdot C_{\text{туз}}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{6,23 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{6,23 \cdot 10^{-9}}} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-6}} = 1,26 \cdot 10^{-3};$$

ёки  $1,26 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2\% = 0,126\%$ .

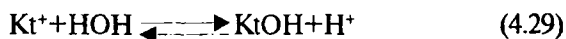
### 4.3. Гидролизланувчи тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблаш тенгламаларини чиқариш

Тузларнинг гидролизи ҳодисасидан кимёвий анализда кенг миқёсда ҳар хил мақсадларда фойдаланилади, жумладан, сувли эритмаларнинг кислоталилиги ёки ишқорийлигини кучайтириш ёхуд камайтириш учун фойдаланилади. Масалан, сувли эритмаларнинг ишқорийлигини ошириш (ёки кислоталилигини камайтириш) учун уларга натрий ацетат ёки карбонат қўшилади. Бу тузлар эркин гидрооксид ионлар ҳосил қилиб гидролизланади, бинобарин, текширилаётган эритманинг рН қиймати ортади. Сувли эритмаларнинг кислоталилигини ошириш (ёки ишқорийлигини камайтириш) учун уларга кучли кислоталарнинг аммонийли тузлари (одатда  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) қўшилади, чунки бу тузлар гидролизланганда эркин водород ионларини ҳосил қилиб, бу  $\text{H}^+$  ионлари анализ қилинаётган эритмалар рН қийматини камайтиради.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, биз гидролизланувчи ҳар хил тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблаб чиқариш тенгламаларини келтириб чиқара олишимиз керак.

1. Кучсиз асосларнинг катионлари ва кучли кислота анионларидан ҳосил бўлган гидролизланувчи тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблаш тенгламаларини келтириб чиқариш.

Бундай турдаги тузларнинг гидролизи катион бўйича боради ва умумий кўринишда қуйидаги схема билан ифодалаш мумкин:



Ионли тенглама(4.29)дан шу нарса маълумки,  $[\text{KtOH}] = [\text{H}^+]$  ва кўпайтма  $[\text{KtOH}] \cdot [\text{H}^+] = [\text{H}^+]^2$  деб ҳисоблаш мумкин. Шундай таркибли тузлар гидролизи нисбатан кам ( $h \approx 0,01$ ) бўлганлиги учун, гидролизланмаган катионлар концентрациясини тузнинг умумий моляр концентрациясига тенг деб олиш мумкин, яъни  $[\text{Kt}^+] = C_{\text{туз}}$ . Қабул қилинган ифодаларни гидролиз константаси тенгламаси(4.16)га қўйилса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{KtOH}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{Kt}^+]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_{\text{туз}}}, \quad [\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{гидр}} \cdot C_{\text{туз}}}$$

$$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{KtOH}}} \text{ бўлганлиги учун, } [\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{туз}}}{K_{\text{KtOH}}}} \quad (4.30)$$

Водород ионлари концентрацияси  $[\text{H}^+]$  дан рН қийматига ўтиш учун ҳосил қилинган тенглама (4.30)ни логарифмлаб, ишорасини тескарисига алмаштирилса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$-\lg[\text{H}^+] = -\frac{1}{2}(\lg K_{\text{H}_2\text{O}} + \lg C_{\text{туз}} - \lg K_{\text{KtOH}})$$

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

$$\text{ёки } \text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{асос}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{туз}}$$

Эритманинг рОН и сувнинг ион кўпайтмасидан топилади.

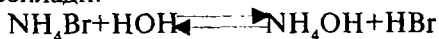
$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_{\text{суб}}; \text{p}K_{\text{суб}} = 14$$

Бу ердан,  $\text{pOH} = 14 - \text{pH}$ .

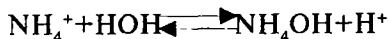
**1-мисол.** Аммоний бромиднинг 0,09 N эритмасининг рН ва рОН қийматини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Аммоний бромиднинг гидролиз реакцияси тенгламаси ёзилади:



қисқартирилган ионли шаклда:



Бу туз эритмасининг рН қиймати қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{NH}_4\text{OH}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{NH}_4\text{Br}}$$

Жадвалдан  $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,76 \cdot 10^{-5}$  эканлигини топамиз. Тузнинг эквивалент массаси мол массасига тенг,  $0,09N = 0,09M$

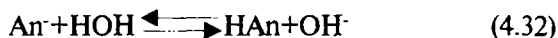
$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \lg(1,76 \cdot 10^{-5}) - \frac{1}{2} \lg 0,09 = 7 - 2,377 + 0,0438 = 5,66$$

2) Энди аммоний бромид эритмасининг рОН қиймати ҳисобланади:

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}; \text{pOH} = 14 - 5,66 = 8,34$$

2. Кучли асоснинг катиони ва кучсиз кислотанинг анионидан ҳосил бўлган тузларнинг рОН ва рН қийматларини ҳисоблаш тенгламаларини келтириб чиқариш.

Мазкур турдаги тузлар анион бўйича гидролизланади:



Ионли тенглама (4.32)га асосланиб, кислотанинг концентрацияси  $[\text{HAn}] = [\text{OH}^-]$ , гидролиз маҳсулотлари концентрациялари кўпайтмаси  $[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]^2$  деб ҳисоблаш мумкин.

Шунингдек,  $[\text{An}^-] = C_{\text{туз}}$  бўлади ва бу ифодаларни гидролиз константаси тенгламаси (4.5)га киритилса

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{HAn}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{An}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_{\text{туз}}} \text{ келиб чиқади.}$$

Бундан

$$[OH^-] = \sqrt{K_{гидр} \cdot C_{муз}}$$

Гидролиз константасининг ўзи  $K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HAn}}$  эканлигини ҳисобга олсак, унда қуйидагига эга бўлинади:

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot C_{муз}}{K_{HAn}}} \quad (4.33)$$

Бу тенглама(4.33)ни логарифмлansa ва ишораларини тескарисига алмаштирилса:

$$\begin{aligned} -\lg[OH^-] &= -\frac{1}{2}(\lg K_{гидр} + \lg C_{муз} - \lg K_{кисл}) \\ pOH &= 7 + \frac{1}{2} pK_{кисл} - \frac{1}{2} \lg C_{муз} \end{aligned} \quad (4.34)$$

келиб чиқади.

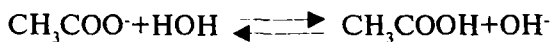
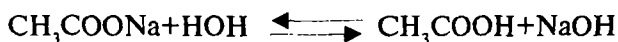
Эритманинг рН ни қуйидагича топиш мумкин

$$pH = 14 - pOH.$$

**2-мисол.** Натрий ацетатнинг 0,05 М эритмасининг рОН ва рН қийматини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Натрий ацетатнинг гидролиз тенгламаси тузилади.



Бу туз эритмасининг рОН қиймати қуйидагича топилади. Жадвалдан  $K_{CH_3COOH} = 1,74 \cdot 10^{-5}$  эканлиги учун.

$$\begin{aligned}
 pOH &= 7 + \frac{1}{2} \lg \lg K_{CH_3COOH} - \frac{1}{2} \lg C_{CH_3COONa} = \\
 &= 7 + \frac{1}{2} \lg(1,74 \cdot 10^{-5}) - \frac{1}{2} \lg 0,05 = 7 - 2,38 + 0,0349 = 4,65
 \end{aligned}$$

2) Эритманинг рН қиймати ҳисобланади:

$$pH = 14 - pOH = 14 - 4,65 = 9,35$$

Демак, натрий ацетатнинг эритмаси муҳити ишқорийдир.

3) Кучсиз асоснинг катиони ва кучсиз кислотанинг анионидан ҳосил бўлган тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблаш.

Бундай тузларнинг гидролизи катион ва анион бўйича боради.



Шу ионли тенглама (4.35) асосида гидролиз константаси тенгламаси ёзилади:

$$K_{гидр} = \frac{[KtOH] \cdot [HAn]}{[Kt^+] \cdot [An^-]} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn}}, \quad (4.36)$$

бу тенглама (4.36) да  $[KtOH] = [HAn]$  ва кўпайтма  $[KtOH] \cdot [HAn] = [HAn]^2$ , махраждаги  $[Kt^+] = [An^-] = C_{туз}$  деб олиш ва кўпайтма  $[Kt^+] \cdot [An^-] = C^2$  туз деб ҳисоблаш мумкин. Келтирилган ифодаларни гидролиз константаси тенгламаси (4.36)га қўйилса, қуйидаги кўриниш ҳосил бўлади:

$$K_{гидр} = \frac{[HAn]^2}{C^2_{туз}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH} \cdot K_{HAn}} \quad (4.37)$$

Бу (4.37) тенгламадаги кислота концентрацияси

$$[HAn] = \frac{[H^+] \cdot [An^-]}{K_{кисл}} = \frac{[H^+] \cdot C_{туз}}{K_{кисл}} \quad (4.38)$$

эканлигини ҳисобга олинса, тенглама (4.37)ни шундай тартибда ёзиш мумкин:

$$\frac{[H^+]^2 \cdot C^2_{туз}}{C^2_{туз} \cdot K^2_{кисл}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос} \cdot K_{кисл}}; \quad \frac{[H^+]^2}{K^2_{кисл}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос} \cdot K_{кисл}};$$

Бу тенгламадан  $[H^+]$  топилмоқчи бўлса:

$$[H^+]^2 = \frac{K_{H_2O} \cdot K^2_{кисл}}{K_{асос} \cdot K_{кисл}}; \quad [H^+]^2 = \frac{K_{H_2O} \cdot K_{кисл}}{K_{асос}}$$

келиб чиқади. Бу ердан

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_{H_2O} \cdot K_{кисл}}{K_{асос}}} \quad (4.39)$$

Айни тенглама(4.39)ни логарифмланса ва унинг ишораларини тескарисига алмаштирилса рН қийматини аниқлаш тенгласи (4.40) келиб чиқади:

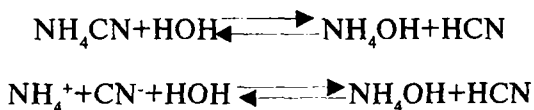
$$pH = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{кисл} + \frac{1}{2} \lg K_{асос} \quad (4.40)$$

Бу ерда ҳам рОН қиймати  $pOH = 14 - pH$  тенгласидан топилади.

**3-мисол.** Аммоний цианд эритмасининг рН ва рОН қийматларини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Мазкур тузнинг гидролиз реакцияси тенгласи тузилади:



Гидролиз маҳсулотлари кучсиз асос ва кучсиз кислота бўлганлиги учун, бу туз эритмасининг рН қиймати қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{HCN} + \frac{1}{2} \lg K_{NH_4OH}$$

Жадвалдан  $K_{HCN} = 6,2 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_{NH_4OH} = 1,76 \cdot 10^{-5}$  эканлигини топилади. Бу қийматларни тенгламага қўйилса:

$$pH = 7 - \frac{1}{2} \lg 6,2 \cdot 10^{-10} + \frac{1}{2} \lg 1,76 \cdot 10^{-5}$$

$$pH = 7 + 4,60 - 2,37 = 9,23$$

2) Ҳисобланган рН қийматига асосланиб, эритманинг рОН ни топиш мумкин.

$$pOH = 14 - 9,23 = 4,77$$

Бинобарин, бу туз эритмасининг муҳити ишқорийдир (рН=9,23).

**4-мисол.** Калий гидрокарбонат эритмасининг гидролиз константаси ва рН қийматини ҳисобланг:

Ечиш:

1. Гидролиз константаси қуйидаги тенгламада ҳисобланади:

$$K_{гидKHC\text{O}_3} = \frac{K_{H_2O}}{K_{1KHC\text{O}_3}} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{4,5 \cdot 10^{-7}} = 2,22 \cdot 10^{-8}$$

2. Эритманинг рН қийматини ҳисобланади.

$$pH = -\frac{1}{2} \lg K_{1KHC\text{O}_3} - \frac{1}{2} \lg K_{2KHC\text{O}_3} = \frac{1}{2} (pK_{1KHC\text{O}_3} + pK_{2KHC\text{O}_3})$$

Жадвалдан:  $K_{1KHC\text{O}_3} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{2KHC\text{O}_3} = 4,8 \cdot 10^{-11}$

$$pH = \frac{1}{2} (6,35 + 10,32) = 8,34.$$

Туз эритмасининг муҳити кучсиз ишқорийдир.

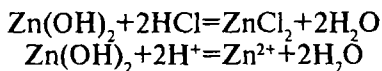


#### 4.4. Амфотер электролит эритмаларидаги мувозанат

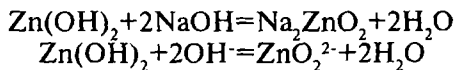
Маълумки, типик металлларнинг гидроксидлари асосларга, металлмасларнинг ва баъзи бир юқори оксидланиш даражасидаги металлларнинг гидроксидлари кислоталар синфига киради. Булар билан биргаликда ҳам асос, ҳам кислота хоссаларини намоён қилувчи гидроксидлар ҳам учрайди. Бир қатор электролитларнинг шароитга боғлиқ равишда ҳам кислотали, шунингдек асосли хоссаларни намоён қилиш қобилияти амфотерлик деб, бундай электролитларни ўзи амфотер электролитлар деб номланади.

Хоҳлаган кимёвий бирикманинг кислоталилиги ва асослиги ўзаро таъсир этувчи иккинчи компонентнинг табиатига боғлиқдир. Масалан, кучсиз борат кислота  $H_3BO_3$  нисбатан кучлироқ ортофосфат кислота билан ўзаро таъсирлашганда  $BPO_4$  шаклидаги туз ҳосил қилиб, асос хоссаларини намоён қилади. Сувли эритмаларда кучли кислота ҳисобланган нитрат кислота суюқ фторид кислотада эритилганда ёки сувсиз сульфат кислотада эриганда асос хоссасини намоён қилиб, сульфат кислотадан протонларни тортиб олади, аммоний ва гидроксоний ионига ўхшаш бўлган нитроний  $[NO_3H_2]^+$  ионини ҳосил қилади.  $Fe(OH)_3$  типик асос бўлишига қарамадан, натрий карбонат  $Na_2CO_3$  ёки калий карбонат  $K_2CO_3$  билан суюқлантирилганда ферритлар  $NaFeO_2$  ва  $KFeO_2$  ни ҳосил қилади, яъни бу ерда кислота тарзда иштирок этади.

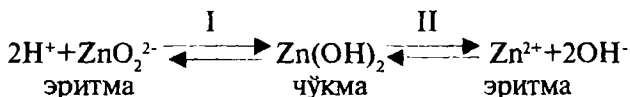
Амфотер бирикманинг типик мисоли сифатида сувни олса бўлади. Сув ионланиб эритмага концентрациялари  $10^{-7}$  мол/л дан бўлган гидроксоний ( $H_3O^+$ ) ва гидроксид ( $OH^-$ ) ионларини беради. Типик амфотер электролитлар тўғрисида сўз кетганда аниқ ифодаланган амфотер хоссаларига эга бўлган электролитлар тушунилади. Бундай амфотер бирикмалар қаторига бериллий, алюминий, хром, рух ва бошқа гидроксидларни киритиш мумкин. Рух гидроксид  $Zn(OH)_2$  нинг амфотерлик хоссаларини кўриб чиқайлик. Унинг асослик хоссалари шунда кўринадики, рух гидроксид кислота билан туз ва сув ҳосил қилиб реакцияга киришади:



Шу билан бирга рух гидроксид кислота хоссасини ҳам намоён қилиб, ишқорларда эрийди, цинкатлар ҳосил қилади



Иккала тенгламани солиштириб, рух гидроксид чўкмаси ва эритмасидан иборат системада бир-бири билан узвий боғлиқ бўлган мувозанатларни ифодалаш мумкин:



Шу асосда рух гидроксид  $\text{Zn(OH)}_2$  нинг ҳам кислота-ларда, ҳам ишқорларда эришини тушунтириш мумкин бўлади. Ҳақиқатда, кислота қўшиш билан эритмага водород ионларини киритиш билан гидроксид ионларини диссоциланмаган сув молекуласига айлантирилади:  $2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O}$ . Шунинг ҳисобига мувозанат (II) бузилади, эритма  $\text{OH}^-$  ионлари концентрациясига нисбатан тўйинмаган бўлиб қолади, бинобарин,  $\text{Zn(OH)}_2$  чўкмасининг янги молекулалари эритмага ўта бошлайди, қўшилган кислота етарли бўлганда чўкма  $\text{Zn(OH)}_2$  нинг тўлиқ эриши кузатилади. Рух гидроксид чўкмасига ишқор қўшилганда эритмага киритилган  $\text{OH}^-$  ионлари водород ионларини боғлайди ва мувозанат (I)ни бузади, бунинг натижасида  $\text{Zn(OH)}_2$  чўкмаси эрий бошлайди, эритмада цинкат тузининг гидратланган ионлари тўпланadi.

Келтирилган схемага биноан амфотер гидроксидларнинг ионланиши икки константа: асосли ва кислотали ионланиш константалари билан тавсифланади. Жумладан, асос типда рух гидроксиднинг ионланиши қуйидаги константа билан ифодаланади:

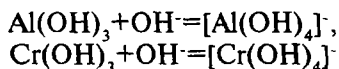
$$K_{\text{Zn(OH)}_2} = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2}{[\text{Zn(OH)}_2]} = 1,5 \cdot 10^{-9}$$

Кислота типда ионланиш қуйидаги константа қийматига эга:

$$K_{H_2ZnO_2} = \frac{[H^+]^2 \cdot [ZnO_2^{2-}]}{[H_2ZnO_2]} = 7,1 \cdot 10^{-12}$$

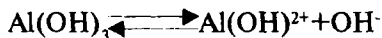
Кислота ва асос типигадаги ионланиш константалари қийматларини солиштириш шуни кўрсатадики, рух гидроксид асосли хоссасини кислоталикка нисбатан кучлироқ намоён қилади. Рух тузларининг 0,001М эритмаларидан рН нинг 6,4-8,0 қийматларида рух гидроксид чўкмага тушади. рН нинг қиймати 12 дан ошганда мўл ишқор эритмаси қўшилганда чўкма комплекс ион  $[Zn(OH)_4]^{2-}$  ҳосил қилиб эрийди.

Рух гидроксидга ўхшаш алюминий гидроксид  $Al(OH)_3$  ва хром (III)-гидроксид  $Cr(OH)_3$  ҳам ишқорлар билан ўзаро таъсирлашиб, метаалюминат ва метахромит кислоталарининг тузларини ҳосил қилади:



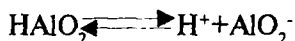
Ҳосил бўлган  $[Al(OH)_4]^-$  ва  $[Cr(OH)_4]^-$  ионлар гидратланган  $AlO_2^-$ ,  $CrO_2^-$  анионларидир.

Алюминий гидроксид  $Al(OH)_3$  нинг биринчи босқичдаги асос типигадаги ионланиш константаси қиймати  $2 \cdot 10^{-10}$ га тенг:



$$K_{1,Al(OH)_3} = \frac{[Al(OH)_2^+] \cdot [OH^-]}{[Al(OH)_3]} = 2 \cdot 10^{-10}$$

Бир асосли кислота типигадаги ионланишининг константаси қиймати  $6 \cdot 10^{-12}$  га тенгдир:



$$K_{1,HAlO_2} = \frac{[H^+] \cdot [AlO_2^-]}{[HAlO_2]} = 6 \cdot 10^{-12}$$

Бинобарин, алюминий гидроксиднинг асос хоссалари кислоталик хоссаларига нисбатан бир мунча кучлироқ ифодаланган.

Гидроксиднинг диссоциланиш типи ионларнинг заряди миқдorigа ва радиусига боғлиқдир. Ионнинг заряди қанча катта ва радиуси қанча кичик бўлса, гидроксид кислота типда диссоциланишга мойил бўлади. Аксинча, ионнинг заряди қанча кичик ва радиуси қанчалик катта бўлса, гидроксид шунчалик асос типда диссоциланишга мойил бўлади. Амфотер электролитларда ионларнинг заряд ва радиуслари нисбати шундайки, улар тахминан бир хил даражада ҳам кислота типда, ҳам асос типда диссоциланишга мойил бўладилар.

Электролитларнинг амфотерлик хоссаларидан кимёвий анализда кенг миқёсда фойдаланилади. Масалан, катионлар аралашмаси анализда, катионлар сувда эримайдиган гидроксидлар ҳосил қиладиган бўлса, катионларга ўювчи натрий ёки ўювчи калий эритмасидан мўл миқдорда таъсир эттирилади. Бунда чўкмага гидроксидлар аралашмаси тушади. Чўкмага тушадиган бирикмалар орасида амфотер гидроксидлар бўлса, улар ишқорнинг мўл миқдорида эрийди. Чунончи, текширилаётган аралашмада  $\text{Fe}^{3+}$  ва  $\text{Al}^{3+}$  катионлари бўлса,  $\text{NaOH}$  нинг мўл миқдори таъсир эттирилганда  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  чўкмага тушади ва эритмада  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$  ҳосил бўлади. Шу йўл билан темир (III) ионлари алюминий катионларидан ажратилиши мумкин.

Кислота типда диссоциланишда амфотер гидроксидларнинг ионланиш константаси қиймати гидроксидни ҳосил қилувчи ионнинг заряди ошиши билан катталашади (масалан,  $K_{\text{HCrO}_4} = 9 \cdot 10^{-17}$ ,  $K_{\text{H}_2\text{CrO}_4} = 1,8 \cdot 10^{-1}$ ). Шунга асосланиб, таркибида осон оксидланадиган ион сақловчи сувда эримайдиган гидроксид эрувчанлигини ошириш мақсадида бу ион оксидланади. Мисол учун,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ва  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  аралашмасидан иборат чўкма бўлса, водород пероксид ёки бошқа оксидловчилар таъсир эттириб, ишқорий муҳитда  $\text{Cr}^{3+}$  иони  $\text{Cr}^{6+}$  катионигача оксидланади, ҳосил бўлган  $\text{CrO}_4^{2-}$  иони эритмага осон ўтади.

Баъзи бир амфотер гидроксидлар, жумладан,  $\text{Be}(\text{OH})_2$  чўкмасига  $\text{NaHCO}_3$  эритмаси қўшиб, қайнатилганда эрийди, бошқа гидроксидлар эса натрий гидрокарбонатда эримайди.

Шундай қилиб, амфотерликдан сифат анализи амалиётида ҳар хил мақсадларда фойдаланилади.

## Саволлар

1. Тузларнинг гидролизи деб қандай жараёнга айтилади?
2. Гидролиз боришининг шарт-шароитлари қандай бўлади?
3. Қандай тузлар катиони бўйича гидролизланади?
4. Қандай тузлар анион бўйича гидролизланади?
5. Қандай тузларда гидролиз катион ва анионлар бўйича боради?
6. Қандай омиллар тузлар гидролизини кучайтиради?
7. Тузларнинг гидролиз константаси ва гидролиз даражаси нимани ифодалайди?
8. Қуйидаги тузларнинг гидролизи реакцияси тенгламасини тузинг: рух сулфат, мис(II) сулфат, аммоний карбонат, темир(III) хлорид. Гидролизнинг босқичли эканлигини кўрсатинг.
9. Формулалари  $KJ$ ,  $NH_4Br$ ,  $Na_2S$ ,  $NH_4Cl$  бўлган тузларнинг сувли эритмалари муҳити қандай бўлади?
10. Гидролизланувчи тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблашнинг нима зарурати бор?
11. Амфотер электролитлар деб нимага айтилади?
12. Амфотерлик ҳодисасидан кимёвий анализларда қандай мақсадларда фойдаланилади?

## Тестлар

1. Қуйидаги тузлардан қайси бири гидролизланади?  
А) Натрий хлорид;  
В) Калий сулфат;  
С) Натрий фосфат;  
Д) Калий нитрат;  
Е) Калий бромид.
2. Қайси туз гидролизга учрамайди?  
А) Калий нитрат;  
В) Натрий нитрат;  
С) Натрий ацетат;

- Д) Аммоний хлорид;
- Е) Калий цианид.

3. Аммоний хлориднинг гидролизини қандай қилиб сусайтириш мумкин?

- А) Қиздириш билан;
- В) Суюлтириш билан;
- С) Ишқор қўшиш билан;
- Д) Қиздириш, суюлтириш билан;
- Е) Хлорид кислота қўшиш билан.

4. Калий корбонатнинг гидролизини қандай йўл билан сусайтириш мумкин?

- А) Қиздириш;
- В) Суюлтириш;
- С) Хлорид кислота қўшиш;
- Д) Натрий гидроксид қўшиш;
- Е) Суюлтириш ва қиздириш.

5. Рух хлориднинг гидролиз жараёнини қандай кучайтириш мумкин?

- А) Ишқор қўшиш, туз эритмасини қиздириш ва суюлтириш;
- В) Кислота қўшиш;
- С) Ишқор қўшиш;
- Д) Қиздириш;
- Е) Туз эритмасини суюлтириш.

6. Натрий сульфиднинг гидролизини қандай қилиб кучайтириш мумкин?

- А) Ишқор қўшиш;
- В) Кислота қўшиш, суюлтириш ва қиздириш;
- С) Кислота қўшиш;
- Д) Совутиш;
- Е) Эритмани суюлтириш ва қиздириш.

7. Гидролиз жараёни миқдорий жиҳатдан нима билан ифодаланади?

- А) Эритма рН;
- В) Гидролиз константаси;
- С) Гидролиз даражаси;

- Д) Ионланиш даражаси;
- Е) Гидролиз константаси ва даражаси.

8. Қуйидаги тузлардан қайси бирини гидролиз констан-

таси ушбу формула бўйича ҳисобланади:  $K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кисл}}}$

- А) Калий цианид;
- В) Аммоний хлорид;
- С) Аммоний ацетат;
- Д) Натрий хлорид;
- Е) Рух хлорид.

9. Қайси тузнинг гидролиз константаси ушбу формула-

дан фойдаланиб ҳисобланади:  $K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}}}$

- А) Калий цианид;
- В) Аммоний хлорид;
- С) Натрий хлорид;
- Д) Аммоний ацетат;
- Е) Натрий формиат.

10. Қайси тузнинг гидролиз константаси

$K_{\text{гидр}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{асос}} \cdot K_{\text{кисл}}}$  формуласи бўйича ҳисобланади?

- А) Калий цианид;
- В) Аммоний хлорид;
- С) Аммоний ацетат;
- Д) Натрий хлорид;
- Е) Натрий формиат.

11. Аммоний нитратнинг гидролиз константаси қийма-  
тини ҳисобланг.

- А)  $6,5 \cdot 10^{-10}$ ;
- В)  $5,6 \cdot 10^{-10}$ ;
- С)  $4,8 \cdot 10^{-5}$ ;
- Д)  $8,4 \cdot 10^{-5}$ ;
- Е)  $56 \cdot 10^{-10}$ .

12. Аммоний ацетатнинг гидролиз константасини ҳисобланг.

- A)  $3,02 \cdot 10^{-5}$ ;
- B)  $2,03 \cdot 10^{-5}$ ;
- C)  $3,02 \cdot 10^{-10}$ ;
- D)  $2,03 \cdot 10^{-10}$ ;
- E)  $2,03 \cdot 10^{-4}$ .

13. Натрий фосфатнинг биринчи босқич бўйича гидролиз константасини ҳисобланг.

- A)  $5,44 \cdot 10^{-3}$ ;
- B)  $4,55 \cdot 10^{-3}$ ;
- C)  $4,54 \cdot 10^{-2}$ ;
- D)  $4,8 \cdot 10^{-5}$ ;
- E)  $2,4 \cdot 10^{-3}$ .

14. Аммоний бромиднинг 0,18 М эритмасининг гидролиз даражасини ҳисобланг.

- A) 0,01%;
- B) 0,001%;
- C) 0,056%;
- D) 0,56%;
- E) 0,0056%.

15. Аммоний хлориднинг 0,1 М эритмасининг гидролиз даражасини ҳисобланг.

- A) 0,005;
- B) 0,005%;
- C) 0,0075%;
- D) 0,0075;
- E) 0,075%.

16. Натрий карбонатнинг 0,01 М эритмасининг иккинчи босқич бўйича гидролиз даражасини ҳисобланг.

- A) 0,15;
- B) 0,15%;
- C) 0,0015;
- D) 0,0015%;
- E) 0,015%.

17. Тузлардан қайси бирининг эритмаси муҳити нейтрал бўлади?



- A) Калий карбонат;
- B) Рух хлорид;
- C) Аммоний хлорид;
- D) Аммоний ацетат;
- E) Натрий ацетат.

18. Қайси туз эритмасининг  $pH > 7$ ?

- A) Аммоний хлорид;
- B) Натрий ацетат;
- C) Натрий нитрат;
- D) Калций хлорид;
- E) Аммоний ацетат.

19. Қайси туз эритмасида  $pH < 7$ ?

- A) Натрий хлорид;
- B) Натрий цианид;
- C) Аммоний хлорид;
- D) Аммоний цианид;
- E) Калий карбонат.

20. Аммоний хлориднинг 0,1 М эритмасининг  $pH$  қийматини ҳисобланг.

- A) 4,63;
- B) 6,43;
- C) 8,5;
- D) 4,25;
- E) 5,63.

21. Натрий ацетатнинг 1 М эритмасининг  $pH$  қиймати нечага тенг бўлади?

- A) 9,37;
- B) 7,93;
- C) 3,79;
- D) 4,37;
- E) 7,0.

22. Аммоний цианид эритмасининг  $pH$  қийматини ҳисобланг.

- A) 2,9;
- B) 9,2;
- C) 7;

- Д) 4;
- Е) 11,4.

23. Аммоний ацетат эритмасининг рН қиймати қандай бўлади?

- А) 5;
- В) 4;
- С) 9;
- Д) 7;
- Е) 12.

24. Калий ацетатнинг 0,1 М эритмаси рОН ни ҳисобланг.

- А) 13,5;
- В) 1,35;
- С) 8,87;
- Д) 4,44;
- Е) 5,13.

25. Аммоний нитратнинг 1М эритмаси рОН қийматини ҳисобланг.

- А) 3,79;
- В) 7,39;
- С) 9,37;
- Д) 4,63;
- Е) 7.

26. 1,07 г аммоний хлорид сақловчи 500 мл эритмасининг рН қийматини ҳисобланг.

- А) 5,32;
- В) 4,63;
- С) 6,43;
- Д) 8,5;
- Е) 4,25.

27. Калий фосфатнинг 0,12 М эритмаси рН қийматини ҳисобланг.

- А) 6,4;
- В) 7,6;
- С) 3,79;
- Д) 4,63;

Е) 3,8.

28. Гидроксиднинг амфотерлигини кўрсатувчи белгилари нима ҳисобланади?

- А) Кислоталар билан ўзаро таъсири;
- В) Ишқорлар билан ўзаро таъсири;
- С) Кислота ва ишқорлар билан ўзаро таъсири;
- Д) Сув билан ўзаро таъсири;
- Е) Кислота ва ишқорлар билан таъсирлашмаслиги.

29. Гидроксидларнинг амфотерлик хоссалари қандай омилларга боғлиқ?

- А) Ион радиуси қийматига;
- В) Ион зарядига;
- С) Ионнинг радиуси қиймати ва заряд миқдорига;
- Д) Ион заряди ва радиуси қийматига боғлиқ эмас;
- Е) Ион зарядига боғлиқ эмас.

30. Амфотер гидроксидларни миқдорий жиҳатидан қандай константалар ифодалайди?

- А) Ионланиш константаси йўқ;
- В) Гидролиз константаси;
- С) Фақат асос типда ионланиш константаси;
- Д) Кислота ва асос типда ионланиш константалари;
- Е) Фақат кислота типда ионланиш константаси.

## V БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИ ВА КОМПЛЕКС БИРИКМАЛАР

### 5.1. Комплекс бирикмаларнинг тузилиши

А.Вернер (1866-1919)нинг координацион назарияси (1893 й. таклиф қилинган)га мувофиқ, комплекс бирикмалар молекуласида марказий ўринни, одатда, **марказий ион** ёки **комплекс ҳосил қилувчи** деб аталадиган мусбат ионлар эгаллайди. У билан яқинида турган аддендлар ёки лигандлар деб аталувчи манфий ионлар ёки нейтрал молекулалар координатланган, яъни боғланган бўлади. Комплекс ҳосил қилувчи ионлар лигандлар билан биргаликда комплекс бирикмаларнинг ички координацион сферасини ташкил қилади. Кўпчилик комплекс бирикмаларда ички сферадан ташқари, манфий ёки мусбат ионлардан иборат бўлган ташқи координацион сфера ҳам бўлади.

Ташқи сфера ионлари комплекс ҳосил қилувчи билан ионоген боғланган бўлади, яъни комплекс бирикмалар сувда эриганда улар эркин ион ҳолида ажралади. Аксинча, комплекс ҳосил қилувчи ион билан лигандларнинг боғланиши ионогенли кўринишда бўлмайди, лигандлар марказий ион билан мустақкамроқ боғланган бўлиб, у билан деярли диссоциланмайдиган комплекс ион ҳосил қилади. Масалан, комплекс бирикма  $K_3[Fe(CN)_6]$ да  $Fe^{3+}$  иони комплекс ҳосил қилувчи,  $CN^-$  ионлари эса аддендлар ёки лигандлардир. Ташқи координацион сферада  $K^+$  ионлари бўлади.  $[Fe(CN)_6]^{3-}$  комплекс ион бўлиб, ички координацион сферани ташкил этади.

Комплекс ҳосил қилувчи ион билан комплексга координатланган лигандларнинг умумий сони комплекс ҳосил қилувчи ионнинг **координацион сони** дейилади. Кўпчилик комплекс ҳосил қилувчиларда ( $Pt^{4+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  ва бошқалар) координацион сони 6 га тенг. Аммо шуни ҳам назарда тутиш керакки, маълум шароитда берилган комплекс ҳосил қилувчи ион ўзининг максимал координа-

цион сонига эга бўлмаслиги ҳам мумкин, бунда **координацион тўйинмаган бирикмалар** ҳосил бўлади. Масалан, комплекс ион  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  координацион тўйинмаган ион бўлиб,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  иони координацион тўйингандир.

Лигандлар комплекс ҳосил қилувчи ион атрофида симметрик тарзда жойлашади. Улар фазода турли геометрик шакллар (учбурчак, квадратлар, тетраэдрлар, октаэдрлар ва бошқалар) ҳосил қилади, буларнинг бурчакларида лигандлар ўрин олган бўлиб, марказда комплекс ҳосил қилувчи ион жойлашади.

Комплекс ионларнинг заряди комплекс ҳосил қилувчи ион билан аддендлар (лигандлар) зарядларининг алгебраик йиғиндисига тенг. Масалан,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  анионларнинг заряди шундай топилади:  $(+2)+(-6)=-4$ .

Агар аддендлар нейтрал молекулалар бўлса, улар комплекснинг зарядига таъсир кўрсатмайди. Бундай ҳолларда комплекс ионнинг заряди марказий ионнинг зарядига тенг бўлади. Масалан,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  нинг заряди  $\text{Ag}^+$  иони зарядига тенг бўлади.

Ташқи координацион сферанинг таркибига қараб ҳам комплекснинг зарядини аниқлаш мумкин. Комплекснинг ион заряди аниқлангандан сўнг комплекс ҳосил қилувчининг зарядини ҳам (агар у номаълум бўлса) топиш мумкин. Масалан,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  нинг ташқи сферасида 3 та бир хил зарядли мусбаб  $\text{Na}^+$  ионлари бор. Молекула нейтрал бўлганлиги учун ички сфера  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  нинг заряди  $-3$  га тенг бўлиши керак. Шунингдек, аддендлар бўлган  $\text{NO}_2^-$  ионларининг умумий зарядлари йиғиндиси  $-6$  га тенг бўлиши сабабли комплекс ҳосил қилувчи ионининг заряди  $+3$  ( $\text{Co}^{3+}$ ) бўлиши тушунарлидир.

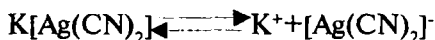
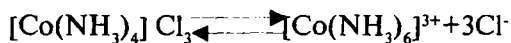
Комплекс бирикмаларнинг тузилиши ва улардаги боғларнинг тавсифи умумий ва анорганмик кимё фанида ба-тафсил ўрганилади.

## **5.2. Комплекс бирикмалар эритмаларидаги мувозанат.**

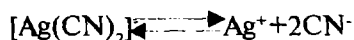
### **Беқарорлик константаси**

Комплекс бирикмалар эритмаларида эриган модданинг хусусияти ва эритувчининг табиатига боғлиқ бўлган динамик мувозанатдаги система мавжуд бўлади.

Электролитларга киритиладиган комплекс бирикмалар эритмаларида электролитлар учун хос бўлган динамик ионли мувозанат ҳолати кузатилади. Бошқача айтганда, комплекс бирикмалар эритмаларда етарли даражада биринчи босқичли электролитик диссоциланишда бўлади. Демак, комплекс электролитлар сувли эритмаларида ташқи сфера ионлари ва комплекс ионларига диссоциланади. Бу жараён кучли электролитлар ионланиши кўринишида юз беради:



Ҳосил бўлган комплекс ион иккиламчи электролитик диссоциланишга учрайди, бу диссоциланиш кучсиз электролитлар типига бўлади, яъни кам даражада юз беради:



Бу мувозанат системасига массалар таъсири қонуни татбиқ қилинса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$K_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-},$$

бу ерда комплекс ионнинг ионланиш константаси унинг беқарорлигини ва уни ташкил этган оддий ионларга ионланиш қобилиятини ифодалайди. Бу константанинг қиймати қанчалик катта бўлса, берилган комплекс шунчалик кучли диссоциланади ва шунчалик беқарор бўлади. Бу константа комплекс ионнинг беқарорлик константаси ёки комплекснинг ионларга парчаланиш константаси дейилади.

Ионларнинг активлиги ҳисобга олинса, беқарорлик константаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$K_a_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = \frac{\alpha_{\text{Ag}^+} \cdot \alpha_{\text{CN}^-}^2}{\alpha_{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-}},$$

$K_a$  – термодинамик беқарорлик константаси.

Беқарорлик константасига тескари миқдор комплекснинг ҳосил бўлиш константаси ёки барқарорлик константаси дейилади:

$$K_{\text{барқарор}} = \frac{1}{K_{\text{беқарор}}}$$

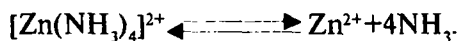
Беқарорлик константасининг қиймати қанчалик кичик бўлса, комплекс шунчалик барқарор бўлади. Масалан,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  комплекс ионнинг беқарорлик константаси  $5,8 \cdot 10^{-8}$  га,  $[\text{AgS}_2\text{O}_3]^-$  комплекс ионнинг беқарорлик константаси  $1,5 \cdot 10^{-9}$  га,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  комплекс ионники эса  $1,4 \cdot 10^{20}$  га тенг. Кўрсатилган кумушнинг учала комплекс ионлари ичида  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  комплекс иони энг беқарор,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  комплекс иони эса энг барқароридир.

Ҳар хил комплекс ионларнинг беқарорлик константалари қиймати маълум бўлса, комплекс бирикмаларнинг эритмаларидаги ҳосил бўлган оддий ионлар (комплекс ҳосил қилувчи ва лигандлар)нинг концентрацияларини назарий йўл билан ҳисоблаб топиш мумкин.

**1-мисол.**  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4] \text{Cl}_2$  нинг 1М эритмасидаги  $\text{Zn}^{2+}$  ионлари,  $\text{NH}_3$  молекулалари концентрациясини ва комплекс ионнинг диссоциланиш даражасини аниқланг.

Ечиш:

1) Эритмада комплекс ион  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  қуйидагича ионланади:



2) Комплекс ионнинг беқарорлик константаси ёзилади:

$$K_{\text{беқарор}} = \frac{[\text{Zn}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3]^4}{[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}}$$

$[\text{Zn}^{2+}] = x$  билан белгилаймиз, унда аммиак концентрацияси  $4x$ , ионлашмаган комплекс ион концентрацияси эса  $1-x$  бўлади.

3) Беқарорлик константаси формуласига бу белгилар қўйилади:

$$K_{\text{бек,арор}} = \frac{x \cdot (4x)^4}{1 - x} = 2,6 \cdot 10^{-10}.$$

$K_{\text{бек,арор}} [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 2,6 \cdot 10^{-10}$  жадвалдан олинди.

X нинг қиймати 1 дан жуда кичик бўлганлиги учун, махраждаги  $1-x$  ифодаси 1 га тенг бўлиб қолади. Бинобарин,

$$K = x(4x)^4 = 256x^5 = 2,6 \cdot 10^{-10}; \quad x^5 = \frac{2,6 \cdot 10^{-10}}{256}$$

$$x = [\text{Zn}^{2+}] = \sqrt[5]{\frac{2,6 \cdot 10^{-10}}{256}} = 3,99 \cdot 10^{-3} \approx 4,0 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{Zn}^{2+}] = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ мол / л.}$$

Аммиакнинг концентрацияси қуйидагича ҳисобланади:

$$4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 16 \cdot 10^{-3} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ мол/л.}$$

4) Комплекс ионнинг диссоциланиш даражаси ҳисобланади:

$$\alpha = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot 100\% = 4 \cdot 10^{-1}\% = 0,4\%.$$

Комплекс бирикмалар орасида эритмаларини сув билан суюлтирилганда осон парчаланадиганлари билан бир қаторда, жуда мустаҳкам комплекс ионлар ҳам бўлиб, уларни парчалаш учун махсус методлар қўллаш лозим бўлади. Комплекс ионларни ҳосил қилиш ва уларни бузиш методларини билиш аналитик кимё учун жуда муҳимдир. Бу комплекс ҳосил бўлишига шароит яратиш ёки унинг ҳосил бўлишига йўл қўймаслик учун зарурдир; анализни бажариш жараёнида комплекс ҳосил бўлган бўлса, уни бузиш талаб қилинганда қандай қилиб парчаланишини билиш муҳимдир.

Комплекс ионларнинг мустаҳкамлиги уларнинг ионланиши билан бевосита боғлиқдир, шунинг учун комплекс бирикмаларни ҳосил қилиш ва уларни бузиш методлари



комплекслар диссоциланиш тенгламасини таҳлил қилишдан олинган хулосаларга асосланади.

Комплекс ионни бузиш учун марказий ионнинг комплекс ҳосил қилиш қобилияти ё минимумга олиб келинади ёки кучсизлантириш керак ёки бўлмаса, комплекс ионнинг диссоциланишини кучайтириш лозим.

Марказий ионнинг комплекс ҳосил қилиш қобилиятини кучсизлантириш ёки минимумга олиб келиш учун, одатда, шу ионнинг мусбат ёки манфий оксидланиш даражасини мутаносиб қайтарувчи қўллаб қайтариш ёки тегишли оксидловчи ёрдамида оксидлаб камайтириш йўли қўлланилади.

Комплекс ионнинг диссоциланишини кучайтиришга марказий ионни ўраб турган ионнинг ёки молекулаларнинг концентрациясини камайтириш орқали эришиш мумкин.

Комплекс иони бўлган эритмага қандайдир реагент қўшилганда реакция маҳсулотлари сифатида қийин эрувчи ёки кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил бўлса, комплекс ион бузилиши мумкин.

Комплекс ионнинг беқарорлик константаси ва комплекс ҳосил қилувчи ион билан қийин эрувчи бирикма ҳосил қила оладиган реагент қўшилганда ҳосил бўладиган чўкманинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматларини билган ҳолда, комплекс ионни бузиш тўғрисидаги масаласини ҳал қилиш мумкин.

**Мисол.** Агар  $\text{Na}[\text{AgS}_2\text{O}_3]$ нинг  $0,01\text{M}$  эритмасидан  $10\text{ мл}$  га калий бромиднинг  $0,1\text{M}$  эритмасидан  $20\text{ мл}$  қўшилса, кумуш бромид чўкмаси тушадими?

Ечиш:

1) Эритмалар қўшилганда моддаларнинг концентрациялари ўзгаради ва қуйидагича бўлиб қолади:

$$[\text{Na}[\text{AgS}_2\text{O}_3]] = \frac{0,01 \cdot 10}{30} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ мол / л } (0,0033 \text{ мол / л})$$

$$[\text{KBr}] = \frac{0,1 \cdot 20}{30} = 6,66 \cdot 10^{-2} \text{ мол / л.}$$

2) Комплекс ион  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$  қуйидагича ионланади ва унинг беқарорлик константаси қиймати жадвалдан топилади:

$$K_{\text{бс к, арор}} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}]}{[\text{AgS}_2\text{O}_3]} = 1,51 \cdot 10^{-9}$$

3)  $\text{Ag}^+$  ионлари концентрациясини  $x$  мол/л деб олсак,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ионлари концентрацияси ҳам  $x$  мол/л бўлади, комплекс ионнинг концентрацияси эса  $0,0033 - x$  мол/л га тенг бўлади.

$$K = \frac{x \cdot x}{0,0033 - x} = \frac{x^2}{0,0033 - x} \approx \frac{x^2}{0,0033} = 1,51 \cdot 10^{-9}$$

$$x^2 = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,51 \cdot 10^{-9}; x = [\text{Ag}^+] = \sqrt{4,98 \cdot 10^{-12}} = 2,23 \cdot 10^{-6} \text{ мол/л}$$

4) Калий бромид кучли электролит бўлганлиги учун тўлиқ диссоциланиб, эритмага  $6,66 \cdot 10^{-2}$  мол/л бромид ионларини беради. Бинобарин, айти эритмада  $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-]$  кўпайтмаси қуйидаги қийматга тенг:

$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-] = (2,23 \cdot 10^{-6}) \cdot (6,66 \cdot 10^{-2}) = 14,85 \cdot 10^{-8} = 1,48 \cdot 10^{-7}$ ; келиб чиққан қиймат,  $\text{AgBr}$  нинг эрувчанлик кўпайтмаси ( $\text{ЭК}_{\text{AgBr}} = 5,3 \cdot 10^{-13}$ ) дан катта:

$$1,48 \cdot 10^{-7} > 5,3 \cdot 10^{-13}$$

Демак, бу шароитда кумуш бромид чўкмага тушади.

### 5.3. Кимёвий анализларда комплекслар ҳосил қилиш методларининг қўлланиши

Кўпгина ҳолларда комплекс ионларнинг ҳосил бўлиши анализни қийинлаштирибгина қолмай, балки ниҳоятда осонлаштириши ҳам мумкин.

**Мисоллар келтирамиз:**

1. **Комплекс бирикмаларнинг қийин эрийдиган чўкмалар ҳосил қилишда фойдаланилиши.** Оғир металлларнинг катионлари ва комплекс кислоталарнинг анионлари томонларидан ҳосил бўлган бир қатор комплекс тузлар сувда қи-

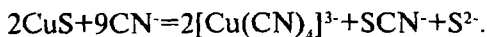
йин эрийди. Жумладан, кўпчилик оғир металлларнинг катионлари гексацианокобалтат (III) билан равшан рангли қийин эрийдиган тузлар ҳосил қилади, масалан,  $\text{Ni}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]_2$  - яшил,  $\text{Co}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]_2$  - пушти-қизил ва бошқалар. Кўпчилик комплекс ионлар юқори барқарорлиги билан ажралиб туради. Бир қатор катионлар рангли комплекс бирикмалар ҳосил қилиш йўли билан аниқланади; чунончи,  $\text{K}^+$  катиони  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  - сариқ чўкма;  $\text{Fe}^{3+}$  катиони  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$  - тўқ кўк чўкма,  $\text{Fe}^{2+}$  катиони  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$  - кўк чўкма,  $\text{Cu}^{2+}$  катиони  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  = кўк рангли эритма ва  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  - қизил-кўнғир чўкма ҳосил қиладилар.

**2. Комплекс ҳосил қилишдан ионларни “ниқоблаш”да фойдаланиш.** Кўпгина ҳолларда комплекс ҳосил қилиш методи ионлар анализининг боришига халақит берувчи ионларни ниқоблашда қўлланилади. Масалан, анализ боришида темир (III) катиони бошқа ионларни очишга халақит берса, бунда  $\text{Fe}^{3+}$  катиони аниқланувчи эритмага фосфат кислота, аммоний фторид, натрий оксалат ёки тартрат қўшиб ниқобланади. Бу реагентлар билан  $\text{Fe}^{3+}$  рангсиз мустақкам комплекс ионлар:  $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$ ,  $[\text{Fe F}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)_3]^{3-}$  ҳосил қиладилар. Ҳосил бўладиган комплекс ионлар шунчалик барқарорки,  $\text{Fe}^{3+}$  катиони учун сезгир бўлган реагентлар (чунончи, аммоний роданид) ҳам, бу комплекс ионларга сезиларли таъсир қилалмайди. Бинобарин, комплекс ҳосил қилиб, ионларни ниқоблаш анализга халақит берувчи ионларнинг эритмадаги концентрациясини бошқа ионларни топишга халал бермайдиган даражада камайтириб юбориш мумкинدير. Ниқобловчи комплекс ҳосил қилувчи реагентлар сифатида ишлатиладиган комплексонлар (3-бўлим миқдорий анализ, комплекс онометрия 24-боб) алоҳида аҳамиятга эгадир.

**3. Комплекс ҳосил қилишдан эрмайдиган моддаларни эритмага ўтказишда фойдаланиш.** Сувда, кислоталар ва ишқорларда эрмайдиган чўкмаларни эритишда кўпинча комплекс ҳосил қилиш методи қўлланилади. Масалан, эрмайдиган кумуш галогенидларни бир-биридан ажратишда комплекс ҳосил қилишдан фойдаланса бўлади. Таркибида  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  ва  $\text{AgI}$  сақловчи чўкмага  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3$  дан иборат эритма таъсир эттирилса, эритмага  $\text{AgCl}$  комплекс бирикма  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  ҳолида ўтади. Агар  $\text{AgBr}$  ва  $\text{AgI}$

дан ташкил топган аралашмага аммиак эритмаси таъсир эттирилса,  $\text{AgBr}$  чўкмаси комплекс бирикма  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{Br}_2$  ҳосил қилиб эрийди; бунда аммиакда эримайдиган  $\text{AgJ}$  чўкмада қолади. Бордию,  $\text{AgJ}$  чўкмасига  $\text{KCN}$  эритмаси таъсир эттирилса,  $\text{AgJ}$  комплекс ион  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  ҳосил қилиб эритмага ўтади. Шундай қилиб, комплекс ҳосил қилишдан фойдаланиб, сувда ва кислоталарда эримайдиган моддаларнинг жуда мураккаб аралашмаларини ажратишга эришиш мумкин.

$\text{CN}^-$  иони таъсирида комплекс бирикмалар ҳосил бўлишидан амалда кўпгина эримайдиган  $\text{CuS}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{HgO}$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  ва бошқа бирикмаларни эритишда кенг фойдаланилади, масалан:



Шуни таъкидлаш керакки, комплекс ион  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$  лар бўлган эритмалардан  $\text{Cu}^+$  иони кўпгина реагентлар, жумладан, водород сульфид таъсиридан ҳам чўкмага тушмайди. Бунинг сабаби, комплекс ион  $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$  нинг беқарорлик константаси қийматининг жуда кичиклиги ( $K_{[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}} = 5 \cdot 10^{-28}$ ) билан тушунтирилади.

Комплекс ҳосил бўлишидан бирикмаларнинг кислота-асосли хоссаларини ўзгартиришда, бирикмаларнинг оксидлаш-қайтариш хоссаларини кучайтириш ёки камайитиришда ва бошқа мақсадларда фойдаланилади.

#### 5.4. Ички комплекс бирикмалар

Кимёвий анализда таркибида ҳалқасимон (циклик) тузилишдаги органик молекулалар сақловчи комплекс бирикмалар, бошқача айтганда хелат бирикмалар алоҳида аҳамиятга эга. Булардан баъзилари ички комплекс бирикмалар номи билан аталади. Ички комплекс бирикмалар шундай ҳолларда ҳосил бўладики, комплекс ҳосил қилувчи металл иони органик бирикмаларнинг функционал гуруҳидаги водород атомига алмашиниши билан бир қаторда лиганд гуруҳи билан координацион боғ орқали боғланади. Бунинг натижасида ҳосил бўладиган тузлар ички комплекс тузлар деб аталади.

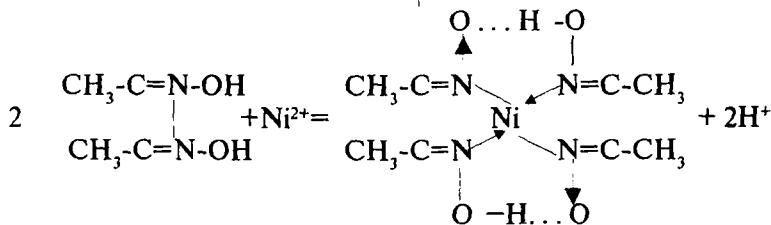
Органик бирикмаларнинг ички комплекс бирикмалар ҳосил қилиш хоссаси уларнинг молекулаларида кислота хусусиятига эга бўлган маълум атомлар гуруҳи бўлишига боғлиқ. Бундай гуруҳлар: карбоксил-  $\text{COOH}$ , оксим  $=\text{NOH}$ ; гидрооксид, аминогуруҳ  $-\text{NH}_2$ , иминогуруҳ  $=\text{NH}$  ва бошқалардир.

Ички комплекс бирикмалар, одатда, сувда қийин эрийдиган, тиниқ рангли ва ионларга ниҳоятда оз диссоциланиш хоссаларига эга бўлгани учун кимёвий анализда муҳим аҳамиятга эгадир.

Тузилиши ёки комплекс ҳосил қилувчи билан атомлар гуруҳи орасидаги боғланишнинг хусусиятига боғлиқ равишда ички комплекс бирикмалар бир неча турга ажратилади.

**1. Электродитмас ички комплекс бирикмалар.** Бу турдаги ички комплекс бирикмаларда ташқи сфера бўлмайди, ички координацион сфера эса зарядга эга бўлмайди. Бундай комплекс бирикмаларда марказий ион органик молекулаларнинг гуруҳлари томонидан ҳалқасимон ўраб олинади, гўёки ичкарига тортилган бўлади.

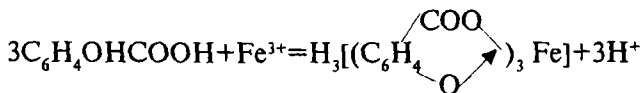
Бу турдаги ички комплекс бирикмаларга мисол қилиб ёрқин қизил рангли қийин эрувчан чўкма ҳолидаги никел диметилглиоксиматни олиш мумкин. Никел катиони диметилглиоксим (Л.Чугаев реактиви) билан ўзаро таъсирлашганда ҳар бир молекуланинг оксим гуруҳидаги водородни сиқиб чиқаради, шунингдек, иккита бошқа оксим гуруҳлар билан координатив боғланади:



(координатив боғланиш стрелкалар билан кўрсатилган).

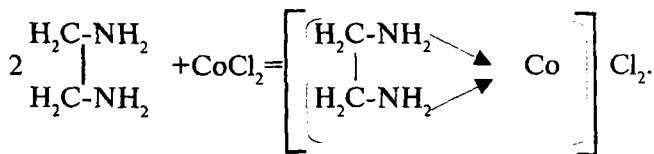
**2. Электродит ички комплекс бирикмалар.** Металл ионлари комплексонлар-аминополикарбон кислоталарнинг ҳосилалари, хусусан, этилендиаминтетра сирка кислота

билан жуда барқарор комплекслар ҳосил қиладилар. Бу комплексонатлар электролитлар ҳисобланади. Бундай бирикмаларнинг ҳосил бўлишида координатланувчи радикалнинг водород атомлари комплекс бирикманинг ташқи сферасига ўтиши мумкин, натижада маълум зарядга эга бўлган комплекс анион ҳосил бўлади. Айнан шундай ҳодисани темир (III) катионининг салицил кислота билан ўзаро таъсирида кузатиш мумкин:



Бу ерда  $\text{Fe}^{3+}$  иони карбоксил гуруҳнинг водороди ўрнини олади ва оксид гуруҳнинг кислороди билан координацион боғ (стрелка билан кўрсатилган) ҳосил қилади. Шундай йўл билан ҳосил бўлган ички комплекс кислота диссоциланади.

**3. Ҳалқасимон ички комплекс бирикмалар.** Бундай бирикмалар металл комплекс ҳосил қилувчининг органик бирикма молекулаларининг у ёки бу гуруҳлари билан координацион ўзаро таъсири ҳисобига ҳосил бўлади. Комплекс бирикманинг ташқи сферасида у ёки бу металл тузининг анионлари жойлашади. Масалан, кобальт тузининг этилендиамин билан ўзаро таъсир реакцияси қуйидагича бўлади:



Органик бирикмаларнинг кўплиги ва улар молекуласига турли усуллар билан бирор гуруҳни киритиш орқали таркиби ва тузилишини ўзгартириш мумкин бўлгани сабабли органик кимё турли ионларни топиш учун сезгир ва ўзига хос реактивлар излаб топишда аналитик кимёга катта ёрдам бермоқда.

### 5.5. Кимёвий анализда қўлланиладиган органик реагентлар

Органик реагентлар сифат анализда ҳам, шунингдек, миқдорий анализда ҳам кенг миқёсда қўлланилмоқда. Улар

юқори сезгирликка эгаллиги ва ўзининг селектив таъсири билан ажралиб туради. Органик реагентлар одатдаги про-биркада бажариладиган анализ методидан ташқари томчи, фотометрик, хроматографик анализ методларида ҳам кенг фойдаланилади. Гравиметрик (тортма) анализда улар чўкти-рувчи реагент сифатида ишлатилади. Органик реагентлар юқори молекуляр массага эга бўлгани сабабли, чўктирилувчи ион-нинг нисбатан кам миқдорда бўлишига қарамай, гравиметрик анализнинг аниқлигини етарли даражада оширади. Кўп сондаги органик реагентлар индикаторлар сифатида ишлатилади.

Кимёвий анализда қўлланиладиган органик реагентлар кўп сонли ва хилма-хилдир. Булардан баъзиларини қуйида келтирамиз:

**Ализарин**  $C_{14}H_6O_2(OH)_2$  алюминий гидроксиди билан қийин эрувчан ёрқин қизил рангли (“алюминий локи” деб аталувчи) бирикма беради.

**Арсеназо**  $C_{16}H_{11}O_{11}N_2S_2AsNa_2$  алюминий катиони билан бинафша рангли бирикма ҳосил қилади.

**Бензидин**  $C_{12}H_8(NH_2)_2$  хром (VI) ёки марганец (VII) катионлари таъсиридан оксидланиб, кўк рангли бирикма-лар ҳосил қилади.

**Диметилглиоксим**  $C_4H_8N_2O_2$  (Чугаев реактиви деб ҳам номланади)  $Ni^{2+}$  катиони, шунингдек,  $Fe^{2+}$  ва  $Pd^{2+}$  катионларини очишда ишлатилади, бу катионлар билан ўзига хос тиниқ рангли кристалл чўкмалар беради.

**Дипикриламин**  $[C_6H_2(NO_2)_3]_2 NH K^+$  катионлари билан олов рангли-қизил майда кристаллик чўкма беради.

**Дифениламин**  $(C_6H_5)_2NH$  нитрат  $NO_3^-$  ионлари таъси-рида оксидланиб, тўқ кўк рангли маҳсулот ҳосил қилади.

**Дифенилглюкокарбозон (дитизон)**  $C_6H_5-NH-NHCSN-NC_6H_5$ . Бу кўпинча 3-аналитик гуруҳ катионларини очишда қўлла-ниладиган реагентдир.

**Диэтилдитиофосфат кислотаси**  $(C_2H_5O)_2 PSSH$  - мис, висмут катионлари учун рангли реакциялар бажаришда қўлланилади.

**Натрий диэтилдитиокарбоминат**  $(C_2H_5)_2NCS_2Na$  мис (II) ва никел (II) катионлари учун органик реагент сифатида ишлатилади.

**Нитрон**  $(C_6H_5)_3 CN_4CH$  ацетатли эритмалардан нитрат ионни нинасимон кристаллар ҳолида чўктиради.

**Родамин**  $C_{24}H_{21}N_2O_3Cl$  сурма (V)нинг хлоридли комплекс бирикмалари таъсирида ўзининг пушти рангини қўқ ёки бинафша рангга ўзгартиради.

**8-Оксихиволин**  $C_9H_6NOH$  аммиакли эритмалардан магний тузларини яшил-сарғиш тусдаги кристаллик чўкма ҳолида чўктиради.

Органик реагентлар ёрдамида аноганик реагентлар билан анализ қилиш имконияти бўлмаган аралашмалар таркибини аниқлаш мумкин.

## Саволлар

1. Комплекс бирикмалар тузилишининг координацион назарияси моҳияти қандай?

2. Комплекс бирикмаларнинг диссоциланиш босқичлари ва улар қайси йўсинда боради?

3. Беқарорлик константаси нимани билдиради?

4. Комплекс ҳосил бўлиш жараёнларидан қандай мақсадларда фойдаланиш мумкин?

5. Ионларни “ниқоблаш” деганда нима тушунилади?

6. Ички комплекслар деб қандай бирикмаларга айтилади?

7. Ички комплекс бирикмаларининг турларини изоҳланг.

8. Органик реагентларнинг афзалликлари нималардан иборат?

## Тестлар

1. Гексаамминкобалт (III) хлорид  $[Co(NH_3)_6]Cl_3$  комплекс тузидаги комплекс ҳосил қилувчининг заряди нечага тенг?

А) +3;

В) -3;

С) +6;

Д) +1;

Е) +4.

2. Калий гексацианоферрат  $K_4[Fe(CN)_6]$  комплекс тузидаги комплекс ҳосил қилувчи ва унинг зарядини кўрсатинг.

А)  $K^+$ ;



- В)  $\text{Fe}^{2+}$ ;
- С)  $\text{Fe}^{3+}$ ;
- Д)  $\text{CN}^-$ ;
- Е)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

3. Натрий гексанитрокобалтат (III)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  комплекс тузи таркибидаги комплекс ион ва унинг зарядини кўрсатинг.

- А)  $\text{Na}^+$ ;
- В)  $\text{Co}(\text{NO}_2)_6^{2-}$ ;
- С)  $\text{Co}(\text{NO}_2)_6^{3-}$ ;
- Д)  $\text{Co}^{3+}$ ;
- Е)  $\text{CN}^-$ .

4. Калий дицианоаргентат  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$  нинг таркибидаги комплекс ҳосил қилувчининг координацион сони қанча?

- А) 1;
- В) 0;
- С) 4;
- Д) 2;
- Е) 6.

5. Комплекс туз-натрий гексанитрокобалтат (III)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  нинг координацион сони нечага тенг?

- А) 0;
- В) 1;
- С) 3;
- Д) 4;
- Е) 6.

6. Комплекс бирикмаларнинг диссоциланиши қандай, электролитларнинг диссоциланишига ўхшаш бўладими?

- А) Кучли электролитларга ўхшаш;
- В) Кучсиз электролитларга ўхшаш;
- С) Ҳам кучли, ҳам кучсиз электролитларга ўхшаш;
- Д) Умуман диссоциланмайди.

7. Комплекс бирикмаларнинг биринчи босқич бўйича диссоциланиши жараёни қандай боради?

- A) Қайтар, кучли электролитларга ўхшаш;
- B) Қайтмас, кучли электролитларга ўхшаш;
- C) Қайтар, кучсиз электролитлар каби;
- D) Қайтмас, кучсиз электролитлар каби;
- E) Умуман биринчи босқичда диссоциланмайди.

8. Комплекс ионларнинг диссоциланиш жараёни қандай боради?

- A) Қайтар, кучли электролитларга ўхшаш;
- B) Қайтмас, кучсиз электролитларга ўхшаш;
- C) Қайтмас, кучли электролитлар каби;
- D) Қайтар, кучсиз электролитлар каби;
- E) Диссоциланмайди.

9. Концентрацияси 1 мол/л бўлган комплекс туз-тетра-аминорух хлорид  $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$  эритмасидаги рух ионлари концентрациясини ҳисобланг. Комплекс ионнинг беқарорлик константаси  $2 \cdot 10^{-9}$  га тенг.

- A)  $6 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- B)  $2 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- C)  $6 \cdot 10^{-3}$  мол/л;
- D)  $4 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- E)  $3 \cdot 10^{-7}$  мол/л.

10. 0,1 М эритмадаги қумуш ионлари концентрацияси  $[Ag^+] = 5,5 \cdot 10^{-3}$  мол/л бўлса, комплекс бирикма  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$  нинг беқарорлик константасини ҳисобланг.

- A)  $3,8 \cdot 10^{-8}$ ;
- B)  $1,9 \cdot 10^{-7}$ ;
- C)  $7,6 \cdot 10^{-8}$ ;
- D)  $3,8 \cdot 10^{-6}$ ;
- E)  $4 \cdot 10^{-9}$ .

11.  $K_2[HgCl_4]$  нинг 0,1 М эритмасидаги  $Hg^{2+}$  ионлари концентрациясини аниқланг.

- A)  $11,9 \cdot 10^{-3}$  мол/л;
- B)  $1,19 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- C)  $5,8 \cdot 10^{-4}$  мол/л;
- D)  $11,9 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- E)  $11,9 \cdot 10^{-4}$  мол/л.

12.  $K[Ag(CN)_2]$  нинг  $0,1 \text{ M}$  эритмадаги  $Ag^+$  ионлари концентрациясини ҳисобланг.

- А)  $29,2 \cdot 10^{-8}$  мол/л;
- В)  $0,29 \cdot 10^{-8}$  мол/л;
- С)  $2,92 \cdot 10^{-8}$  мол/л;
- Д)  $5,84 \cdot 10^{-7}$  мол/л;
- Е)  $5,84 \cdot 10^{-8}$  мол/л.

13.  $0,1 \text{ г}$  қумуш хлоридни эритиш учун  $1 \text{ M}$  аммиак эритмасидан неча миллилитр керак?

- А)  $1,46$  мл;
- В)  $7,3$  мл;
- С)  $146$  мл;
- Д)  $14,6$  мл;
- Е)  $0,146$  мл.

14.  $5 \text{ мл}$  сувдаги  $0,1 \text{ г}$  қумуш бромидни эритиш учун керак бўладиган  $CN^-$  ионларининг бошланғич концентрациясини ҳисобланг.

- А)  $2,1$  мол/л;
- В)  $0,021$  мол/л;
- С)  $0,12$  мол/л;
- Д)  $1,2$  мол/л;
- Е)  $0,21$  мол/л.

## VI БОБ. КИМЁВИЙ АНАЛИЗДА ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИ

### 6.1. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг аналитик кимёдаги қўлланилиши

Оксидланиш-қайтарилиш (редокс) реакциялари сифат анализида ионларни аниқлашда кенг қўлланилади, чунки бундай реакциялар кўпинча сезиларли ташқи эффект — эритма рангининг ўзгариши, чўкманинг ҳосил бўлиши ёки йўқолиши, газ ажралиб чиқиши билан боради. Масалан,  $Mn^{2+}$  катиони унга хос бўлган  $MnO_4^-$  ионигача оксидлаш реакцияси асосида топилади, бунда эритма қизғиш пушти рангга киради. Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари, шунингдек, ионларни ажратиш ва қийин эрийдиган бирикмаларни эритмага ўтказишда кенг қўлланилади. Чунончи, катионлар анализида хром катионларини темир, марганец ва бошқа баъзи бир катионлардан ажратиш учун уни ишқорий муҳитда водород пероксид ёрдамида эритмага ўтадиган  $CrO_4^{2-}$  анионигача оксидланади ва эритмадан хром ионлари топилади.

Миқдорий анализда оксидланиш-қайтарилиш реакциялари редоксиметрия методларининг асосини ташкил қилади.

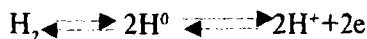
Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари ўзаро таъсир этувчи моддалар таркибидаги атом ёки ионлар оксидланиш даражаларининг ўзгариши билан боради. Элементлар ёки уларнинг ионларининг оксидланиш даражалари ўзгариши электронларни бир атом ёки ионлардан бошқаларига ўтиши сабабли бўлади. Электронлар ўтишини икки усул билан амалга ошириш мумкин: кимёвий ва электрокимёвий.

Кимёвий усулда эритма рангининг ўзгариши, газсимон моддаларнинг ҳосил бўлиши ёки чўкманинг ҳосил бўлиши билан борадиган сифат ўзгаришларни кузатиш мумкин.

Электрокимёвий усулда электронларнинг ўтиши галваник элементнинг иши натижасида юз беради. Бунда қай-

тарувчининг электронлари ўтказгич орқали оксидловчига ўтади ва системада электр токи ёки галваник элементнинг электр юритувчи кучи (Э.Ю.К) ҳосил бўлишига олиб келади. Шу сабабли айрим оксидловчи ва қайтарувчиларнинг кимёвий активлиги ҳақида нормал водород электроди ҳамда текшириляётган оксидловчи ёки қайтарувчи электроддан тузилган галваник элементнинг электр юритувчи кучи қиймати асосида хулоса қилиш мумкин.

Стандарт водород электрод сирти электролитик йўл билан аморф платина қопланган квадрат шаклдаги платина фолгасидан иборат. Бундай платина фолгаси ўз сиртида кўп миқдордаги водородни ютади, шу сабабли бу водород электрод вазифасини бажаради. Водород платина электродга адсорбиланиб, атомларга диссоциланади, атомлар эритмага ўтиб ионлар ҳосил қилади:



Бу жараён қайтар бўлганлиги сабабли, стандарт водороднинг оксидланиши ҳам, шунингдек, водород ионларининг молекуляр водородгача қайтарилиши ҳам бориши мумкин.

Платина фолгаси ярмигача хлорид кислотанинг 1,25N эритмасига ёки сульфат кислотанинг 2N эритмасига ботирилган бўлади. Бу эритмалар водород ионларининг актив концентрациясига нисбатан стандарт ҳисобланади. Эритмалар орқали узлуксиз тарзда 101,3 кПа босим остида қўшимчалардан тозаланган водород оқими ўтказилиб туради. Водород гази фолгани ювиб туради, шу сабабли платина қопламаси доимо водород билан тўйинган бўлади.

Стандарт водород электроднинг потенциали шартли нолга тенг деб қабул қилинган. Шу сабабли ўлчаниши лозим бўлган электроднинг потенциали тузилган галваник элементнинг электр юритувчи кучига тенг бўлади. Стандарт водород электрод билан қандайдир бошқа электродни улаб галваник элемент ҳосил қиламиз, бу элементнинг электр юритувчи кучини вольтметр ёки потенциометр ёрдамида осон ўлчаш мумкин.

## 6.2. Оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари (редокс-потенциаллар)

Галваник элементда электр токининг ҳосил бўлишини галваник элементлар назарияси тушунтириб беради.

Маълумки, металл сувга ёки шу металл ионлари бор эритмага туширилса, металл сиртидан маълум даражада атомлар ионлар ҳолида эритмага ўтади, сув эса катионларни гидратлаб, уларни эритмада ушлаб туради. Ўз навбатида, эритмада бўлган металл катионлари ҳаракат қилиб, металл сирти билан тўқнашади ва тортишиш кучлари таъсирида металл юзасида ушлаб қолинади.

Металлдан эритмага ион-атомлар ўтиши натижасида металл пластинкаси манфий зарядланиб қолади, чунки унда ортиқча электронлар қолади. Бунинг натижасида эритмага ўтган катионлар билан металл пластинкаси ўртасида электростатик тортишиш кучи вужудга келади. Катионлар металл сиртига тегиб турган эритма қаватида ушлаб турилади, металлнинг эритма билан туташган чегарасида икки электрик қават ҳосил бўлиб, бу қават металлнинг янада эришига қаршилик қилади. Бошқа томондан, металл юзасида катионлар ажралиши натижасида металл мусбат зарядланади ва эритмадаги анионларни ўзига тартади. Бунинг натижасида металлнинг эритма билан тўқнашган чегарасида ҳам икки электрик қават ҳосил бўлади. Ўз тузи эритмасига туширилган металл заряди қиймати ва унинг ишораси энергияларнинг қайси бири гидратланиш энергияси ёки кристаллик панжаранинг энергияси нисбатан каттароқ бўлишига боғлиқ бўлади. Агар гидратланиш энергияси кристаллик панжара энергиясига нисбатан каттароқ бўлса, бошланғич дақиқаларда металлдан эритмага ўтадиган катионларнинг миқдори металл юзасига чўкадиган ионлар миқдоридан кўп бўлади, бинобарин, металл манфий зарядланади. Бордию, кристаллик панжара энергияси гидратланиш энергиясидан катта бўлса, металл юзаси унда катионларнинг ажралиши ҳисобига мусбат зарядланиб қолади.

Шундай қилиб, ўз тузи эритмасига туширилган металл ҳамма вақт эритмага нисбатан қандайдир потенциалга эга бўлади. Шу сабабли, ўз тузи эритмасига туширилган металлни манфий ёки мусбат потенциалга эга бўлган электрод деб ҳисоблаш мумкин.

Потенциалнинг қиймати ва ишораси металлнинг хоссаларига, унинг кристаллик панжараси энергиясига боғлиқ бўлади. Масалан, рухнинг потенциали никел, кобалт, мис каби металлларнинг потенциалларига нисбатан бирмунча манфийроқ қийматга эга.

Бошқа томондан, металл потенциали ишораси ва қиймати эритмадаги металл билан бир исмли ионларнинг концентрацияга кўп даражада боғлиқ бўлади. Ионларнинг концентрацияси қанчалик катта бўлса, уларнинг металл сирти билан тўқнашиши шунчалик кўп бўлади ва сиртда кристаллик панжара кучлари томонидан ушлаб қолинади, металлнинг потенциали шунчалик мусбатроқ қийматга эга бўлади.

Металл потенциалининг эритмадаги бир исмли ионлар концентрациясига боғлиқлигини ифодаловчи тенглама 1889 йил В. Нернст (немис олими) томонидан келтириб чиқарилди:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln C,$$

бу ерда,

$E$  – металл электроднинг потенциали;

$E_0$  – ўз тузининг активликлари ҳам гипатетик 1 М бўлган эритмасига туширилган айни металлнинг стандарт потенциали;

$R$  – газ доимийлиги (8,313 ж/мол град);

$T$  – абсолют температура (273,15°К);

$F$  – Фарадей сони (96 500 Кл/мол);

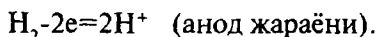
$n$  – металл томонидан йўқотиладиган ёки қабул қилинадиган электронлар сони;

$C$  – эритмадаги айни металл ионларнинг концентрацияси (мол/л).

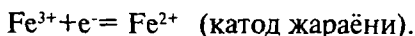
Электрод потенциалини бевосита ўлчаб бўлмайди. Шунинг учун стандарт водород электроднинг потенциали шартли нолга тенг деб ҳисобланади ва у билан бошқа ҳар хил металллардан тайёрланган электродларнинг потенциаллари солиштирилади. Металлнинг ўз тузининг 1 М эритмасига туширилгандаги потенциали айни металлнинг стандарт потенциали деб аталади. Стандарт потенциалларининг алгебраик қийматлари ошиб бориб, тартибда жойлаштирил-

ган металллар қатори металлларнинг электрокимёвий кучланиш қатори номи билан юритилади. Бинобарин, металлларнинг электрокимёвий кучланишлар қатори, стандарт водород электрод потенциалига нисбатан аниқланган стандарт электрод потенциаллари қаторининг ўзидир.

Ионларнинг оксидланган ва қайтарилган шаклларида иборат жуфтларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциали (редос-потенциали) ни кўриб чиқайлик. Бунинг учун стандарт водород электрод билан текшириладиган жуфтдан иборат электроддан галваник элемент тузамиз. Кимёвий стаканга тенг ҳажмдаги  $\text{FeCl}_3$  ва  $\text{FeCl}_2$  нинг бир хил 1М молярликдаги эритмаларнинг аралашмаси солинади ва унга платина электрод туширилади. Сўнгра стандарт водород электрод сим орқали оксидланиш-қайтарилиш жуфтидан иборат электродга уланади. Бу занжирга галваник элементнинг электр юритувчи кучини ўлчаш учун милливольтметр уланади. Ҳар бир ярим элемент бир-бири билан  $\text{KCl}$  эритмаси тўлдирилган U-шаклидаги шиша най орқали бирлаштирилади. Бу электролитик кўприк орқали ионлар бир ярим элементдан иккинчисига диффузияланади, бунда галваник элементнинг ички занжири бирлаштирилади. Анодда водород молекулалари томонидан электронларни бериш жараёни, яъни водороднинг оксидланиш реакцияси боради.



Ажралган электронлар сим орқали катодга оқиб ўтади, бу электронларни  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари бириктириб олиб,  $\text{Fe}^{2+}$  ионларгача қайтарилади.



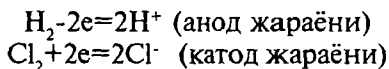
Бу галваник элементнинг электр юритувчи кучи 0,77 В бўлиб чиқади. Бу қиймат иккала жуфтларнинг стандарт оксидланиш потенциалларининг айирмасига тенг бўлганлиги учун, шундай ёзиш мумкин:

$$\text{Э.Ю.К} = E_0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) - E_0(2\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,77\text{В}.$$



Стандарт водород электрод потенциали  $E_0(2H^+ / H_2) = 0$  бўлгани учун  $E_0(Fe^{3+} / Fe^{2+})$  нинг қиймати 0,77 В бўлиб чиқади.

Агар стандарт водород электрод  $Cl_2/2Cl^-$  жуфтидан иборат электрод билан бирлаштирилса, ҳосил бўлган галваник элемент ишини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:



$Cl_2/2Cl^-$  жуфтнинг оксидланиш потенциали қиймати  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  жуфтаникига нисбатан бирмунча юқори бўлиб,  $E_0(Cl_2/2Cl^-) = +1,36$ В га тенг. Бундан электронлар бириктириб олиш қобилияти (оксидлаш фаоллиги) эркин хлорда  $Fe^{3+}$  ионларига нисбатан анча юқори, деган хулоса келиб чиқади.

Кислотали муҳитдаги  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  жуфтидан иборат электродни стандарт водород электрод билан уласа, ҳосил бўлган галваник элементнинг Э.Ю.К+1,51В га тенг бўлади, бинобарин,  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  жуфти кислотали муҳитда хлорга нисбатан янада кучли оксидловчидир.

Электронларни бир иондан бошқасига ўтиши билан боғлиқ кимёвий реакция борувчи оксидловчи-қайтарувчи жуфтнинг потенциали оксидланиш-қайтарилиш потенциали (редокс-потенциали) деб аталади.

Аналитик кимё лабораторияларида оксидловчилар сифатида қуйидаги моддалар ишлатилади: хлорли ва бромли сув,  $H_2O_2$ ,  $Na_2O_2$ ,  $Na_2S_2O_8$ ,  $(NH_4)_2S_2O_8$ ,  $HNO_3$ ,  $NaClO$ ,  $MnO_2$ ,  $NaBiO_3$ ,  $Pb_2O_4$ ,  $PbO_2$ ,  $Na_2CrO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KMnO_4$ ,  $KJO_3$ ,  $NaBrO_3$ , зар суви. Булардан ташқари, баъзи ионлар, чунончи,  $Ag^+$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  оксидловчилар ҳисобланади.

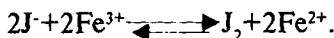
Қайтарувчилар сифатида металлик рух, темир, алюминий,  $H_2O_2$ ,  $SnCl_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2SO_3$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $HJ$  ишлатилади. Шунингдек,  $Fe^{2+}$ ,  $Ti^{3+}$ ,  $Cr^{2+}$  ва бошқа ионлар ҳам қайтарувчи ҳисобланади.

### 6.3. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг йўналиши

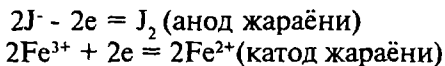
Оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари оксидловчи ва қайтарувчининг фаоллиги тўғрисида миқдоран хулоса чи-

қаришга имкон беради. Оксидловчи ва қайтарувчининг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари орасидаги фарқ мусбат қийматга эга бўлса, яъни  $E = E_{\text{оксидловчи}} - E_{\text{қайтарувчи}} > 0$  бўлганда, оксидланиш-қайтарилиш реакциялари белгиланган йўналишда боради. Оксидловчи ва қайтарувчи потенциаллари орасидаги фарқ қанча катта бўлса, айти оксидланиш-қайтарилиш реакциясининг бориш эҳтимоллиги шунчалик юқори бўлади. Қуйидаги бир неча мисолларда оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг йўналишига ва кетма-кет боришига оксидланиш-қайтарилиш потенциалларининг таъсири кўриб чиқилади.

**1-мисол.** Қуйидаги реакциянинг бориш имкониятини аниқланг:

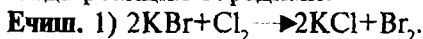


**Ечиш.**  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  жуфтнинг оксидланиш потенциали  $+0,77$  В бўлиб,  $J_2/2J$  жуфтнинг  $E_0(J_2/2J) = 0,54$ В дан катта. Бу икки жуфтан гальваник элемент тузилса, манфий қутб (анод)  $J_2/2J$  жуфти, мусбат қутб (катод)  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  жуфти бўлиб қолади:



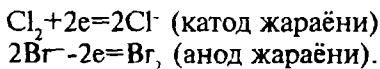
Реакция иод ионларининг эркин иодгача оксидланиши ва  $Fe^{3+}$  ионлари  $Fe^{2+}$  гача қайтарилиши билан боради. Бу моддалар эритмалари аралаштирилганда, реакция айти шу йўналишда боради.

**2-мисол.** Хлорли сув билан калий бромид КВг эритмаси ўртасида реакция борадими?

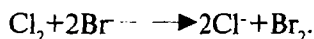


Жуфтларнинг редокс-потенциаллари топилади.  $E_0(Br_2/2Br^-) \approx 1,09$ В,  $E_0(Cl_2/2Cl^-) = 1,36$ В, чунончи,  $1,36$  В  $> 1,09$ В бўлгани учун жараён бориши мумкин.

2) Қандай ярим реакциялар бориши ёзилади:



3) Реакциянинг умумий тенгламаси ёзилади:



Реакция  $\text{Br}^-$  ионини эркин бром  $\text{Br}_2$  гача оксидланиши йўналишида боради ва эритма ёрқин қўнғир рангга киради.

**3-мисол.**  $\text{NO}_3^-$  ион таъсирида ( $\text{NO}$  гача қайтарилса)  $\text{Cr}^{3+}$  ионини  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ионигача оксидлаш мумкинми?

**Ечиш.** 1) Жадвалдан жуфтларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари топилади:

$$E^\circ(\text{NO}_3^- / \text{NO}) = +0,96\text{В}$$

$$E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}) = +1,33\text{В}$$

Бинобарин,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  иони  $\text{NO}_3^-$  ионига нисбатан кучлироқ оксидловчи ҳисобланади. Нитрат кислота хром (III) тузларини оксидлай олмайди.

Кўпгина ҳолларда ўзаро таъсирлашувчи аралашмаларда бир неча қайтарувчи ва оксидловчилар иштирок этади. Қайтарувчилардан қайси бири биринчи навбатда оксидланади ва оксидловчилардан қайси бири нисбатан фаол ҳисобланишини мисолларда кўрайлик.

**1-мисол.** Текширилаётган эритмада  $\text{J}^-$ ,  $\text{Br}^-$  ва  $\text{Cl}^-$  ионлари мавжуд. Булар қандай кетма-кетликда  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Cl}_2$  ва  $\text{HNO}_2$  лар билан реакцияга киришади?

**Ечиш.** 1) Мазкур ионларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари топилади:

$$E^\circ(\text{J}_2 / 2\text{J}^-) = +0,536\text{В}; E^\circ(\text{Br}_2 / 2\text{Br}^-) = +1,087\text{В}$$

$$E^\circ(\text{Cl}_2 / 2\text{Cl}^-) = +1,36\text{В}.$$

2) Стандарт оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари жадвали шуни кўрсатадики,  $\text{MnO}_4^-$  кислотали муҳитда  $E^\circ = +1,51\text{В}$  стандарт оксидлаш потенциалига эга бўлгани учун эритмада бўлган ҳамма галогенид ионларини оксидлайди. Эркин хлорнинг  $E^\circ = +1,36\text{В}$  бўлгани учун  $\text{J}^-$  ва  $\text{Br}^-$  анионларини оксидлай олади. Нитрит кислотанинг стандарт оксидлаш потенциаллари  $+0,99\text{В}$  га тенг бўлгани учун фақат  $\text{J}^-$  анионларини оксидлаб,  $\text{Br}^-$  ва  $\text{Cl}^-$  анионларини оксидлай олмайди.

**2-мисол.** Таркибида  $\text{Br}^-$ ,  $\text{J}^-$  ва  $\text{S}^{2-}$  ионлари бўлган эритмага хлорли сув қўшилди. Оксидлаш жараёни қандай кетма-кетликда боради?

**Ечиш.** 1) Стандарт оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари жадвалидан мазкур қайтарувчиларнинг потенциаллар қийматини аниқланади:

$$E^{\circ}(Br_2/2Br^-) = +1,087B; \quad E^{\circ}(J_2/2J^-) = +0,536B$$

$$E^{\circ}(S/S^{2-}) = -0,48B; \quad E^{\circ}(Cl_2/2Cl^-) = +1,36B.$$

Хлорнинг оксидлаш потенциали бошқа жуфтларнинг редокс-потенциалидан юқори бўлганлиги учун хлорли сув эритмадаги кўрсатилган анионларнинг барчасини оксидлайди.

2) Шуни айтиш мумкинки, аввало  $S^{2-}$  анионлари оксидланади, чунки улар нисбатан кучли қайтарувчилардир. Сўнгра  $J$  ионлари оксидланади. Шундан кейингина  $S^{2-}$  ва  $J^-$  ионларнинг ҳаммаси амалда оксидланиб бўлгач,  $Br^-$  анионлари оксидланади.

Ҳар қандай оксидловчининг таъсири биринчи навбатда эритмада бўлган қайтарувчиларнинг нисбатан кучлироғига йўналади. Шунингдек, ҳар қандай қайтарувчини таъсири биринчи навбатда нисбатан фаолроқ оксидловчига йўналади.

Демак, аيني шароитда борадиган оксидланиш-қайтарилиш жараёнларидан жуфтларнинг оксидланиш потенциаллари орасидаги фарқ катта бўлганлари биринчи навбатда боради.

## Саволлар

1. Қандай реакциялар оксидланиш-қайтарилиш реакциялари ҳисобланади?

2. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларнинг сифат ва миқдорий анализда қўлланилиши.

3. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида электронлар ўтишининг икки усули: кимёвий ва электрокимёвий усулларини тушунтиринг.

4. Стандарт водород электроднинг ишлаш механизми қандай?

5. Галваник элементнинг тузилиши ва унинг электр юритувчи кучи қандай ўлчанади?

6. Металлнинг электрод потенциали қандай вужудга келади, унинг қиймати ва ишораси қандай омилларга боғлиқ бўлади?

7. Электрод потенциалларининг эритмадаги шу металл иони концентрациясига боғлиқлиги қандай тенглама билан ифодаланади?

8. Стандарт электрод потенциали деб қандай потенциалга айтилади?

9. Оксидланиш-қайтарилиш потенциали (редокс-потенциал) нима?

10. Типик оксидловчилар ва қайтарувчиларга мисоллар келтиринг.

11. Оксидланиш-қайтарилиш реакциялари боришининг редокс-потенциалларга боғлиқлигини тушунтиринг.

12. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг қандайлари биринчи навбатда боради?

13. Натрий сульфит  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  симоб (I) хлорид билан қайси йўналишда ўзаро таъсирлаша олади?

14.  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  ни  $(\text{NH}_4)_2 \text{S}_2\text{O}_8$  таъсирида  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  гача оксидлаш реакциясини амалга ошириш мумкинми?

15.  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  ва бромли сув ўрталарида реакция борадими? Редокс реакциялар тенгламаларини ёзинг.

## Тестлар

1. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини тавсифлаш учун қандай катталиқдан фойдаланилади?

- А) Элементларнинг электроманфийлик қийматидан;
- В) Редокс-потенциаллар қийматидан;
- С) Қабул қилинган электронлар сони;
- Д) Йўқотилган электронлар сонидан;
- Е) Оксидланиш даражаси қийматидан.

2. Стандарт редокс-потенциал деб нимага айтилади?

- А) Жуфтнинг  $0^\circ\text{C}$  ҳароратда ўлчанган потенциали;
- В) Жуфтнинг  $18-25^\circ\text{C}$  ҳароратда ўлчанган потенциали;
- С) Жуфтнинг  $18-25^\circ\text{C}$  ҳароратда жуфт ионларнинг актив концентрациялари  $1 \text{ мол/л}$  бўлгандаги стандарт водород электродга нисбатан ўлчанган потенциали;
- Д) Жуфтнинг  $0^\circ\text{C}$  ҳароратда, ионларнинг актив концентрациялари  $1 \text{ мол/л}$  га тенг ўлчанган потенциали;

Е) Жуфтнинг хоҳлаган концентрациясидаги ўлчанган потенциали.

3. Электр юритувчи куч (Э.Ю.К) нинг қандай қийматида оксидланиш-қайтарилиш жараёни боради?

- А) Э.Ю.К=0;
- В) Э.Ю.К<0;
- С) Э.Ю.К=1;
- Д) Э.Ю.К>0;
- Е) Э.Ю.К нинг ҳар қандай қийматида.

4. Бромид-, йодид- ва сульфид-ионлари бор эритмага хлорли сув қўшилса, оксидланиш жараёни қандай кетма-кетликда боради?

- А) Сульфид, бромид, йодид ионлари;
- В) Бромид, йодид, сульфид ионлари;
- С) Сульфид, йодид, бромид, ионлари;
- Д) Йодид, бромид, сульфид ионлари;
- Е) Ҳаммаси бирданга.

5. Стандарт редокс-потенциаллар қиймати асосида йоднинг суви эритмаси қайси ионларни оксидлашини аниқланг.

- А) Сульфид ионлари;
- В) Хром (III) ионлари;
- С) Бромид ионлари;
- Д) Арсенит ионлари;
- Е) Нитрат ионлари.

6. Стандарт редокс-потенциаллар жадвалидан фойдаланиб, қуйидаги кўрсатилган моддалардан қайси бирини калий хлорат билан оксидлаб бўлмаслигини аниқланг.

- А) Темир(II)-сулфат;
- В) Калий бромид;
- С) Хром(III)-сулфат;
- Д) Қалай(II)-хлорид;
- Е) Олтин.

7. Реал потенциални ҳисоблаш тенгламаси ким томондан қачон таклиф қилинган?

- А) Аррениус, 1887 йилда;

- В) Нернст, 1889 йилда;
- С) Оствалд, 1894 йилда;
- Д) Шилов, 1903 йилда;
- Е) Бор, 1913 йилда.

8. Куйидаги формуладан қандай катталикини ҳисоблаш

мумкин? 
$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \cdot \lg \frac{C_{\text{оксид}}}{C_{\text{кайт}}}$$

- А) Реал редокс-потенциални;
- В) Стандарт редокс-потенциални;
- С) Реакциянинг электр юритувчи кучини;
- Д) Галваник элементнинг электр токи қийматини;
- Е) Металлнинг стандарт электрод потенциални.

9. Реал электрод потенциалнинг қиймати қандай омилларга боғлиқ бўлади?

- А) Концентрацияга;
- В) Ҳароратга;
- С) Концентрация, температура ва эритманинг рН қийматига;
- Д) Эритманинг рН қийматига;
- Е) Ҳарорат ва эритманинг рН қийматига.

10.  $[MnO_4^-]=0,1$  мол/л,  $[Mn^{2+}]=0,01$  мол/л ва эритма рН=2 бўлгандаги  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  жуфтнинг оксидлаш потенциали қийматини ҳисобланг.

- А) 0,1406 В;
- В) 1,406 В;
- С) 1,510 В;
- Д) 0,703 В;
- Е) 1,046 В.

11. Агар  $[Cr_2O_7^{2-}]=[Cr^{3+}]=1$  мол/л ва эритма рН=2 бўлса,  $Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+}$  жуфтнинг редокс-потенциали нечага тенг бўлади?

- А) 0,74 В;
- В) 1,33 В;
- С) 0,59 В;
- Д) 1,06 В;
- Е) 0,53 В.

12.  $[Br_2]=0,21$  мол/л ва  $[Br^-]=0,012$  мол/л бўлса,  $Br_2/2Br^-$  жуфтнинг редокс-потенциалини ҳисобланг.

- A) 1,065 В;
- B) 0,634 В;
- C) 1,627 В;
- D) 0,915 В;
- E) 1,267 В.

13. Агар эритмадаги  $[Sn^{4+}]=0,2$  мол/л,  $[Sn^{2+}]=0,002$  мол/л бўлса,  $Sn^{4+}/Sn^{2+}$  жуфтнинг редокс-потенциали қандай қийматга эга бўлади?

- A) 0,209 В;
- B) 0,150 В;
- C) 2,09 В;
- D) 0,103 В;
- E) 0,075 В.

14. Галваник элемент стандарт водород электроди ва  $Ni^{2+}/Ni^0$  жуфтдан тузилган. Агар  $Ni^{2+}$  ионлари концентрацияси 0,01 мол/л бўлса, галваник элементнинг электр юритувчи кучи қандай бўлади?

- A) -0,25 В;
- B) -0,289 В;
- C) -0,145 В;
- D) -0,125 В;
- E) -2,89 В.



## И к к и н ч и қ и с м

### СИФАТ АНАЛИЗИ

## VII БОБ. СИФАТ АНАЛИЗИНИНГ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ

### 7.1. Аналитик реакцияларни бажариш усуллари

Текшириладиган моддалар турли агрегат ҳолатларда (қаттиқ, суюқ ва газсимон) бўлиши мумкин. Шунга бинан, сифат аналитик реакциялари «қуруқ» ва «жўл» йўл билан бажарилиши мумкин.

«Қуруқ» йўл билан ўтказиладиган анализ қаттиқ моддалар билан бажарилади. Бу йўл пирокимёвий анализ ва ишқалаш методи билан бажариладиган анализларга бўлинади.

Пирокимёвий (грекча «пир» - олов) анализ текшириладиган моддани газ горелкаси алангасида қиздириш билан бажарилади. Бу анализни икки усулда амалга ошириш мумкин: рангли мунчоқлар (шишалар) ҳосил қилиш ва алангани бўяш реакциялари.

**Рангли мунчоқлар (шишалар) ҳосил қилиш.** Металларнинг бир қатор тузлари ва оксидлари суюқлантирилган натрий-аммоний гидрофосфат  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ёки натрий тетраборат  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  да эриганда шиша (мунчоқ)лар ҳосил қилади. Уларнинг рангини кузатиб, текширилаётган модда таркибида қандай элементлар борлигини кўрсатиш мумкин. Чунончи, хром бирикмалари - яшил мунчоқлар; кобальт бирикмалари - тўқ кўк мунчоқлар; марганец бирикмалари - бинафша мунчоқлар; темир бирикмалари – сариқ-қўнғир мунчоқлар; никел бирикмалари – қизғиш-қўнғир мунчоқлар ҳосил қилади.

Мунчоқлар олиш қуйидагича бажарилади. Шиша найчага кавшарланган платина ёки ниҳром сим учи спирал ҳолида газ алангасида чўғлантирилиб, натрий тетраборат тузи крис-

талларига ботирилади. Тузнинг бир қисми симда суюқланади ва унга ёпишиб қолади. Сўнгра симни кристаллар билан аввал газ алангаси устида ушлаб турилади, сўнгра аланганинг рангсиз қисмига киритилиб, тиниқ мунчоқ ҳосил қилинади. Қизиган мунчоқ текшириладиган моддага теккизилади, алангада олинган модда тўлиқ эриб кетгунча қиздирилади. Ҳосил бўлган шишанинг ранги иссиқ ҳолатда ва совиганда кузатилади.

**Аланганинг бўялиш реакцияси.** Кўпчилик металлларнинг учувчан тузлари газ алангасининг рангсиз қисмига киритилса, аланга шу металлларга хос бўлган турли рангларга бўялади. Жумладан, платина симга юқтирилган натрий тузлари газнинг рангсиз алангасига тутилса, алангани тўқ сариқ рангга, калий тузлари — бинафша рангга, стронций тузлари — оч қизил рангга, барий тузлари — яшил рангга, кальций тузлари — қизил гишт рангга бўяйди. Аланга қандай рангга бўялишига қараб текширилаётган модда таркибидаги изланаётган элементларни аниқлаш мумкин.

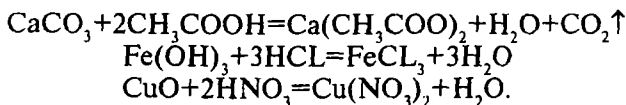
**Анализнинг ишқалаш методи** 1898 йил Ф.М. Флавицкий (1848—1917 й.й.) томонидан тавсия қилинган бўлиб, бунда топилиши лозим бўлган элементларнинг рангли бирикмалари ҳосил бўлиш реакцияларидан фойдаланилади. Ишқалаш методида текшириладиган қаттиқ модда чинни ҳовончга солиниб, тенг миқдордаги қаттиқ реагент билан аралаштирилиб, ҳовонча дастаси билан ишқаланади. Реакция натижасида одатда рангли бирикмалар ёки ўзига хос ҳидли бирикмалар ҳосил бўлади ва шунга қараб, аниқланувчи қандай ион борлиги тўғрисида фикр қилинади.

Масалан, таркибида темир бирикмалари бўлган текшириладиган модда кукунни роданид аралашмаси билан ишқаланганда қизғиш-қўнғир рангли бирикма, бордию текширилаётган модда таркибида кобальт бирикмалари бўлса, кўк рангли бирикмалар ҳосил бўлади. Ацетат кукунни натрий бисульфат билан аралаштириб эзилса, ўзига хос ҳидга эга бўлган сирка кислота ҳосил бўлиши кузатилади.

Сифат анализида «куруқ» йўл билан ўтказиладиган реакциялар ёрдамчи вазифани бажаради, улардан одатда дастлабки синаб кўришларда фойдаланилади.

Лаборатория шароитларида одатда, эритмаларда борадиган реакцияларга асосланган «ҳўл» йўл билан бажари-

ладиган анализ қўлланилади. Ўз-ўзидан тушунарлики, бунда текшириладиган модда олдиндан эритилган бўлиши керак. Эритувчи сифатида одатда, дистилланган сув ишлатилади, агар модда сувда эримаса, бу ҳолда сирка, хлорид, нитрат ва бошқа кислоталар ишлатилади. Кислоталар билан текширилувчи модда (туз, гидроксид ёки оксид) кимёвий таъсирлашиб, осон эрийдиган бирикмаларга айланади:



Ҳосил бўлган эритмалардан у ёки бу изланаётган ионлар сифат томонидан топилади. Сифат анализи учун кимёвий реакцияларнинг ҳаммаси ҳам яроқли бўла олмайди. Кимёвий жараён бораётганлигини кўрсатувчи ҳар хил ўзгаришлар билан борадиган, яъни кузатиш мумкин бўлган қандайдир ташқи эффект билан кетадиган реакциялар аналитик реакциялар ҳисобланади. Бундай ташқи эффектлар: анализ қилинувчи эритма рангининг ўзгариши; чўкма ҳосил бўлиши ёки чўкманинг эриб кетиши; ўзига хос ҳидга ёки ранга эга бўлган газларнинг ажралишидан иборат бўлади.

Сифат анализда кўпчилик ҳолларда ионларга диссоциланувчи электролитлар, яъни туз, асос ва кислоталарнинг сувли эритмалари билан иш бажарилади. Кучли электролитлар амалда тўлиқ ионланганлиги сабабли, эритмалари аралаштирилганда реакцияга фақат ионлар киришиши мумкин. Бинобарин, электролитлар эритмалари орасида борадиган реакциялар — бу ионларнинг ўзаро таъсирлашувидир. Шу сабабли аналитик реакциялар ёрдамида кимёвий моддалар эмас, балки улар эритмада ҳосил қиладиган катионлар ва анионлар топилади.

Текширилаяётган модда миқдори, эритма ҳажми ва айрим тажрибаларни ўтказиш техникасига боғлиқ ҳолда сифат анализининг кимёвий аналитик методлари макрокимёвий анализ, микрокимёвий анализ, ярим микрокимёвий анализ, ультрамикромимёвий анализ ва бошқаларга бўлинади.

1955 йилда тоза ва амалий кимё бўйича халқаро бирлашманинг аналитик кимё бўйича шуъбаси анализ методларининг янги синфланиши ва номланишини қабул қилди (3-жадвал):

## Анализ методларининг синфланиши

Одатдаги номланиши	Янгича номланиши	Текшириладиган модда миқдори	
		г	Мл
Макроанализ	Грамм-метод	1—10	10—100
Яриммикроанализ	Сантиграмм-метод	0,05—0,5	1—10
Микроанализ	Миллиграмм-метод	0,001— $10^{-6}$	$0,1—10^{-4}$
Ультрамикроанализ	Микрограмм-метод	$10^{-6}—10^{-9}$	$10^{-4}—10^{-6}$
Субмикроанализ	Нанограмм-метод	$10^{-9}—10^{-12}$	$10^{-7}—10^{-10}$
Субультрамикроанализ	Пикрограмм-метод	$10^{-12}$	$10^{-10}$

Яриммикро- ва микрокимёвий анализ макрокимёвий анализ методларига нисбатан бир қатор афзалликларга эга: бу методлар реактивлар сарфини камайтиришга, аниқлашларнинг бажарилишини тезлаштиришга, лаборатория ҳавоси зарарли газлар билан ифлосланишининг олдини олишга имкон беради. Анализ қилинувчи намунадаги нисбий миқдорига боғлиқ ҳолда моддалар макро- ва микрокомпонентларга бўлинади. Намунадаги текширилиши лозим бўлган модданинг миқдори 0,01% дан кўп бўлса, бундай моддалар макрокомпонент, 0,01% дан кам бўлса, бундай моддалар микрокомпонентлар ҳисобланади. Намунадаги модданинг тахмин қилинган таркибий миқдорига қараб анализ методи танланади.

Ушбу дарсликда катион ва анионлар сифат анализининг яриммикрометод анализ методи бўйича бажариладиган лаборатория тажрибаларининг тавсифи келтирилади.

## 7.2. Аналитик реакцияларнинг бажарилиш шароитлари, уларнинг сезгирлиги ва ўзига ҳослиги

Аналитик реакцияларни ўтказиш учун унга шароит яратилиши лозим бўлади, чунки ҳосил бўладиган реакция маҳсулотлари шу шароитларга боғлиқ бўлади.

Аналитик реакцияларни амалга оширишнинг энг муҳим шарт-шароитларидан бири шу реакциялар учун зарур муҳит бўлиб, керак бўлган тақдирда эритмага ишқор ёки кислота қўшиб, зарур муҳит ҳосил қилиш мумкин.

Реакцияларни амалга оширишнинг иккинчи муҳим шарт эритманинг маълум ҳароратини ушлаб туришдир. Кўпчилик аналитик реакциялар «совуқда», яъни уй ҳароратида, баъзан эритмани совуқ сув ёрдамида совитиб ба- жарилади. Баъзи сифат анализидаги реакцияларни маълум ҳароратга қиздириб амалга ошириш мумкин.

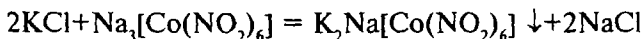
Эритмадаги ионлар концентрациясининг етарли даражада бўлиши ҳам аналитик реакциялар боришининг муҳим шарт-шароитларидан биридир. Ионнинг эритмадаги концентрацияси жуда оз бўлса, унинг аниқлаш реакцияси амалга ошмай қолади. Бунинг сабабини қуйидагича тушунтириш мумкин: ҳар қандай модданинг эритмадаги концен- трацияси унинг айна шароитдаги эрувчанлигидан ортиқ бўлгандагина, шу модда чўкмага тушади. Модда жуда қи- йин эрийдиган бўлса, топиловчи ионнинг эритмадаги кон- центрацияси ниҳоятда кичик бўлган тақдирда ҳам, у чўкмага тушиши мумкин. Бундай реакциялар сезилувчан реакция- лар деб аталади. Ҳосил бўладиган бирикманинг эрувчанли- ги юқори бўлса, реакция кам сезгир бўлади.

Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги миқдорий жиҳат- дан бир-бирига боғлиқ кўрсаткичлар — **топилиш минимуми ва суюлтириш чегараси** билан тавсифланади.

**Топилиш минимуми** — бу ионнинг айна реакция ёрда- мида (зарур бўлган шарт-шароитларга риоя қилинганда) топилиши мумкин бўлган энг кам миқдоридир. Топилиш минимуми граммнинг миллиондан бир қисми — микро- грамм ( $1 \text{ мкг} = 10^{-6} \text{ г}$ )ларда ифодаланади.

**Суюлтириш чегараси** (минимал концентрация деб ҳам аталади) — бу ионни айна реакция ёрдамида топилиши мумкин бўлган энг кам концентрациясини ифодалайди. Суюлтириш чегараси сувли эритманинг қанча миқдорида (мл) 1 г аниқланувчи ион борлигини кўрсатади.

Топилиш минимуми ва суюлтириш чегараси қийматла- рини аниқлаш анча қийин ва кўп вақт талаб қилади. Бу аниқлашларни шундай тасаввур қилиш мумкин: Масалан,  $\text{K}^+$  катионларини топиш минимумларини аниқлаш учун 1 л эритмада 1 г  $\text{K}^+$  ёки 1,9069 г калий хлорид сақловчи эрит- ма тайёрланади. Тажриба йўли билан шу эритмани 50 мар- та суюлтирилганда  $\text{K}^+$  иони натрий гексанитрокобалтат (III) билан аниқлаш реакцияси:



билан 50% топишга (яъни 100 та аниқлашлардан 50 таси ижобий натижа бериб, сариқ кристалл чўкма беришига) эришиш мумкинлиги аниқланди. Аниқлаш реакциясини 50%га амалга ошириш мумкин бўлган текширилаётган эритманинг концентрацияси минимал концентрация ҳисобланади. Бундай эритмани янада суюлтириш манфий натижаларга олиб келади ва реакция умуман амалга ошмайди.

Топилиш минимуми қанчалик кичик бўлса ёки суюлтириш чегараси қанчалик катта бўлса, реакциянинг сезгирлиги шунча юқори бўлади. У ёки бу ионни очишда икки ва бир неча реакциялардан фойдаланилса, энг кичик топилиш минимуми ёки энг катта суюлтириш чегарасига эга бўлган эритма билан бажариладиган реакциянинг сезгирлиги юқори ҳисобланади.

Аниқланувчи иондан топилиш минимуми миқдориди ион сақловчи суюлтириш чегарасига эга бўлган эритма ҳажми минимал ҳажм ( $V_{\text{мин}}$ ) деб ҳисобланади.

Юқорида келтирилган кўрсаткичлар орасида маълум боғланиш бор, чунки улар аналитик реакциянинг сезгирлигидан иборат битта хоссасини ифодалайдилар.

И.М. Коренман ва А.П. Крешковларнинг маълумотлари бўйича, реакциянинг сезгирлигини ифодаловчи кўрсаткичлари орасидаги боғланишни қуйидаги формулалар ёрдамида ифодалаш мумкин:

$$V_{\text{суюлч.}} = \frac{V_{\text{мин}} \cdot 10^6}{m} \quad \text{ёки} \quad m = \frac{V_{\text{мин}} \cdot 10^6}{V_{\text{суюлч.}}}$$

бу ерда,  $V_{\text{суюлч.}}$  — суюлтириш чегараси, мл;

$m$  — топилиш минимуми, мкг;

$V_{\text{мин}}$  — реакцияни бажариш учун олинган эритманинг минимал ҳажми, мл.

Юқорида келтирилган формула бўйича ҳисоблашга доир мисоллар келтираамиз.

**1-мисол.** Алюминий ионларини очишдаги суюлтириш чегараси 150000 мл, текшириладиган эритманинг ҳажми 0,06 мл. Топилиш минимумини ҳисобланг.

**Ечиш.**

$$m = \frac{V_{\text{мин}} \cdot 10^6}{V_{\text{суюлч.}}} = \frac{0,06 \cdot 10^6}{150000} = \frac{6}{15} = 0,4 \text{мкг.}$$

**2-мисол.** Калций катионлари  $\text{Ca}^{2+}$ ни сульфат ионлари таъсирида топилиш минимуми 0,04 мкг. Эритманинг суюлтириш чегараси 1250000 мл. Текшириладиган эритманинг минимал ҳажмини ҳисобланг.

**Ечиш.**

$$V_{\text{мин}} = \frac{m \cdot V_{\text{суюлч.}}}{10^6} = \frac{0,04 \cdot 1250000}{1000000} \text{мл} = 0,05 \text{мл.}$$

**3-мисол.** Мис ионини аммиак эритмаси таъсирида топишдаги текширилувчи эритманинг минимал ҳажми 0,05 мл, бу реакциянинг топилиш минимуми 0,2 мкг. Эритманинг суюлтириш чегарасини ҳисобланг.

**Ечиш.**

$$V_{\text{суюлчег.}} = \frac{V_{\text{мин}} \cdot 10^6}{m} = \frac{0,05 \cdot 10^6}{0,2} = 250000 \text{мл.}$$

Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги уларнинг бажа-рилиш шароитига; реагентлар концентрациясига; улар таъсирининг давомийлигига; ташқи эффектни кузатиш усулига; ҳароратга; бегона моддаларнинг иштироки ва бошқаларга боғлиқ бўлади. Жуда сезилувчан реакциялардан фойдаланганда изланаётган ионнинг жуда оз миқдорини ҳам топиш мумкин. Бунда кўп миқдордаги моддалар ёки катта ҳажмдаги эритмалар ишлатишга эҳтиёж қолмайди.

Шуни ҳам ҳисобга олиш керакки, реакция жуда ҳам сезгир бўлса, текшириляётган намунада изланаётган ион бўлмасдан, аниқлашда ишлатиладиган реагентларга шу иондан озгина (“асари”) аралашиб қолганда ҳам текшириляётган модда таркибида шу ион бор, деган нотўғри хулосага келиш мумкин. Бундай хатодан сақланиш учун “хотлис” тажриба ўтказилади. Текшириляётган моддасиз фақат

реагентнинг ўзи билан тажриба қилиб кўрилиб, реагентнинг тозалигига ишонч ҳосил қилинади.

Сезгирлик билан бирга аналитик реакцияларнинг ўзига хослиги ҳам анализ учун муҳим аҳамиятга эгадир. Аниқланувчи ионни бошқа хоҳлаган ионлар иштирокида топишга имкон берадиган реакция айни ион учун хос (специфик) аналитик реакция дейилади. Масалан, эритмага ишқор қўшиб, қиздириш йўли билан  $\text{NH}_4^+$  катионини аниқлаш реакцияси бу катион учун ўзига хос реакциядир, чунки бундай шароитда фақат аммоний тузларидан ҳиди ва бошқа хоссаларидан осон билинадиган аммиак  $\text{NH}_3$  ажралиб чиқади:



Йоднинг крахмалга таъсири ҳам ўзига хос реакциядир. Бундай ўзига хос реакциялар унчалик кўп эмас. Анализда кўпгина ҳолларда бир неча ионлар билан ўхшаш ташқи эффект берадиган реакциялардан фойдаланишга тўғри келади. Камроқ сондаги ионлар билан ўхшаш натижа берадиган реакциялар танлаб таъсир этувчи ёки селектив реакциялар дейилади. Масалан, аммоний оксалат чегарали сондаги катионлар ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ) билан оқ чўкмалар ҳосил қилади. Ўхшаш реакциялар берадиган ионлар сони қанча кам бўлса, реакциянинг ўзига хослиги ёки селективлик даражаси шунча юқори бўлади.

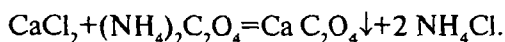
### **7.3. Эритмани бўлиб-бўлиб ва систематик анализ қилиш**

Ўзига хос реакциялар айни ионни эритмада бошқа ионлар бўлишини ҳисобга олмасдан текшириладиган эритманинг айрим улушларидан топишга имкон беради. Изланадиган ионларнинг ўзига хос реакцияларидан бу усул билан топиш бўлиб-бўлиб анализ қилиш усули деб аталади. Бу усулда ионларни топиш кетма-кетлиги (қайси ионни олдин, қайси бирини кейин топиш) хоҳлаган тартибда амалга оширилиши мумкин. Бўлиб-бўлиб анализ қилиш усулидан қорхоналарнинг кимёвий лабораторияларида текшириладиган маҳсулотнинг таркиби етарли даражада маълум бўлса ва фақат баъзи-бир қўшимчаларнинг иштироки бор-йўқлигини аниқлашда фойдаланилади.

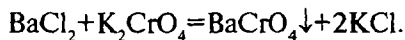


Ишончли натижа берадиган ўзига хос реакциялар ҳамда анализга халақит берувчи бегона ионларни йўқотиш имконияти бўлмаса, бўлиб-бўлиб анализ қилиш усулини қўллаб бўлмайди. Бундай ҳолларда айрим ионларни топиш учун реакциялар ўтказишнинг бошқа усули, яъни систематик анализ қилиш йўлидан фойдаланилади.

Систематик анализ қилиш йўли аналитик реакцияларни бажаришнинг маълум тартиби бўлиб, бунда ҳар бир ионни топишдан аввал унинг топилишига халақит берадиган бошқа ҳамма ионлар олдиндан топилади, сўнгра улар эритмадан йўқотилади. Олайлик, таркибида  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари ҳам бўлган эритмадан  $\text{Ca}^{2+}$  катионларини топиш лозим бўлсин.  $\text{Ca}^{2+}$  катионининг энг сезгир реакцияси аммоний оксалат таъсирида калций оксалатнинг оқ кристаллик чўкмасининг ҳосил бўлишидир:



Лекин бу реакция  $\text{Ca}^{2+}$  катиони учун ўзига хос реакция эмас, аммоний оксалат  $\text{Ba}^{2+}$  ва бошқа баъзи бир ионлар билан ҳам оқ чўкма беради. Шу сабабли эритмадан  $\text{Ca}^{2+}$  катионини топишдан аввал, аниқлашга халақит берувчи  $\text{Ba}^{2+}$  катиони бор-йўқлигини аниқлаб олиш керак.  $\text{Ba}^{2+}$  катионини эритманинг айрим улушига калий хромат таъсирида ўзига хос сариқ чўкма ҳосил бўлишига қараб аниқлаш мумкин:



Эритмадаги  $\text{Ca}^{2+}$  ионлари  $\text{Ba}^{2+}$  катионларини бу реакция ёрдамида топишга халақит бермайди, чунки ҳосил бўладиган калций хромат  $\text{CaCrO}_4$  сувда яхши эрийди. Агар эритмада  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари ҳам мавжудлиги аниқланса, бу эритмадаги  $\text{Ca}^{2+}$  катионларини топишдан аввал эритмадан  $\text{Ba}^{2+}$  ионлари тўлиқ йўқотилади. Бунинг учун эритманинг ҳаммасига калий хромат  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (ёки калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) эритмасидан мўл миқдорда қўшилади.  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари тўлиқ чўкканлигига ишонч ҳосил қилинганча,  $\text{BaCrO}_4$  чўкмаси ажратилади ва эритмадан  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  таъсирида  $\text{Ca}^{2+}$  иони топилади. Ҳосил бўлган оқ чўкма фақат  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  чўкмаси эканлиги, эритмада  $\text{Ca}^{2+}$  катиони борлигига далил бўлади.

Юқоридаги маълумотлардан кўриниб турибдики, систематик анализ қилишда нафақат айрим ионларни топиш реакцияларини қўллаб қолмасдан, балки ионларни бири-биридан ажратиш реакциялари ҳам бажарилади. Ажратиш реакцияларида, кўпинча ионлар ҳосил қиладиган ўхшаш бирикмаларнинг эрувчанлиги бири-биридан фарқ қилишидан фойдаланилади. Ажратишнинг самарали усули ионларни сувдаги эритмаларидан турли хил органик эритувчилар таъсирида экстракция қилиш бўлиб, бу усулдан аналитик кимёда кенг фойдаланилмоқда.

Анализнинг систематик йўли бўлиб-бўлиб анализ қилиш усулига қарши йўл бўлмай, бу методлар бири-бирини ўзаро тўлдиради, уларнинг ҳар бирини ўз жойида қўллаш мумкин.

#### **7.4. Катионлар анализининг системалари**

Анализнинг системали йўналишида ионлар мураккаб аралашмадан айрим-айрим ҳолда эмас, гуруҳ-гуруҳ ҳолида ажратилади, бунда ионларнинг баъзи реактивлар таъсирига бир хил муносабатда бўлишидан фойдаланилади.

Мураккаб аралашмалардан ионларни гуруҳ ҳолида ажратишга имкон берадиган реагентлар гуруҳ реагенти деб аталади. Гуруҳ реагенти маълум талабларга жавоб бериши лозим: катионларни амалий тўлиқ чўктириши; кейинги анализларни ўтказиш учун ҳосил бўлган чўкма кислоталарда осон эрийдиган бўлиши керак; ортиқча қўшилган реагент эритмада қолган ионларни топишга халақит бермаслиги керак.

Анорганик моддаларнинг сифат анализиде кўпчилик ҳолларда сувли эритмаларда ионларга ажралган тарздаги тузлар, кислоталар ва асосларнинг эритмалари текширилади. Шу сабабли электролитларнинг сувдаги эритмаларининг кимёвий анализи элементлар ва уларнинг бирикмаларини эмас, айрим ионлар (катионлар ва анионлар)ни топишдан иборат.

Ионларни топишни қулайлаштириш учун улар аналитик гуруҳларга ажратилади. Катион ва анионларнинг аналитик гуруҳлар бўйича синфланиши ионларнинг реактивлар таъсирига муносабатига, улар томонидан ҳосил қилинадиган баъзи-бир бирикмаларнинг ўхшашлигига, эрувчанликдаги фарққа ва бошқа кўрсаткичларига асосланади.

Катионларни аналитик гуруҳларга бўлишнинг бир неча системалари бор. Қуйида катионлар анализининг урта системаси бўйича аналитик гуруҳлар тўғрисида маълумотлар келтирамиз.

#### 7.4.1. Катионлар анализининг сульфидли системаси

Классик сульфидли система асосида катионларнинг сульфидлари, хлоридлари ва карбонатларининг эрувчанлиги ётади. Бу бирикмаларнинг ҳар хил эрувчанлигини ҳисобга олиб, бу система бўйича элементларнинг катионлари бешта аналитик гуруҳга бўлинади. Бу синфланиш асослари 1871 йилдаёқ Н.А.Меншуткин (1842—1907 й.й.) томонидан таклиф қилинган эди.

Катионларнинг биринчи аналитик гуруҳига ишқорий металлларнинг катионлари  $K^+$ ,  $Na^+$ , шунингдек,  $NH_4^+$  ва  $Mg^{2+}$  киради. Бу гуруҳнинг умумий гуруҳ реагенти йўқ. Бу гуруҳнинг ҳар бир катиони ўзига хос реакциялар ёрдамида маълум тартибда топилади.

Иккинчи аналитик гуруҳга ишқорий-ер металлларининг катионлари:  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  киради. Булар умумий гуруҳ реагенти — аммиакли буфер аралашмаси ( $NH_4OH$  ва  $NH_4Cl$ ) эритмасидаги аммоний карбонат ( $(NH_4)_2CO_3$  таъсирида сувда эримайдиган карбонатлар  $MeCO_3$  ҳолида чўкади.

Катионларнинг учинчи аналитик гуруҳига  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  ва бошқа катионлар киради. Улар нейтрал ва кучсиз ишқорий ( $pH=7-9$ ) эритмалардан умумий гуруҳ реагенти — аммоний сульфид  $(NH_4)_2S$  таъсирида сувда эримайдиган сульфидлар ва гидроксидлар ҳолида чўкади.

Тўртинчи аналитик гуруҳга  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$ ,  $Sb^{5+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$  ва бошқа катионлар киради. Бу катионларнинг ҳаммаси кислотали шароитда ( $pH=0,5$ ) водород сульфид билан сувда эримайдиган сульфидлар чўкмасини ҳосил қилади. Умумий гуруҳ реагенти — хлорид кислота иштирокидаги водород сулфидидир.

Катионларнинг бешинчи аналитик гуруҳига  $Ag^+$ ,  $Hg_2^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  ва бошқа катионлар киради. Бу катионларнинг хлоридлари сувда ва суюлтирилган кислоталарда эримайди. Гуруҳнинг умумий реагенти — хлорид кислотанинг  $2N$  эритмаси ҳисобланади.

Катионларни бешта аналитик гуруҳга бўлиниши анализлар ўтказишни анча соддалаштиради ва гуруҳ реагентларини маълум изчилликда таъсир эттириб, катионлар аралашмасини системали анализ қилиш имконини беради.

Классик сульфидли система ҳозирги давргача мукамаллаштириб келинди, лекин шунга қарамасдан баъзи камчиликлардан холи эмас. Жумладан, учинчи ва тўртинчи гуруҳнинг бир қатор катионлари сульфидларини эрувчанлиги бир-бирига яқин бўлганлиги учун катионларни бир-биридан ажратиш тўлиқ амалга ошмайди.

Биринчи гуруҳ катионлари системали анализнинг охирида топилиши баъзан аниқ бўлмаган натижаларга олиб келади, чунки аралашмани кўп марта суюлтирилиши натижасида бу гуруҳ катионларининг концентрацияси етарли бўлмай қолади, у ёки бу катионни эритмадан йўқолишига сабаб бўлади.

Бешта гуруҳдаги ҳамма катионларни тўлиқ анализ қилиш учун кўп вақт (25—30 соат) сарф бўлади, бу вазият ҳозирги замон ишлаб чиқариши талабларига мос келмайди.

#### **7.4.2. Катионлар анализининг кислота-асосли системаси**

Кислота-асосли система бўйича металл катионлари уларнинг хлорид ва сульфат кислоталарга, ўювчи ишқорлар ҳамда аммиак эритмаларига муносабати асосида олти аналитик гуруҳга тақсимланади.

Катионларнинг биринчи аналитик гуруҳига  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  катионлари киради. Бу гуруҳнинг умумий реагенти йўқ.

Иккинчи аналитик гуруҳга  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}$  катионлари кириб, бу гуруҳнинг умумий реагенти  $HCl$  нинг  $2N$  эритмасидир.

Катионларнинг учинчи аналитик гуруҳига  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  катионлари мансуб бўлиб, умумий гуруҳ реагенти  $H_2SO_4$  нинг  $2N$  эритмасидир.

Катионларнинг тўртинчи аналитик гуруҳига  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  катионлари киритилиб, умумий гуруҳ реагенти  $NaOH$  ёки  $KOH$ нинг мўл миқдордаги  $4 N$  эритмаси ҳисобланади.

Бешинчи аналитик гуруҳ таркибига  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$  ионлари киради, гуруҳ реагенти аммоний гидроксид  $NH_4OH$  нинг мўл 25% ли эритмаси ҳисобланади.

Ва ниҳоят, олтинчи аналитик гуруҳ ўз ичига  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  катионларини олади.  $NH_4OH$  нинг мўл миқдордаги 25%ли эритмаси гуруҳ реагенти сифатида ишлатилади.

Катионларнинг кислота-асосли системасининг ижобий томонлари: анализнинг бу системасида элементларнинг асосий хоссалари, яъни уларнинг кислота ва асосларга муносабати, гидроксидларининг амфотерлиги ва элементларнинг комплекс ҳосил қилиш қобилиятларидан фойдаланилган. Кислота-асосли система бўйича иш бажарилганда лаборатория машғулотларига анализнинг сульфидли системасига нисбатан минимум 30-40% кам вақт сарфланади.

Бу системанинг камчиликларини ҳам таъкидлаб ўтиш лозим: кислота-асосли система етарли даражада мукамаллаштирилмаган; тўртинчи ва бешинчи гуруҳ катионлари гидроксидларининг хоссаларини чуқурроқ текширилиши, уларнинг чўктирилиши ва ажратилишининг шароитларини ўрганиш зарурияти бор.

### **7.4.3. Катионлар анализининг аммиакли-фосфатли системаси**

Катионлар анализининг аммиакли-фосфатли системаси бўйича ҳамма катионлар бешта аналитик гуруҳга ажратилади.

Биринчи аналитик гуруҳга  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$  катионлари киритилиб, бу гуруҳнинг умумий реагенти йўқ.

Иккинчи аналитик гуруҳ таркибида  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$  катионлари бўлиб, умумий гуруҳ реагенти – аммоний гидрофосфат  $(NH_4)_2HPO_4$  таъсирида кучли аммиакли муҳитда бу катионлар фосфатлар ҳолида чўкади.

Катионларнинг учинчи аналитик гуруҳи  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  ва  $Zn^{2+}$  катионларидан иборат. Буларнинг фосфатлари аммиак эритмасида эриб, комплекс бирикмалар – аммиакатлар ҳосил қилади.

Тўртинчи аналитик гуруҳга  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Sb^{5+}$ ,  $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  катионлари киради.

Бешинчи аналитик гуруҳга  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  ва  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари кириб, умумий гуруҳ реагенти хлорид кислота таъсирида оз эрийдиган хлоридлар ҳолида чўкади.

Аммиакли-фосфатли система аниқланадиган катионлар сони бўйича кислота-асосли системага ўхшаш, лекин аналитикни ўтказиш методикаси жиҳатидан мураккаброқ ҳисобланади.

Ушбу дарсликда катионлар анализи сульфидли система бўйича олиб боришга доир лаборатория ишларининг тавсифи ярим-микрочимёвий анализ методи асосида келтирилган.

## 7.5. Анионлар ва уларнинг гуруҳлари

Маълумки, анионларга айрим атомлар ва ҳар хил элементлар атомлари гуруҳидан ташкил топган манфий заррадан заррачалар мансубдир.

Анионларнинг умум томонидан қабул қилинган гуруҳларга ажратиш системаси мавжуд эмас. Ҳар хил муаллифлар томонидан турлича системалар таклиф қилинган.

Бу дарсликда кўпинча қўлланиладиган анионларни учта аналитик гуруҳларга бўлиб ўрганиш системаси келтирилди. Бу система анионлар ҳосил қиладиган барийли ва кумушли тузларининг эрувчанлигига асосланган (4-жадвал).

Кўпчилик анионларни топиш катионларни аниқлашда қўлланилган реакциялардан фойдаланишга асосланган. Масалан,  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари  $\text{SO}_4^{2-}$  ва  $\text{CrO}_4^{2-}$  анионлари ёрдамида топилган бўлса, аксинча, шу номи келтирилган анионларни барий ва қўрғошин (II) нинг эрувчан тузлари эритмаларидан фойдаланиб топиш мумкин.

Анионлар анализи ўзига хос хусусиятларга эга бўлиб, катионлардан фарқли ўлароқ анионлар одатда, бир-бирини топишга ҳалақит бермайди. Анионлар анализининг мавжуд бўлган методларини учта асосий турга бўлиш мумкин:

1. Систематик анализ методи катионларнинг шундай методига ўхшаш бўлиб, маълум кетма-кетликда умумий гуруҳ реагентлари ёрдамида чўктирилиб, анионларни гуруҳларга ажратиб текширишга асосланган. Бунда анализ текширилаётган эритманинг ҳаммаси билан олиб борилади. Анионлар анализининг систематик методи мураккаб бўлмаган аралашмаларни анализ қилишда қўлланилади.

## Анионларнинг аналитик гуруҳларга бўлиниши

Анионлар гуруҳи	Гуруҳга кирадиган анионлар	Гуруҳнинг умумий реагенти	Гуруҳ тавсифи
I	$\text{SO}_4^{2-}$ - сульфат ион, $\text{SO}_3^{2-}$ - сулфит ион, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ - тиосульфат ион, $\text{CO}_3^{2-}$ - карбонат ион, $\text{PO}_4^{3-}$ - фосфат ион, $\text{AsO}_4^{3-}$ - арсенат ион, $\text{AsO}_3^{3-}$ - арсенит ион, $\text{CrO}_4^{2-}$ - хромат ион, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ - бихромат ион, $\text{F}^-$ - фторид ион, $\text{SiO}_3^{2-}$ - силикат ион, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ - оксалат ион ва бошқалар	$\text{BaCl}_2$ нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитда	Шу гуруҳ анионларининг барийли тузлари сувда қийин эрийди
II	$\text{Cl}^-$ - хлорид ион, $\text{Br}^-$ - бромид ион, $\text{I}^-$ - йодид ион, $\text{S}^{2-}$ - сульфид ион, $\text{CNS}^-$ - роданид ион, $\text{CN}^-$ - цианид ион, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ - ферроцианид ион, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ - феррицианид ион ва бошқалар	$\text{AgNO}_3$ $\text{HNO}_3$ нинг 2N эритмаси иштирокида	Гуруҳ анионларининг кумушли тузлари сувда ва суккултирилган $\text{HNO}_3$ да қийин эрийди
III	$\text{NO}_3^-$ - нитрат ион, $\text{NO}_2^-$ - нитрит ион, $\text{CH}_3\text{COO}^-$ - ацетат ион, $\text{ClO}_3^-$ - хлорат ион, $\text{MnO}_4^-$ - перманганат ион ва бошқалар	Гуруҳнинг умумий реагенти йўқ	Бу анионларнинг барийли ва кумушли тузлари сувда яхши эрийди

Мураккаб аралашмаларни анализ қилиш тартиби қийин бўлганлиги сабабли амалда кам қўлланилади.

2. Бўлиб-бўлиб анализ қилиш методи текшириладиган эритманинг айрим улушларидан анионларни топишга асосланган бўлиб, бири иккинчисини топишга ҳалақит берадиган анионлари бўлмаган аралашмаларни анализ қилишда муваффақият билан қўлланилади.

3. Анализнинг ярим систематик методи анионларни гуруҳларга ажратишга асосланган, лекин анализ текшириладиган эритманинг бутун ҳажмида эмас, балки айрим улушлари билан ўтказилади. Анализнинг ярим систематик методи систематик анализ ва бўлиб-бўлиб анализ қилиш методларининг афзал томонларидан фойдаланишга имкон

беради. Гуруҳ реагентлари ёрдамида анионлар гуруҳини бошқа гуруҳлардан ажратиш бир-бирини аниқлашга ҳалақит берувчи анионларни йўқотишга имкон берса, бўлиб-бўлиб анализ қилиш методини қўллаш кетма-кет бажариладиган тажрибалар сонини қисқартиради.

## Саволлар

1. Аналитик реакцияларни «қуруқ» йўл билан бажаришнинг тавсифи ва бу усулнинг турлари қандай бўлади?
2. Аналитик реакцияларни бажаришнинг «хўл» йўлининг моҳияти қандай?
3. Аналитик реакцияларнинг ташқи эффектлари нималардан иборат? Мисоллар келтиринг.
4. Кимёвий анализни бажариш методларининг турлари ва улар орасидаги фарқлар қандай бўлади?
5. Аналитик реакцияларни амалга оширишдаги муҳим шароитларга қандай омиллар киради?
6. Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги миқдорий жиҳатдан қандай кўрсаткичлар билан ифодаланади?
7. Реакцияларнинг сезгирлиги қандай омилларга боғлиқ бўлади?
8. Қандай аналитик реакциялар ўзига хос ва селектив деб аталади?
9. Эритмани бўлиб-бўлиб анализ қилиш қандай жараён деб қаралади?
10. Систематик анализ қилиш моҳияти қандай?
11. Умумий гуруҳ реагенти деб қандай реактивларга айтилади?
12. Катионлар анализи сульфидли системасининг моҳияти нималардан иборат?
13. Анализнинг кислота-асосли системаси бўйича катионларнинг аналитик гуруҳларига таъриф беринг.
14. Катионлар анализи аммиакли-фосфатли системасининг моҳияти қандай?

## Тестлар

1. Минимал концентрация қандай белгиланади ва қайси бирликларда ифодаланади?



- А) С чег, г/мл;
- В) С чег, мг/мл;
- С) С чег, г/л;
- Д) V чег, г/мл;
- Е) V мин мл.

2. Минимал концентрацияга тескари бўлган қиймат нимани тавсифлайди?

- А) Топилиш минимуми;
- В) Чексиз суюлтирилган эритманинг минимал ҳажми;
- С) Реакциянинг сезгирлиги;
- Д) Суюлтириш чегараси;
- Е) Реакциянинг селективлиги.

3. Эритманинг суюлтириш чегараси қандай ҳарф билан белгиланади ва қайси бирликларда ифодаланади?

- А) V чег, л/г;
- В) V чег, мл/г;
- С) V мин, мл/г;
- Д) С чег, мл;
- Е) m, мкг.

4. Кимёвий реакциянинг топилиш минимуми қандай ҳарф билан белгиланади ва қайси бирликларда ифодаланади?

- А) m, г;
- В) С чег, мкг;
- С) m, мкг;
- Д) V чег, мкг
- Е) V мин, г.

5. Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги кўрсаткичлари орасидаги ўзаро боғланиш қандай формула билан ифодаланади?

- А)  $m = C \text{ чег} \cdot V \text{ чег} \cdot 10^6$ ;
- В)  $m = C \text{ чег} \cdot V \text{ мин} \cdot 10^{-6}$ ;

С) 
$$m = \frac{V_{\text{мин}}}{V_{\text{чег}}} \cdot 10^{-6}$$
;

- Д)  $m = C_{\text{чег}} \cdot V_{\text{мин}} \cdot 10^6$ ;  
Е)  $m = V_{\text{чег}} \cdot V_{\text{мин}} \cdot 10^{-6}$ .

6. Мис ионини аммиак эритмаси ёрдамида топишда бу ионларнинг минимал концентрацияси 1:250 000 г/мл, эритманинг минимал ҳажми 0,05 мл бўлса, топилиш минимумини топинг.

- А)  $2 \cdot 10^{-5}$  мкг;  
В)  $1,25 \cdot 10^{-2}$  мкг;  
С)  $1,5 \cdot 10^{-4}$  мкг;  
Д)  $1,75 \cdot 10^{-2}$  мкг;  
Е)  $2 \cdot 10^{-1}$  мкг.

7.  $\text{Ca}^{2+}$  катионини калций хлорид эритмасидан топишда текшириладиган эритманинг ҳажми 0,001 мл ва  $\text{CaCl}_2$  нинг концентрацияси 0,1 мол/л бўлса, эритманинг суюлтириш чегарасини топинг.

- А) 25 000 мл;  
В) 75 000 мл;  
С) 50 000 мл;  
Д) 5 000 мл;  
Е) 400 мл.

8. Эритмасининг концентрацияси 0,005 мол/л бўлган натрий фосфат таркибидаги фосфат ионини қўрғошин (II)-ацетат таъсирида топишда топилиш минимуми 1,4 мкг га тенг. Текшириладиган эритманинг минимал ҳажмини ҳисобланг.

- А) 0,009 мл;  
В) 0,003 мл;  
С) 0,006 мл;  
Д) 0,09 мл;  
Е) 0,03 мл.

9. Кумуш катиони  $\text{Ag}^+$  ни хлорид кислота таъсирида топиш минимуми 0,1 мкг. Эритманинг суюлтириш чегараси 10 000 мл, текширилаётган эритманинг минимал ҳажмини ҳисобланг.

- А) 0,01 мл;  
В) 0,002 мл;  
С) 0,001 мл;

Д) 0,005 мл;

Е) 0,02 мл.

10. Цианид аниони  $\text{CN}^-$  нинг кумуш нитрат таъсирида топишдаги минимал концентрацияси  $1/50\ 000$  г/мл. Эритманинг минимал ҳажми  $3 \cdot 10^{-4}$  мл, да реакция борса, топилиш минимумини ҳисобланг.

А) 0,06 мкг;

В) 0,003 мкг;

С) 0,0006 мкг;

Д) 0,006 мкг;

Е) 0,03 мкг.

11. Аналитик реакцияларнинг сезгирлигига қандай омиллар таъсир қилади?

А) Ҳарорат, концентрация;

В) Муҳитнинг рН и;

С) Реагентларни қўшиш тартиби;

Д) Юқоридаги ҳамма омиллар;

Е) Бегона ионларнинг иштироки.

12. Айни ионни бошқа ионлар иштирокида топишга имкон берувчи реакция ва реагентлар қандай номланади?

А) Танлаб таъсир қилувчи;

В) Гуруҳли;

С) Хусусий;

Д) Ўзига хос (специфик);

Е) Умумий гуруҳ реагенти.

13. Изланаётган ионни очишга ҳалақит берувчи ионларни аввал топиб, кейин эритмадан йўқотиш билан борадиган аналитик реакцияларнинг тартиби қандай номланади?

А) Бўлиб анализ қилиш йўли;

В) Анализнинг систематик йўли;

С) Аналитик «ҳимоялаш»;

Д) «Холис» анализ;

Е) Ажратиш реакцияси.

14. Аналитик кимёда қўлланиладиган топиш реакциялари қандай аналитик эффект билан боради?

- А) Эритма рангининг ўзгариши;
- В) Чўкманинг ҳосил бўлиши ва эриши;
- С) Газларнинг ажралиши;
- Д) А ва В банддаги жавоблар;
- Е) А,В ва С бандда кўрсатилган хоҳлаган ташқи эффект билан.

15. Бўлиб анализ қилиш усули биологик текширишларда фойдаланишнинг аҳамияти нимада?

- А) Вақтни тежаш;
- В) Реагентларни тежаш;
- С) Дала шароитида ишлашнинг қулайлиги;
- Д) А ва С банддаги жавоблар;
- Е) А,В ва С банддаги жавоблар биргаликда.

## VIII БОБ. ЛАБОРАТОРИЯ ЖИҲОЗЛАРИ ВА ИШ УСУЛЛАРИ

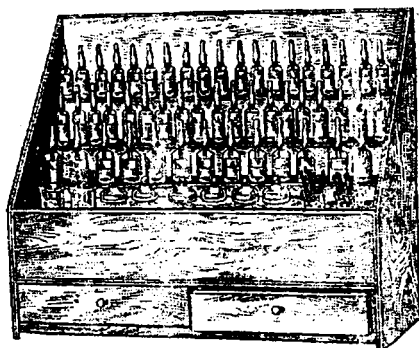
### 8.1. Ярим микрокимёвий сифат анализидида ишлатиладиган идишлар ва реактивлар

Ярим микрометод билан қилинадиган сифат анализидида махсус идишлар ва жиҳозлардан фойдаланилади.

**Реактив склянкалари.** Реактивлар бирмунча кам сарфлангани учун, уларни ҳажми 10-15 мл бўлган, томчи пипеткалари бўлган шиша склянкаларда сақланади (1-расм). Ҳамма шиша идишларга реактивнинг номи ёки формуласи ёзилган этикетка ёпиштирилади ва бу склянкалар махсус ёғоч қути – штативларга жойлаштирилади (2-расм). Ҳар бир склянка штативда ўзининг доимий жойига эга бўлиши керак, бу реактивлардан фойдаланишни осонлаштиради. Штатив пастидида шиша идишлар, тигеллар, филтр қоғозлари, индикатор қоғозлари ва бошқа зарур буюмлар сақлаш учун тортма қутичалар бўлади. Реактивлар склянкалардан фақат пипеткалар ёрдамида олинади. Реактивни олиб бўлгач, томчи пипетка шу заҳотиёқ айни склянкага жойлаштирилади.

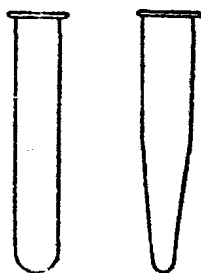


1-расм. Пипеткали реактив склянкаси.



2-расм. Реактивли склянкалар учун қути-штатив.

**Пробиркалар.** Анализ учун икки турдаги пробиркалар ишлатилади: 3-5 мл ҳажмли кимёвий цилиндрик пробир-

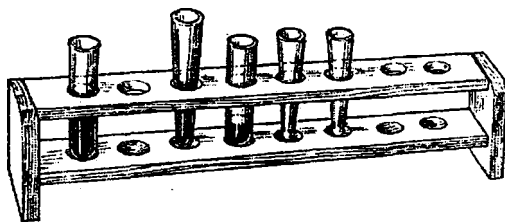


α                      б

3-расм. Пробиркалар:

а-цилиндрик;

б-конуссимон.

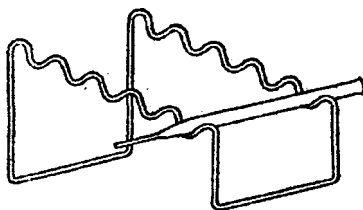


4-расм. Пробиркалар учун штатив.



α                      б

5-расм. Капилляр пипеткалар:  
а-эритмани чўкмадан ажратиш  
учун; б-реактив қўшиш учун.



6-расм. Капилляр пипеткалар  
учун штатив.



7-расм. Шиша таёқча.

калар, центрифугалаш учун 3-5 мл ҳажмли конуссимон пробиркалар (3-расм, а,б). Конуссимон пробиркалардан фойдаланиш қулай, уларнинг торайган тубида қалинроқ чўкма қавати ҳосил бўлганлиги туфайли чўкмани пайқаш ва уни кузатиш осон бўлади. Анализ бошлашдан аввал керакли

пробиркалар тўплами ёғоч ёки пластмассадан тайёрланган штатив (4-расм)га жойлаштирилади.

**Капилляр пипеткалар** (5-расм). Чўкмадан эритмани ажратишда, оз миқдордаги реактивларни қўшишда ишлатилади. Иш учун тайёрланган пипеткалар стол устига эмас, алюминий симидан тайёрланган штатив (6-расм)га жойлаштирилади, фойдаланилганлари шу заҳотиёқ реактив капиллярда қотиб қолмаслиги учун сувли стаканга туширилиб ювилади.

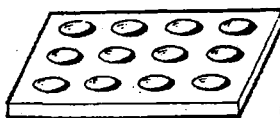
**Шиша таёқчалар** (7-расм) ёрдамида эритмалар аралаштирилади. Шиша таёқчаларнинг учи чўзилган бўлиб, охири шар шаклида бўлиши керак.

**Соат ойналари** (8-расм). Кам ҳажмдаги эритмалар билан бажариладиган реакциялар учун қулайдир.

**Шиша пластинкалар** (8-расм) да микрокристаллоскопик реакциялар бажарилади.



8-расм. Соат ойнаси ва шиша пластинка.



9-расм. Томчи реакциялар учун чинни пластинка.



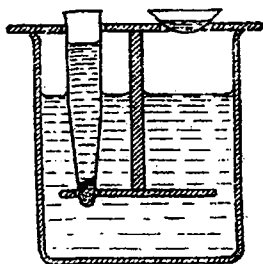
10-расм. Қопқоқли микротигел.

**Чинни пластинкалар** (9-расм) чуқурчалари бўлгани учун томчи реакциялар ўтказиш учун қулайдир.

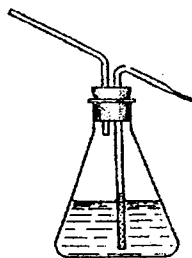
**Чинни косачалар ва тигеллар** (10-расм) (ҳажмлари 5—10 мл бўлганлари)да эритмалар иситилади ва буғлатилади, қуруқ қолдиқлар қиздирилади.

**Сув ҳаммоми** (11-расм) иситиш учун ишлатилади. 50 мл ҳажмли стакан устига пробиркалар ўрнатиш учун икки-учта тешиклари бўлган металл қопқоқ билан бекитилади. Ичида эритмалари бўлган пробиркалар ҳаммомнинг иссиқ сувига ботирилади.

**Ювгич** (12-расм) ҳажми 50—100 мл бўлган конуссимон колбадан иборат бўлиб, иш учун зарур бўлган дистилланган сув сақланади.



11-расм. Сув ҳаммоми.



12-расм. Ювгич.

Ярим микрометод билан бажариладиган сифат анализда фойдаланиладиган идишларнинг тозалигига алоҳида эътибор берилади, чунки озгина ифлосликлар ҳам анализда хатолик бўлишига олиб келади. Анализ тамом бўлиши заҳотиёқ идишлар обдон ювилади. Пробиркалар кичик ўлчамли ювиш чўткалари (ёки пахта тампонли шиша таёқча) ёрдамида ювилади, водопровод сувида бир неча марта (камида 5 марта) ювилади, сўнг 2-3 марта дистилланган сув билан чайилади. Бордию, юқоридаги ювиш усули билан ифлосликлар йўқотила олинмаса, идишни хромли аралашма (калий дихроматнинг концентранган сульфат кислотадаги тўйинган эритмаси) билан ёки калий перманганат  $KMnO_4$  нинг иссиқ ишқорий эритмаси, ёхуд иссиқ совунли эритма билан бир неча минут қолдирилади. Сўнг бу ювувчи аралашмаларни идишдан тўкиб, идишлар водопровод суви билан ювилади ва дистилланган сув билан чайилади.

Идишдаги сууюқликни (сувни) тўлиқ йўқотиш учун пробирка ёки колба раковина устида бир неча марта эҳтиётлик билан силкитилади ёки пробирканинг оғзини пастга қаратиб, бармоқ билан оҳиста чертилади.

Стаканлар, соат ойналари, шиша таёқчалар ва чинни косачалар ҳам водопровод суви, сўнгра дистилланган сув билан ювилади. Ювилган стаканлар тўнкарилган ҳолда филтр қоғози ёки сочиқ устига қўйилади. Тоза ва қуруқ шиша таёқчалар пробирка ёки стаканда сақланади.

**Реактивлар.** Ярим микрокимёвий анализда фойдаланиладиган реактивларнинг белгиси «анализ учун тоза» (а.у.т.), «кимёвий тоза» (к.т.) бўлиши лозим. Бу реактивлардан маъ-



лум нормал концентрацияли эритмалар тайёрланади. Ярим микроанализда кўпчилик ҳолларда тузларнинг 0,5N эритмалари, кислота ва ишқорларнинг 2N эритмалари ишлатилади. Ҳамма анорганик моддаларнинг дистилланган сувдаги эритмалари тайёрланади. Фақат баъзи сувда эримайдиган органик бирикмалар эритмалари этил спиртида ёки ацетонда эритиб тайёрланади.

## **8.2. Ярим микроанализда айрим ишларни бажариш тартиби**

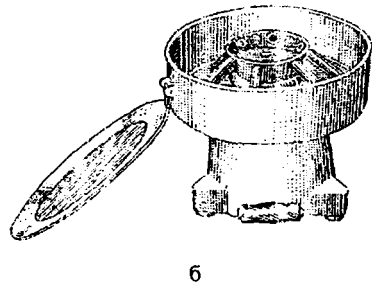
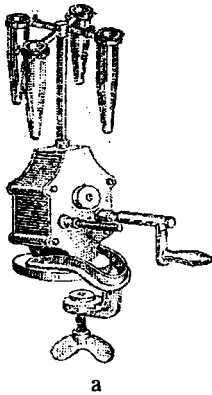
Ярим микрокимёвий анализда бажариладиган энг муҳим ишлар қуйидагилар: текшириладиган эритмани иситиш, ионни чўктириш, центрифугалаш (ёки филтрлаш), центрифугатни бошқа пробиркага ўтказиш, чўкмани ювиш, чўкмани эритиш, эритмаларни буғлатиш, қуруқ қолдиқни қиздириш ҳисобланади.

**Иситиш.** Кўпгина реакциялар иситилганда боради. Оз миқдордаги эритмалари бўлган кичик пробиркаларни очик алангада иситиб бўлмайди, чунки ҳосил бўладиган буғ идишдаги эритмани отиб юбориши мумкин. Шунинг учун пробирка суви секин қайнаб турган сув ҳаммомига ботириб туриб иситилади. Агар эритмани қайнатиш лозим бўлса, кимёвий стакан ёки чинни тигелда асбестланган сим тўр устида қиздириш билан олиб борилади.

**Чўктириш.** Топиладиган ионни чўктириш реакциялари кичик, кўпинча конуссимон центрифуга пробиркаларида олиб борилади. Бу пробиркаларга бир неча томчи текшириладиган эритма томизилади, сўнг пипеткадан керакли миқдордаги реагент эритмаси қўшилади, шу заҳотиёқ шиша таёқча билан аралаштирилади.

Чўктиришни шиша пластинкада олиб бориш учун, унга текшириладиган модда эритмасидан ва реагент эритмасидан ёнма-ён томчилар томизилади, сўнгра бу томчилар тоза шиша таёқча ёрдамида бирлаштирилади.

**Центрифугалаш.** Чўкмани эритмадан ажратишда центрифуга (13-расм)дан фойдаланиш яхши самара беради. Центрифугалашда конуссимон пробирканинг торайган қисмида чўкма тўпланади, эритма эса тиниқ бўлиб қолади, бу тиниқ қават центрифугат номи билан аталади.



13-расм. Центрифугалар: а-қўл билан ишлайдиган;  
б-электр токи билан ишлайдиган.

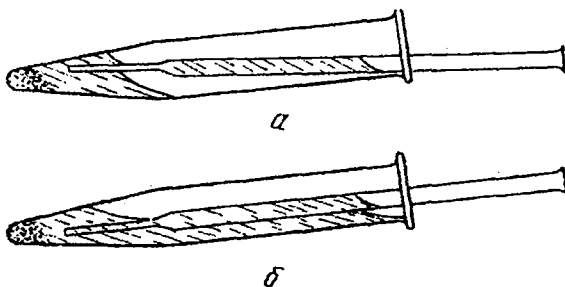
Центрифуга билан ишлашда аралашма солинган пробирка центрифуга патронларидан бирига ўрнатилади. Мувозанатни сақлаш учун бошқа шундай пробиркага ўшанча ҳажмдаги сув солиб қарши томондаги патронга ўрнатилади. Шундай қилинмаса, центрифуга айлантирилганда титраш (вибрация) ҳодисаси рўй бериб, асбоб ишдан чиқиши мумкин.

Центрифуга дастасини аввал оҳиста айлантириб, унинг айланиши борган сари тезлаштирилади. 1—1,5 минутдан сўнг дастакни олиб, центрифуга ўзи тўхтагунча қараб турилади.

Центрифугалашда пробиркаларни адаштириб юбормаслик учун патроннинг тартиб рақамини эслаб қолиш (ёки пробирка устига фамилиянгиз ёзилган қоғозни ёпиштириб қўйишингиз) керак.

Ионларни чўкмага ўтказишда чўкиш тўлиқ бўлган-бўлмаганлигини текшириб кўриш лозим. Бунинг учун пробиркадаги чўкма устидаги центрифугатга яна бир томчи чўктирувчи реагент эритмасидан қўшилади. Агар центрифугатда лойқа ҳосил бўлса, яна 3—5 томчи реагент қўшилиб, шиша таёқча билан пробирка ичидаги эритма аралаштирилади, қайтадан центрифугаланади, чўкишнинг тўлиқлиги яна юқоридагидек текширилади.

**Центрифугатни бошқа пробиркага ўтказиш.** Тўлиқ чўктиришга эришилгач, центрифугат бошқа пробиркага резина қопқоқли пипетка ёрдамида ўтказилади. Пипетканинг резина найчасини бармоқлар орасида қисиб туриб, пипетка-



14-расм. Чўкмадан центрифугатни ажратиш: а-тўғри ҳолат;  
б-нотўғри ҳолат.

нинг чўзиқ учи эритмага пробирка тагидаги чўкмага тегмайди қилиб ботирилади. Қисиб турилган резина найчани секин-аста бўшатиб, эритма пипеткага ўтказилади. Пипеткага ўтказилган суюқлик бошқа тоза пробиркага солинади. Бордию чўкма устидаги центрифугат оз қолса, уни чўкмадан ажратиш учун резина най кийгизилмаган капилляр пипеткадан фойдаланилади. Пробиркани чап қўлда қийшайтириб, аста-секинлик билан капиллярни учи чўкмага тегизмай, унга яқинлаштирилади. Капиллярнинг эритма билан тўлиш тезлигини пробиркани қийшайтириш билан бошқариш мумкин. Бунда капилляр пипетка 14-расмда кўрсатилгандек пробирка четига таяниши керак.

Капилляр пипетканинг эритма билан тўлиши тўхтагач, пипеткани устки тешиги ўнг қўлнинг кўрсаткич бармоғи билан зич бекитилади ва пипеткадаги центрифугат бошқа пробиркага ўтказилади. Зарур бўлган ҳолларда бу иш бир неча марта такрорланади, бунда чўкмани лойқалатмасликка ва пипетка ичига чўкма ўтиб қолмаслигига ҳаракат қилиш керак. Бордию чўкма лойқаланиб кетса, пробирка ичидаги аралашма қайтадан центрифугаланади ва центрифугат яна пипетка ёрдамида ажратиб олинади.

**Чўкмани ювиш.** Эритмадан ажратиб олинган чўкмага эритмада бўлган ионлар адсорбиланиб қолганлиги учун чўкмани ювиш алоҳида аҳамиятга эга. Кўпинча чўкма дистилланган сув билан, баъзан чўктирувчи реагентнинг суюлтирилган эритмаси билан ювилади. Чўкмаси бор пробиркага 0,5-1мл у ёки бу юувчи суюқликдан қуйилади

ва шиша таёқча билан яхшилаб аралаштирилади. Сўнгра пробиркадаги аралашма центрифугаланади ва чўкма устидики суяқлик пипетка ёрдамида ажратиб олинади. Одатда, чўкмани бир-икки марта ювиш қўшимчаларни тўлиқ йўқотишга етарли бўлади.

Чўкмани иссиқ сув билан ювиш талаб қилинса, чўкмани бор пробиркага озгина дистилланган сув солиниб, шиша таёқча билан аралаштирилади, пробирка сув ҳаммомида 1—2 минут иситилади. Сўнгра пробиркадаги аралашма центрифугаланиб, чўкма устидан центрифугат йўқотилади.

**Чўкмани эритиш.** Кимёвий анализда кўпинча ювилган чўкмани кислотада (карбонатлар  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  чўкмасини), ишқорларда (гидроксидлар  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  чўкмасини) ёки ҳаттоки, тузлар эритмаларида (масалан,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  чўкмасини аммоний хлорид эритмасида) эритиш керак бўлади. Бунинг учун чўкмага томчилатиб эритувчи қўшилади ва шиша таёқча билан аралаштирилади. Эритувчидан мўл миқдорда қўшишга шошилмаслик лозим, чунки баъзи бир чўкмалар жуда секин эрийди; яхшиси аралашмани сув ҳаммомида иситган маъқул ҳисобланади.

Янги ҳосил қилинган чўкмалар қуририлган чўкмаларга нисбатан осон эрийди. Чўкмалар узоқ сақланганда уларнинг тузилиши ва таркиби ўзгариб кетиши мумкин.

**Эритмаларни буғлатиш.** Аниқланувчи ионининг концентрациясини ошириш учун эритмалар чинни косача, тигеллар ёки кичик стаканларда сув ҳаммомида иситиш йўли билан буғлатилади.

Кам миқдордаги эритмалар (1—2 томчи) олдиндан иситилган асбестланган тўр устига ўрнатилган шиша пластинка ёки соат ойнасида буғлатилади.

**Қиздириш.** Текшириладиган моддани органик бирикмалар ва аммонийли тузларни йўқотиш учун қиздирилади. Ичида қиздирилиши лозим бўлган қолдиқ бор чинни тигел ёки косача штативдаги чинни учбурчакка ўрнатилади ва газ алангасида ёки электр плиткада қиздирилади. Қиздириш тамом бўлгач, тигел ёки косача асбест картон устида совитилади, шундан кейингина иш жойига ўтказилади. Иссиқ тигел (косача) махсус қис-қичлар билан ушланади.

### 8.3. Томчи ва микрокристаллоскопик реакцияларнинг бажарилиши

**Томчилар реакцияси.** Аналитик кимёда томчи анализ деб аталувчи метод ўзига хос ўринни эгаллади. Томчи методиди 1920 йилдан бошлаб Н.А.Тананаев ишлаб чиқди. Томчи методиди ишлаб чиқишда Н.А.Тананаев билан бир вақтда австрия олими Ф.Файгл ҳам шугулланди.

Томчи методиди бажаришда капиллярлик ва адсорбция ҳодисалари муҳим аҳамиятга эга бўлиб, улар ёрдамида ҳар хил ионларни аралашмалар таркибидан топиш ва ажратиш мумкин. Томчи анализда айрим реакцияларни чинни ёки шиша пластинкаларда ёки филтр қоғозда бажариш мумкин. Бунда пластинкага ёки филтр қоғозига текшириладиган эритманинг бир томчиси томизилиб, устига реагент эритмасидан бир томчи қўшилади. Натижада рангли бирикмалар ёки кристалларнинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Томчи реакцияси филтр қоғозда бажарилса яхши эффект беради, чунки суюқлик тезлик билан қоғоздаги капиллярлар томонидан сўрилиб кетади, ҳосил бўлган рангли бирикма қоғоз бўлагининг кичик жойида адсорбланади. Шу сабабли реакциянинг сезгирлиги бир неча марта ортади. Жумладан,  $Ni^{2+}$  диметилглиоксим таъсирида ёрқин қизил рангли комплекс туз чўкмаси ҳосил бўлишига қараб топилади. Бу реакциянинг сезгирлиги пробиркада бажарилганда ҳам юқори бўлиб, минимал концентрация 1:700 000 г\мл билан ифодаланади. Шу  $Ni^{2+}$  ионини топиш реакцияси филтр қоғозда бажарилганда минимал концентрация қиймати 1:3 300 000 г\мл га тенг бўлади, яъни реакциянинг сезгирли деярли 5 марта ошади.

Томчи реакцияларни бажариш учун етарли ғовак кучсизлантирилган оқ тасмали филтр қоғозларидан фойдаланилса, кутилган натижа беради. Томчи анализни амалга оширишда пипетканинг капилляр учи текшириладиган эритмага 1—2 мм ботирилади ва суюқлик капилляр кучи таъсирида пипеткага кўтарилишига қадар кутиб турилади. Сўнгра пипеткани тик ушлаган ҳолда учини филтр қоғози бўлагига тегизиб, диаметри бир неча миллиметр келадиган нам доғ ҳосил бўлгунча босиброқ ушлаб турилади. Сўнг пипеткани дарҳол олиб, нам доғнинг марказига бошқа

капилляр пипетка билан шу йўсинда реагент эритмаси киритилади. Доғнинг ўзига хос ранга бўялишига қараб, изланаётган ионнинг бор-йўқлиги ҳақида хулоса қилинади.

**Микрокристаллоскопик реакциялар.** Бу анализ методи реакциялари натижаси маълум шаклдаги кристалларга эга бўлган бирикмалар ҳосил бўлиши асосида катионлар ёки анионларни топишга имкон беради.

Микрокристаллоскопик анализда ҳосил бўладиган кристалларни кузатиш учун 60—250 марта катталаштириб кўрсатилган биологик микроскоп ишлатилади. Тозалаб ювилган ва қуруқ шиша пластинкага текшириладиган эритмадан 1 томчи жойлаштирилиб, қуригунча буғлатилади. Қуруқ қолдиқ устига реагентнинг эритмасидан бир томчи томизилади ва 1—2 минутдан кейин аралашма микроскоп орқали кузатилади. Ҳосил бўлган кристалларнинг шакли ва рангига асосланиб, аниқланувчи ион бор-йўқлиги ҳақида хулоса чиқарилади. Лаборатория иш дафтарига кристаллар шакли чизиб қўйилади.

Микрокристаллоскопик реакциялар жуда кам миқдордаги текширилувчи моддаларни анализ қилишга имкон беради, вақтни тежайди.

#### **8.4. Аналитик кимё лабораториясида ишлаш қондалари**

1. Ҳар бир лаборатория ишини бошлашдан олдин дарсликдан шу ишга тааллуқли назарий масалаларни ўрганиш лозим.

2. Дастлабки лаборатория машғулотида ўзига ажратилган иш жойини тартибга солиш, штатив-қутидаги реактивларнинг жойланиш тартиби билан танишиш, календар иш режасини кўчириб олиш керак.

3. Иш жойи, идишлар ва ускуналар ҳар доим тоза ҳолатда бўлиши керак. Склянкалардаги реактивларнинг тозалигига, айниқса, эътибор қаратиш лозим. Ҳеч вақт фойдаланилган пипеткани бошқа реактив сақланувчи склянкага тикмаслик керак. Бордию реактив эритмаси ифлосланган бўлса, уни дарров янги тайёрлангани билан алмаштириш мумкин.

4. Эритмалари (ёки чўкмалари) бор пробиркалар ва бошқа идишларни адаштирмаслик учун уларда нима борлигини кўрсатувчи этикеткалар билан белгилаш лозим бўлади.

5. Концентрланган кислоталар ва ишқорлар билан эҳтиёткорона иш олиб борилади, чунки улар териға ёки кийимга сачраб, терининг куйишига ва кийимнинг тешилишига олиб келиши мумкин. Териға кислота ёки ишқор сачраса, зарарланган жой водопровод жўмраги остида кўп миқдордаги сув билан ювилади. Агар керак бўлса кислота қолдиқлари сода эритмаси билан, ишқорнинг қолдиқлари сирка кислота эритмаси билан нейтралланади.

6. Заҳарли газлар ва буғлар ажралиши билан борадиган ҳамма реакциялар мўрили шкафта бажарилади. Бу реакциялар учун ишлатилган идишлар ҳам ўша ерда ювилиб тозаланади.

7. Кумуш тузлари сақловчи эритмалар, аралашмалар махсус склянкаларда тўпланади (бу аралашмалардан кейинчалик кумуш металини ажратиб олиш мумкин).

8. Осон алангаланувчи ва учувчан моддалар (спирт, бензол, углерод сульфид ва бошқалар)ни аланга ёки кучли қизиган асбоблар яқинида сақлаш мумкин эмас.

9. Заҳарланиб қолишдан сақланиш учун лаборатория хонасида овқатланиш қатъиян ман қилинади. Ишлар бажарилиб бўлгандан кейин, қўлларни яхшилаб ювиш зарур.

10. Электр энергиясини, газни ва дистилланган сувни тежаб ишлатиш лозим.

11. Лаборатория ишлари тутагач, идишларни ювиш, иш жойини тартибга солиш керак. Газ ва сув жўмраklarини бекитиб, электр асбобларининг ўчирилганига ишонч ҳосил қилибгина, лабораториядан чиқиб кетиш мумкин.

## **8.5. Лаборатория ишлари дафтари юргизиш**

Ҳар бир талабанинг лаборатория иши дафтари тутиши талаб қилинади. Иш дафтарига иш ўтказиладиган кун, лаборатория ишининг номи, ўтказиладиган тажрибаларнинг тафсилоти ёзилади (асбобнинг тузилиши ёки расми чизилади).

Ионларнинг хусусий реакцияларини ўрганганда иш дафтарига текшириладиган модданинг ва реагентнинг номи, формуласи, борадиган реакциянинг молекуляр, ион-молекуляр ва қисқартирилган ионли тенгламалари, кузатилган ташқи эффект, ҳосил қилинган чўкманинг хоссалари (ранги, кислоталарда эриш-эримаслиги ва бошқалар), шу-

нингдек, реакцияни амалга ошириш шароитлари ёзилади. Ҳамма ёзувлар аниқ ва тартибли бўлиши керак.

Қуйида сифат анализи бўйича қилинган лаборатория ишлари натижаларини ёзишнинг намунавий шаклларини келтирамиз.

### 1-лаборатория иши

#### Биринчи гуруҳ катионларининг хусусий реакциялари

Т/р	Текширилувчи катион ёки анион	Қўшиладиган реагент	Аналитик реакциянинг молекуляр, ион-молекуляр ва қисқартирилган ион тенгламаси	Кузатилган ҳодиса

Катионлар аралашмаси ёки анионлар аралашмасини анализ қилиш бўйича назорат ишларини бажарганда иш дафтарига қилинган текширишларнинг натижалари қуйидаги кетма-кетликда ёзилиши мумкин: текшириладиган модда, бажарилган тажриба ва қўшилган реагент, кузатилган ҳодиса ва тажрибалардан келиб чиққан хулоса.

Иш дафтарида катион ва анионлар аралашмаси анализи натижаларини қуйидаги намунавий шаклда ифодалаш мумкин:

### 2-лаборатория иши

#### Биринчи ва иккинчи гуруҳ катионлари аралашмасига доир назорат иши

Т/р	Текшириладиган модда	Бажарилган тажриба ва қўшилган реагент	Кузатилган ҳодиса	Хулоса

Якуний хулоса. Текширилган эритмада қуйидаги ионлар: ----- борлиги аниқланди.



## Саволлар

1. Ярим микрокимёвий сифат анализда қандай идишлар ишлатилади? Қўлланиладиган идишлар номи ва вази-фасини шарҳланг.
2. Анализда фойдаланиладиган идишларни ювиш тартиби қандай?
3. Сифат анализда қўлланиладиган реактивлар ва уларнинг концентрациялари қандай бўлади?
4. Ярим микрометод бўйича қилинадиган анализда эритмаларни иситиш методикасини тушунтиринг.
5. Топиладиган ионни чўктириш реакциялари қандай тартибда амалга оширилади?
6. Эритмадан чўкма қандай усул билан ажратилади?
7. Центрифугатни бошқа пробиркага ўтказиш қандай йўл билан амалга оширилади?
8. Чўкмани ювиш тартиби ва чўкмани эритишни тушунтиринг.
9. Эритмаларни буғлатиш ва қолдиқни қиздириш методикаси қандай?
10. Томчилар реакцияларининг моҳияти ва бу реакцияларнинг афзал томонлари нималардан иборат?
11. Микрокристаллоскопик реакцияларни амалга ошириш йўллари тушунтиринг.
12. Аналитик кимё лабораторияларида иш бажарилганда қандай қоидаларга риоя қилиш керак?

## Тестлар

1. NaCl нинг 500 г 10% ли эритмасини тайёрлаш учун шу туздан неча грамм керак бўлади?
  - A) 50 г;
  - B) 40 г;
  - C) 58,5 г;
  - D) 60 г;
  - E) 30 г.
2. 60 г сувда 20 мл 40% ли фосфат кислота ( $\rho=1,254$  г/мл) эритилди. Ҳосил бўлган эритманинг фоиз концентрацияси қандай?

- A) 10%;
- B) 11,8%;
- C) 10,18%;
- D) 5,9%;
- E) 8,11%.

3. 1 литр сувда 10 г мис (II)-сулфат эритилган, эритманинг моляр ва нормал концентрацияларини ҳисобланг.

- A) 0,0312 M; 0,0625 N;
- B) 0,625 M; 1,25 N;
- C) 0,0625 M; 0,125 N;
- D) 0,125 M; 0,0625 N;
- E) 1,25 M; 0,625 N.

4. 500 мл 0,05 N эритма тайёрлаш учун неча грамм натрий гидроксид кристаллари керак бўлади?

- A) 10 г;
- B) 0,1 г;
- C) 2 г;
- D) 1 г;
- E) 0,5 г.

5. Сулфат кислотанинг 59,7% ли эритмаси ( $\rho \approx 1,50$  г/мл)нинг моляр ва нормал концентрациясини ҳисобланг.

- A) 18,2 M; 9,1N;
- B) 9,1 M; 9,1 N;
- C) 18,2 M; 18,2 N;
- D) 0,91 M; 1,82 N;
- E) 9,1 M; 18,2 N.

6. 2 литр 0,05 N эритма тайёрлаш учун 40 % ли сирка кислота эритмасидан неча грамм олинади?

- A) 15 г;
- B) 10,5 г;
- C) 14,5 г;
- D) 1,5 г;
- E) 5,1 г.

7. 0,3 N 5 литр эритма тайёрлаш учун нитрат кислота эритмаси ( $\rho = 1,31$  г/мл)дан неча миллилитр керак бўлади?

- A) 144 мл;
- B) 140 мл;

- С) 14,4 мл;
- Д) 44,1 мл;
- Е) 72 мл.

8. 2 литр 0,2 М эритма тайёрлашга 30% ли хлорид кислота эритмаси ( $\rho=1,15$  г/мл)дан неча миллилитр сарфланишини ҳисобланг.

- А) 40,3 мл;
- В) 42,3 мл;
- С) 43,2 мл;
- Д) 21,15 мл;
- Е) 41,2 мл.

9. Хлорид кислотанинг 150 мл 20% ли эритмаси ( $\rho=1,1$  г/мл) ни 900 мл гача суюлтирилди. Ҳосил бўлган кислота эритмасининг моляр концентрациясини аниқланг.

- А) 0,95 М;
- В) 0,94 М;
- С) 1 М;
- Д) 1,15 М;
- Е) 1,25 М.

10. Алюминий сульфатнинг 0,5 М эритмасининг нормал концентрацияси қандай бўлади?

- А) 6 N;
- В) 1,75 N;
- С) 1,5 N;
- Д) 3 N;
- Е) 0,5 N.

11. 200 мл да 2,2 г водород хлорид бўлган хлорид кислота эритмасининг нормаллигини ҳисобланг.

- А) 0,6 N;
- В) 0,25 N;
- С) 0,03 N;
- Д) 3 N;
- Е) 0,3 N.

12. 2 литр 12,5% ли эритма тайёрлаш учун сульфат кислота ( $\rho=1,84$  г/мл) эритмасидан неча миллилитр керак бўлишини ҳисобланг.

- A) 171 мл;
- B) 167 мл;
- C) 137 мл;
- D) 161 мл;
- E) 117 мл.

13. 300 миллилитрида 5,88 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  бўлган сулфат кислота эритмасининг нормал ва моляр концентрацияларини топинг.

- A) 0,4 N; 0,2 M;
- B) 2 N; 4 M;
- C) 0,2 N; 0,4 M;
- D) 0,04 N; 0,02 M;
- E) 0,2 N; 0,2M.

14. 2,5 литр 0,2 M эритма тайёрлашга натрий гидроксиднинг 2 N эритмасидан қанча ҳажм керак?

- A) 200 мл;
- B) 520 мл;
- C) 125 мл;
- D) 25 мл;
- E) 250 мл.

15.  $\text{SO}_4^{2-}$  ионларининг концентрацияси 0,2 мол/л га тенг бўлса, 1 литр эритмада неча гармм  $\text{SO}_4^{2-}$  иони бўлади?

- A) 192 г;
- B) 9,6 г;
- C) 19,2 г;
- D) 12,9 г;
- E) 1,92 г.

16. 400 мл 0,5 N эритма тайёрлаш учун  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  кристаллогидратидан қанча олиш керак?

- A) 14,7 г;
- B) 2,876 г;
- C) 26,7 г;
- D) 28,76 г;
- E) 27,6 г.

17.  $\text{CaSO}_4$  тўйинган эритмасининг 1 литрида 2 г туз эриган. Эритманинг моляр ва нормал концентрациясини ҳисобланг.

- A) 0,15 M; 0,3 N;
- B) 0,015 M; 0,03 N;
- C) 0,03 M; 0,03 N;
- D) 0,015 M; 0,015 N;
- E) 0,03 M; 0,015 N.

18. 400 мл 0,092 N эритмада неча грамм ўювчи калий эриган бўлади?

- A) 2,064 г;
- B) 20,64 г;
- C) 2,604 г;
- D) 1,032 г;
- E) 2,406 г.

# КАТИОНЛАРНИНГ ХУСУСИЙ РЕАКЦИЯЛАРИ ВА КАТИОНЛАР АРАЛАШМАСИ АНАЛИЗИ

## IX БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ БИРИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

### 9.1. Биринчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

Биринчи аналитик гуруҳга  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ва баъзи бир бошқа катионлар киритилади. Бу катионларнинг кўпчилик тузлари сувда яхши эрийди. Шу сабабли, бу катионларнинг ҳаммасининг чўктирувчи умумий гуруҳ реагенти йўқ. Биринчи гуруҳ катионларининг ҳаммаси сувли эритмаларда рангсиз бўлади.

1-аналитик гуруҳ катионлари биокимёвий ва биологик жараёнларда муҳим вазифани бажарадилар. Тупроқда  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионлари осон эрувчи тузлар (хлоридлар, сульфатлар, нитратлар, карбонатлар ва бошқалар) ҳолида учрайди. Натрий тузлари ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ) шўрланган тупроқ таркибида бирмунча кўпроқ учрайди. Ўсимликлар учун тупроқда  $\text{NaHCO}_3$  нинг бўлиши зарарлидир.

$\text{Na}^+$  катионларига қарама-қарши ўлароқ,  $\text{K}^+$  ва  $\text{NH}_4^+$  катионлари ўсимликларнинг озикланиши учун зарур ҳисобланади. Магний катиони  $\text{Mg}^{2+}$  тузларининг тупроқда оз миқдорда бўлиши ўсимликлар организмнинг меъёрдаги ҳаётий фаолияти учун зарур, чунки магний ўсимликларнинг яшил пигменти—хлорофилл таркибида бўлади.

Биринчи гуруҳ катионлари муҳим минерал ўғитлар таркибига киради. Табиийки,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг хусусий реакцияларидан минерал ўғитларни анализ қилишда лаборатория амалиётида кенг фойдаланилади.

Шу билан биргаликда натрий ва калий бирикмалари одам ва ҳайвонлар тўқималари ва физиологик суюқликла-

рининг таркибий қисмларидан ҳисобланади. NaCl нинг 0,9% ли эритмаси (физиологик эритма) қон йўқотишларда ва биологик текширишларда ишлатилади. Натрий гидрокарбонат ва магний оксид ошқозон суюқлигининг ортиқча кислоталилигини нейтраллашга хизмат қилади.

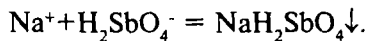
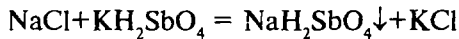
Натрий ва калий бромидлар асаб системасини тинч-лантирувчи воситалар тариқасида истеъмол қилинади.

Оқсилларнинг чириши натижасида аммоний тузлари ва аммиак ҳосил бўлади, табиий сувларда буларнинг бўлиши ифлосланиш белгиси ҳисобланади.  $\text{NH}_4^+$  катиони ва баъзи бир бошқа ионлар бор-йўқлигини текшириб, сувнинг сифати назорат қилинади.

## 9.2. Натрий $\text{Na}^+$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар натрийнинг сувда эрийдиган тузлари — хлориди, сульфати, нитрати эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. **Калий дигидроантимонат  $\text{KH}_2\text{SbO}_4$**  натрий  $\text{Na}^+$  катионлари билан натрий дигидроантимонатнинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:



Натрий тузи эритмасидан пробиркага 5—6 томчи солиб, устига шунча томчи калий дигидроантимонат эритмасидан қўшилади ва шиша таёқча ёрдамида пробирканинг аралашма турган қисмидаги ички девори юзаси ишқаланади. Ҳосил бўлган натрий дигидроантимонатнинг оқ кристалл чўкмаси тушади.

Аналитик реакция қуйидаги шароитларда боради:

- натрий тузи эритмасининг концентрацияси етарли даражада бўлиши лозим, шунинг учун суюлтирилган эритмалари буғлатилади;

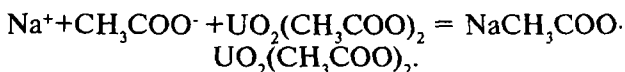
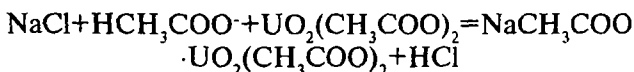
- эритма муҳити нейтрал ёки кучсиз ишқорий бўлиши лозим;

- ҳосил бўладиган чўкманинг эрувчанлиги иситилганда ортганлиги сабабли, реакция совуқда ( $15\text{—}20^\circ\text{C}$ ) олиб

борилади. Баъзан пробирка ичидаги эритмаси водопровод суви билан жўмрак тагида совитилади.

**2. Уранил ацетат**  $\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$  натрий катионларини микрокристаллоскопик реакция ёрдамида аниқлашга имкон беради.

Шиша пластинкага бир томчи натрий тузи эритмаси жойлаштирилади. Уни оқисталик билан қуригунча буғлатилади. Совитилган қуруқ қолдиқ уранил ацетатнинг суолтирилган сирка кислотадаги 1 томчи эритмаси билан шиша таёқча билан аралаштирилади. 1—2 минутдан кейин микроскоп остида яхши фарқланадиган натрий-уранил ацетатнинг сарғиш рангдаги тетраэдр ёки октаэдр шаклдаги кристаллари ҳосил бўлади:



Реакция қуйидаги шароитда бажарилади:

-  $\text{Na}^+$  катионини топишда эритма муҳити нейтралга яқин бўлиши керак. Кислотали эритмалар олдиндан аммиак эритмаси билан нейтралланади.

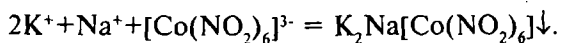
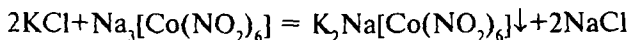
**3. Алангани бўйш реакцияси.** Учи ҳалқа қилиб қайрилган платина ёки нихром сим кавшарланган шиша таёқча олинади. Дастлаб симнинг тозалигига ишонч ҳосил қилинган (симни  $\text{HCl}$  эритмаси билан ҳўллаб, ранг йўқолгунча алангада қиздириб тозаланади), қизиб турган сим натрий тузига ёки натрий тузи эритмасига ботирилади. Сўнгра шу сим газнинг рангсиз алангасига киритилса, аланга сариқ рангга бўялади. Реакция жуда сезгир бўлиб, сариқ ранг 10—15 сек давомида йўқолмайди.

### 9.3. Калий $\text{K}^+$ катионининг хусусий реакциялари

Калий катионининг реакцияларини ўрганишда калийнинг сувда эрийдиган хлориди, сульфати ва нитратидан фойдаланилади.



1. **Натрий гексанитрокобалтат (III)  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$   $\text{K}^+$  катиони билан қўш тузнинг сариқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:**



Конуссимон пробиркага 2—3 томчи калий тузи эритмасидан солинади ва устига шунча томчи натрий гексанитрокобалтат (III) эритмасидан қўшилади. Ёрқин сариқ рангли кристаллик чўкма ҳосил бўлади.

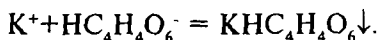
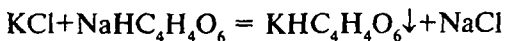
Реакцияни бажаришда қуйидаги шароитларга эътибор бериш лозим:

- текшириладиган эритманинг рН қиймати 7 дан юқори бўлмаслиги керак, чунки ишқорий муҳитда реагент эритмаси парчаланadi. Кучли кислотали муҳитда чўкма эриб, нитрат кислота ҳосил бўлиб, унинг парчаланиши натижа-сида азот оксидлари ҳосил бўлади;

- бу реакцияни бажариш учун янги тайёрланган  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  эритмаси зарур, чунки реагент эритмаси узоқ туриб қолса парчланиб, пушти рангли  $\text{Co}^{2+}$  ионлари ҳосил қилади. Бундай пушти рангли реагент эритмаси  $\text{K}^+$  ионини топиш учун ярамайди;

- пробирканинг аралашма турган ички девори юзасини шиша таёқча билан ишқалаш ёки аралашмани чайқатиш чўкма ҳосил бўлиш жараёнини тезлаштиради.

2. **Вино кислота  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  ёки унинг тузи натрий гидротартрат  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  калий катиони  $\text{K}^+$  тузлари билан оқ майда кристаллик калий гидротартрат чўкмаси ҳосил қилади:**



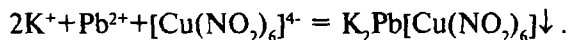
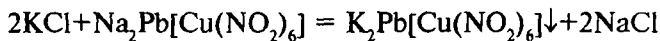
Конуссимон пробиркага 4—5 томчи  $\text{K}^+$  тузи эритмасидан томизилиб, шунча томчи вино кислотаси ёки натрий гидротартрат эритмасидан қўшилади. Пробиркани ичидаги аралашмаси билан водопровод жўмраги остида сув билан совитилади ва пробирканинг ички девори шиша таёқча

билан ишқаланса, бир оз вақтдан кейин оқ майда кристалли чўкма ҳосил бўла бошлайди.

$K^+$  катионини бу реагентлар билан топиш шароитлари:

- эритмада  $K^+$  ионининг концентрацияси етарли даражада юқори бўлиши керак;
- тажриба совуқда ўтказилиши лозим;
- эритма кучсиз кислотали ёки нейтрал ( $pH=4-7$ ) бўлиши керак.

**3. Натрий-қўрғошин гексанитрокуприт (II)**  
 $Na_2Pb[Cu(NO_2)_6]$   $K^+$  катионлари билан қора ёки жигаррангли кубсимон кристаллар ҳосил қилади:



Калий тузи эритмасининг бир томчиси шиша пластинкага томизилади ва қуригунча буғлатилади. Сўнгра қуруқ қолдиқ натрий-қўрғошин гексанитрокуприт (II) эритмасининг бир томчиси билан аралаштирилиб, микроскоп остида ҳосил бўлган кристаллар шакли ва ранги кузатилади.

Реакциянинг бориш шароити:

- текшириладиган эритманинг  $pH$  қиймати 6—7 бўлиши керак;

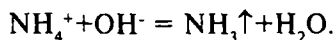
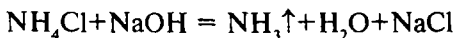
- бу реакцияга  $NH_4^+$  катионлари халақит беради, чунки  $NH_4^+$  катионлари ҳам айни реагент билан  $K^+$  катионига ўхшаш қора кристаллар ҳосил қилади. Шу сабабли текшириладиган эритмадан даставвал  $NH_4^+$  катионларини йўқотиш лозим.

**4. Алангани бўйиш реакцияси.** Тозаланган платина ёки нихром симни қиздириб, калий хлорид эритмасига туширилади ёки қаттиқ калий тузлари кристалларига тегизилади. Сим эритма томчиси ёки калий тузи заррачалари билан газ алангасининг рангсиз қисмига киритилади. Аланганинг бинафша рангга кириши кузатилади. Бундай рангнинг ҳосил бўлиши калий тузларига хосдир.

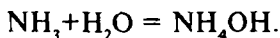
#### **9.4. Аммоний $NH_4^+$ катионининг хусусий реакциялари**

Тажрибаларни бажариш учун аммоний хлорид  $NH_4Cl$  ёки аммоний сульфат  $(NH_4)_2SO_4$  ларнинг эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ёки KOH аммоний тузлари эритмаларига қўшиб қиздирилганда газсимон аммиак ажралиб чиқади:**



Пробиркага аммоний тузи эритмасидан 2—3 томчи томизилиб, устига 3—4 томчи ишқор эритмасидан қўшилади ва пробирка ичидаги эритмаси билан сув ҳаммомида иситилади. Аммиакнинг ажралиб чиқишини ҳидидан билиш мумкин. Лекин яхшиси намланган қизил ёки универсал лакмус қоғозини пробиркадан ажралиб чиқаётган бугга тугтилади, бунда лакмус қоғози кўк рангга киради, сабаби, ажралиб чиқаётган аммиак лакмус қоғоздаги сув билан таъсирлашиб, аммоний гидроксид ҳосил қилади:

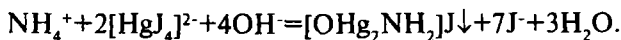


Ҳосил бўлган  $\text{NH}_4\text{OH}$  асос хоссасига эга бўлганлиги учун лакмус қоғозини кўкартиради.

Таҳрибани бажариш шароити қуйидагилардан иборат:

- реакцияни бажаришда эритманинг рН қиймати 9 дан катта бўлиши лозим;
- эритмани иситиш лозим;
- намланган индикатор қоғозини пробирканинг ички деворига ва эритмага тегизмай ушлаб туриш керак;
- индикатор сифатида фенолфталеин шимдирилган филтр қоғозидан фойдаланиш мумкин, бу  $\text{NH}_4^+$  катиони таъсиридан қизаради.

2. **Несслер реактиви (комплекс туз  $\text{K}_2[\text{HgJ}_4]$  нинг KOH эритмаси билан аралашмаси) аммоний тузлари эритмаси билан таъсирлашиб, оксодимеркур аммоний йодиднинг қизил-қўнғир рангли чўкмасини ҳосил қилади:**



Аммоний тузининг суюлтирилган эритмасидан соат ойнаси ёки шиша пластинкага бир томчи томизилиб устига 2 томчи Несслер реактиви қўшилади (реагентни аммоний тузига қараганда мўлроқ олиш керак, чунки чўкма ортиқча аммоний тузида эрийди). Реакция натижасида қизил-қўнғир чўкма ҳосил бўлади. Реакциянинг сезгирлиги юқори бўлиб, ҳаттоки тасодифий  $\text{NH}_4^+$  қўшимчаси иштирокини кўрсатолади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

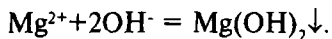
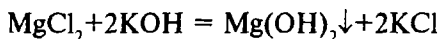
- анализни бажаришда Несслер реактивидан мўлроқ қўшиш керак;

-  $\text{NH}_4^+$  ионини топишга эритмадаги  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  катионлари халақит берганлиги учун текшириладиган эритмага калий-натрий тартрат  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  нинг 50% ли эритмаси қўшилиб, кўрсатилган ионлар комплекс бирикмаларга айлантирилади.

## 9.5. Магний $\text{Mg}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Магний катиони реакцияларини ўтказиш учун  $\text{MgCl}_2$  ёки магний сульфат  $\text{MgSO}_4$  эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Ўювчи ишқорлар  $\text{NaOH}$  ва  $\text{KOH}$**  магний тузлари билан таъсирлашиб, кислоталар ва аммоний тузларида эрувчи оқ аморф магний гидроксид чўкмасини ҳосил қилади:



Бу реакциядан  $\text{Mg}^{2+}$  катионини биринчи аналитик гуруҳнинг бошқа катионларидан ажратишда фойдаланилади, чунки бошқа катионларнинг гидроксидлари сувда яхши эрийди.

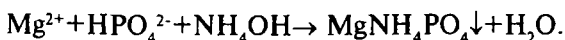
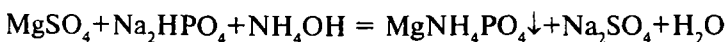
Пробиркадаги 2—3 томчи магний тузи эритмасига шунча миқдордаги  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  эритмаси қўшилади, аморф ҳолдаги магний гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Реакциянинг бориши учун:

- текшириладиган эритма муҳити ишқорий бўлиши керак;

- эритмада  $\text{NH}_4^+$  ионларининг бўлиши чўкманинг ҳосил бўлмаслигига олиб келиши мумкин.

2. **Натрий гидрофосфат**  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  аммоний гидроксид ва аммоний хлорид иштирокида магний тузлари билан магний-аммоний фосфатнинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:

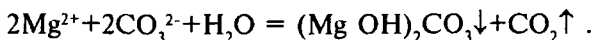
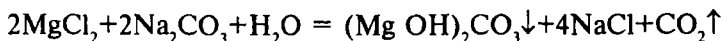


Пробиркага 2—3 томчи  $\text{Mg}^{2+}$  тузи эритмаси солиб, устига 2 томчи аммоний хлорид ва 4 томчи реагент  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  эритмасидан қўшилади. Сўнгра  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 2 N эритмасидан ишқорий муҳит ҳосил қилинганча (лакмус ёрдамида аниқланади ёки аммиак ҳидининг пайдо бўлишига қараб) аралаштириб қўшилади. Суюлтирилган эритмаларда чўкма бироз муддатдан кейин ҳосил бўлади. Чўкманинг ҳосил бўлишини чайқатиш ёки пробирканинг ички деворини шиша таёқча билан ишқалаш орқали тезлатиш мумкин.

Таҷрибанинг бажарилиш шароити:

- реакция аммиакли муҳитда  $\text{pH}=8$  да олиб борилади;
- эритмада  $\text{NH}_4^+$  катионларининг кўпайиб кетиши чўкма тушишига ҳалақит беради;
- эритмани  $75-100^\circ\text{C}$  гача қиздириш кристалл чўкма тушишига имконият беради;
- эритмада биринчи гуруҳ катионларидан бошқа катионларнинг бўлиши реакциянинг боришига ҳалақит беради, чунки кўпчилик катионлар бу шароитда эримайдиган фосфатлар ҳосил қилади.

3. **Эрувчан карбонатлар**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ва  $\text{K}_2\text{CO}_3$   $\text{Mg}^{2+}$  катиони тузлари эритмаларидан магний гидроксикарбонатнинг оқ аморф чўкмасини ҳосил қиладилар:



Магний тузи эритмасидан 2—3 томчи олиб, устига шунча ҳажмдаги натрий карбонат эритмаси қўшилади ва оқ аморф чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни амалга оширишда қуйидагилар эътиборга олиниши талаб қилинади:

## Биринчи аналитик гуруҳ катионларининг реакциялари

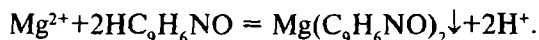
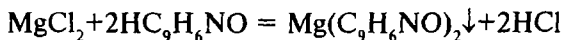
Реагентлар	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
KH <sub>2</sub> SbO <sub>4</sub>	Оқ кристаллик чўкма – NaH <sub>2</sub> SbO <sub>4</sub>	-	Оқ аморф чўкма – HSbO <sub>3</sub>	Оқ кристаллик чўкма – Mg(H <sub>2</sub> SbO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
UO <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> + CH <sub>3</sub> COOH	Сарғиш кристалл чўкма – натрий уранил ацетат	-	-	-
Na <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	-	Сариқ кристалл чўкма – K <sub>3</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	Сариқ кристалл чўкма – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Na[Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	-
NaHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	-	Оқ кристалл чўкма – KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Оқ кристалл чўкма – NH <sub>4</sub> HC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	-
Na <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	-	қора кристалл чўкма – K <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	Қора кристалл чўкма – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Pb[Cu(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	-
NaOH, KOH	-	-	Аммиак NH <sub>3</sub> ажралиши	Оқ аморф чўкма – Mg(OH) <sub>2</sub>
Несслер реактиви K <sub>2</sub> [HgI <sub>4</sub> ]+KOH	-	-	Қизил-кўнгир чўкма – [OHg <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> ]	Оқ аморф чўкма – Mg(OH) <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> +NH <sub>4</sub> OH NH <sub>4</sub> Cl ишгирокида	-	-	-	Оқ кристалл чўкма – MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>
Оксихинолин	-	-	-	Яшил-сарғиш чўкма – Mg(C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> NO) <sub>2</sub>
Тузларининг қиздиришга муносабати	қийин учувчан	қийин учувчан	Учувчан	қийин учувчан
Аланганин буюлиши	Сариқ	Бинафша	-	-

-  $Mg^{2+}$  катионини сақловчи эритма муҳити ишқорий бўлиши;

- эритмада аммоний тузлари бўлмаслиги, акс ҳолда магний гидроксикарбонат чўкмаси ҳосил бўлмайди.

Шуни таъкидлаш лозимки,  $(MgOH)_2CO_3$  чўкмасининг аммоний тузларининг мўл миқдориди эриши аммоний карбонат таъсирида карбонатлар ҳолида чўкувчи 2-гуруҳ катионларидан  $Mg^{2+}$  ни ажратишга имкон беради.

4. **Оксихинолин**  $C_9H_6NOH$  магний тузларининг аммиакли эритмаларидан  $Mg^{2+}$  катионини яшил-сарғиш кристалл чўкма магний оксихинолят ҳолида ажратади:



Пробиркадаги 2 томчи  $Mg^{2+}$  тузи эритмасига  $NH_4Cl$  нинг тўйинган эритмасидан 1 томчи,  $NH_4OH$  нинг концентранланган эритмасидан 2 томчи, сўнгра оксихинолиннинг 5% ли спиртли эритмасидан 3 томчи қўшилади. Пробиркадаги аралашма шиша таёқча билан аралаштирилиб, яшил-сарғиш чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни олиб бориш шароити:

- чўктиришда эритма муҳитининг рН кўрсаткичи 8–13 бўлиши тавсия этилади;

- биринчи ва иккинчи гуруҳ катионлари  $Mg^{2+}$  ни бу реакция билан очишга халақит бермайди;

- чўктириш реакциясини иситиш билан олиб борилиши ижобий натижа беради.

## 9.6. Биринчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби

Катионларнинг биринчи гуруҳи хусусий реакциялари асосида шу катионларнинг ишлатиладиган муҳим реагентларга муносабатини битта жадвалга жамлаш мумкин (5-жадвал).

Жадвалдан кўриниб турибдики, эритмада  $NH_4^+$  катионининг иштирок этиши,  $K^+$  ва  $Na^+$  катионларини калий дигидроантимонат  $KH_2SbO_4$  ёрдамида аниқлашга халақит беради. Лекин  $NH_4^+$  ни эритмадан буглатиш ва қиздириш

орқали йўқотиш мумкин.  $\text{Na}^+$  катионини  $\text{KH}_2\text{SbO}_4$  таъсирида аниқлашга  $\text{Mg}^{2+}$  катионлари халақит беради, аммо зарур бўлса  $\text{Mg}^{2+}$  ни ишқор эритмаси таъсирида эритмадан  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ҳолида чўктириш мумкин.  $\text{K}^+$  катионини ўзига хос реагентлар билан аниқлашга  $\text{Na}^+$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг эритмада бўлиши халал бермайди.  $\text{NH}_4^+$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларига хос сифат реакцияларига биринчи аналитик гуруҳнинг бошқа катионлари халал бермайди.

Юқоридагиларни ҳисобга олиб, биринчи гуруҳ катионларининг аралашмаси қуйидаги тартибда анализ қилинади (6-жадвал).

6-жадвал

1-гуруҳ катионлари аралашмасини  
анализ қилиш тартиби

<p>Эритманинг айрим улушлари билан ўтказиладиган дастлабки синовлар: 1) <math>\text{NH}_4^+</math> ни эритмага ишқор қўшиб қиздириш йўли билан аниқлаш. 2) <math>\text{Mg}^{2+}</math> ни эритмадан <math>\text{Na}_2\text{HPO}_4</math> билан (<math>\text{NH}_4\text{OH}</math>, <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> иштирокида) топиш.</p>		
<p>Аралашма эритмасидан <math>\text{NH}_4^+</math> ионини йўқотиш учун эритма буғлатилади, қолдиқ аммоний тузлари тўлиқ парчалангунча қиздирилади. Несслер реактиви ёрдамида <math>\text{NH}_4^+</math> иони йўқолганига ишонч ҳосил қилинади. Тигелдаги қуруқ қолдиқ сувда эритилади, центрифугаланади.</p>		
<p>Чўкмада <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> қолади ва ташлаб юборилади.</p>	<p>Центрифугат таркибида <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math> бўлади. 1) Эритманинг бир қисмига <math>\text{Na}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]</math> таъсир эттириб, <math>\text{K}^+</math> иони бор-йўқлиги аниқланади. 2) Қолган эритманинг ҳаммасига <math>\text{KOH}</math> таъсир эттириб, <math>\text{Mg}^{2+}</math> иони <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> ҳолида чўкмага ўтказилади, центрифугаланади.</p>	
	<p>Чўкма: <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> текширилмай, ташлаб юборилади.</p>	<p>Центрифугат таркибида <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math> ва ортиқча <math>\text{OH}^-</math> бўлади. Эритма хлорид кислотанинг 2N эритмаси билан нейтралланади, эритма буғлатилиб, <math>\text{HCl}</math> нинг ортиқча миқдори йўқотилади. Қуруқ қолдиқ сувда эритилиб, тиниқ эритмадан <math>\text{Na}^+</math> иони <math>\text{KH}_2\text{SbO}_4</math> билан аниқланади.</p>

1. Эритманинг рН қийматини аниқлаш. Аналитик реакцияларни ўтказиш учун зарур муҳитни вужудга келтириш энг муҳим шартлардан бири бўлганлиги учун, айрим ион-



ларни топишга киришишдан олдин текширилувчи эритманинг рН қийматини тахминан аниқлаб олиш керак. Эритма рН ни индикаторлар тўплами ёки универсал лакмус қоғози билан аниқланади.

2.  **$\text{NH}_4^+$  катионини топиш.** Конуссимон пробиркага 2–3 томчи текшириладиган аралашма эритмасидан солиб, устига 3–4 томчи  $\text{NaOH}$  нинг 2N эритмасидан қўйилади ва пробирка сув ҳаммомига ўрнатилади. Пробирка оғзидан чиқаётган бугга ҳўлланган қизил лакмус (ёки универсал лакмус) қоғози тугилади. Лакмус қоғозининг кўкариши текширилаган аралашмада  $\text{NH}_4^+$  катион борлигини кўрсатади.

3.  **$\text{Mg}^{2+}$  катионини топиш.** Текширилувчи эритмадан 2–3 томчисига аммоний хлорид эритмасидан 2 томчи ва 4 томчи  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  эритмаси қўшилади. Сўнг шиша таёқча билан аралаштириб аммиак ҳиди келгунча  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 2N эритмасидан қўшилади. Пробирканинг ички девори таёқча билан ишқаланади ва аралашма 2–3 минут тинч қолдирилади.

Магний-аммоний фосфат  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  нинг оқ кристалл чўкмаси ҳосил бўлиши берилган аралашма таркибида  $\text{Mg}^{2+}$  катиони борлигини кўрсатади.

Бундан ташқари, эритмадаги  $\text{Mg}^{2+}$  катионини бошқа реакциялар ёрдамида ҳам топиш мумкин (9.5 га қаранг).

4.  **$\text{NH}_4^+$  катионини йўқотиш.** Аралашма эритмасидан  $\text{K}^+$  ва  $\text{Na}^+$  ни аниқлашга халақит берувчи  $\text{NH}_4^+$  ионини йўқотиш учун 13–15 томчи текшириладиган эритмани тигелда буғлатилади ва қуруқ қолдиқни аммоний тузлари тўлиқ парчалангунча қиздирилади. Оқ «тутун»нинг ажралиб чиқиши тўхтагач, қуруқ қолдиқнинг кичик бир бўлаги соат ойнасига шиша таёқча ёрдамида ўтказилади, бир томчи сувда эритилиб, Несслер реактиви билан  $\text{NH}_4^+$  иони бор-йўқлиги текширилади.  $\text{NH}_4^+$  ионини тўлиқ йўқотишга эришилгач, тигелдаги қуруқ қолдиқ 6–8 томчи сувда эритилади, эритма конуссимон пробиркага ўтказилиб, центрифугаланади. Чўкма ташлаб юборилиб, центрифугатдан  $\text{K}^+$  ва  $\text{Na}^+$  катионлари топилади.

5.  **$\text{K}^+$  катионини топиш.** Центрифугатнинг бир қисмидан  $\text{K}^+$  катионини топиш учун, 1–2 томчи центрифугатга 2–3 томчи  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$  эритмасидан қўшилади, зарур бўлса бир неча минут кутилади. Сарик чўкманинг ҳосил бўлиши  $\text{K}^+$  борлигини кўрсатади.  $\text{K}^+$  катионини  $[\text{Na}_2\text{PbCo}(\text{NO}_2)_6]$  таъсиридан микрокристаллоскопик реакция ёрдамида ҳам очиш мумкин.

6. **Mg<sup>2+</sup> катионини йўқотиш.** Агар 3-банд бўйича Mg<sup>2+</sup> иони борлиги аниқланган бўлса, Na<sup>+</sup> катионини топиш учун эритмадан Mg<sup>2+</sup> ни йўқотиш керак. Бунинг учун K<sup>+</sup> катиони бор-йўқлиги аниқлангач, қолган эритманинг ҳаммасига КОН нинг 2N эритмаси (NaOH эритмаси мумкин эмас) кучли ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Ҳосил бўлган чўкма Mg(OH)<sub>2</sub> ни центрифугалаб, ажратиб олиниб, ташлаб юборилади.

7. **Na<sup>+</sup> катионини топиш.** Юқоридаги 6-бандда олинган центрифугатнинг ҳаммаси тигелга солинади, эритмадаги ортиқча КОН ни нейтраллаш мақсадида HCl нинг 2N эритмасидан кислотали муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади. Сўнг эритма буғлатилади ва HCl нинг ортиқчаси йўқолгунча қуруқ қолдиқ қиздирилади. Тигел совигач, қуруқ қолдиқ 2–3 томчи сувда эритилади. Эритма центрифугаланади ва тиниқ центрифугат бошқа пробиркага ўтказилиб, калий дигидроантимонат KН<sub>2</sub>SbO<sub>4</sub> таъсирида Na<sup>+</sup> катиони бор-йўқлиги аниқланади.

Биринчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализини тугатгач, иш натижалари 8-бобнинг 8.5 - бандида кўрсатилган намунавий жадвал шаклида ифодаланади.

## Саволлар

1. Катионларнинг биринчи аналитик гуруҳининг умумий тавсифини шарҳланг.

2. Натрий Na<sup>+</sup> катионини калий дигидроантимонат ёрдамида аниқлаш учун қандай шароит бўлиши керак?

3. Эритмадаги натрий катионларини яна қандай реакциялар ёрдамида аниқлаш мумкин?

4. Калий катионларини топишда қўлланиладиган қандай аналитик реакцияларни биласиз?

5. Эритмадаги аммоний (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) катионларини аниқлаш учун қўлланиладиган реакцияларда қандай ташқи эффектилар кузатилади?

6. Эритма таркибидаги Mg<sup>2+</sup> ионларини аниқлашдаги ўзига хос реакция қандай ва уни амалга ошириш учун қандай шароит талаб қилинади.

7. Биринчи гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартибини тушунтиринг

8. Эритмадан  $\text{NH}_4^+$  ионларини қандай йўл билан йўқотиш мумкин?

9. Аралашмада  $\text{Na}^+$  ва  $\text{K}^+$  катионлари бор-йўқлигини  $\text{Mg}^{2+}$  катиони иштирокида аниқлаб бўладими?

10. Эритмадан  $\text{Mg}^{2+}$  ионлари қандай йўқотилади?

## Тестлар

1. Натрий катионини калий дигидроантимонат ёрдамида топиш реакцияси тенгламасини қисқартирилган шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг:

- A) 2;
- B) 3;
- C) 4;
- D) 5;
- E) 7.

2. Уранилацетат ёрдамида натрий катионини топишда қандай аналитик эффект юз беради?

- A) Оқ кристаллик чўкма ҳосил бўлади;
- B) Сарик кристалл чўкма тушади;
- C) Эритма сарик рангга киради;
- D) Микроскоп остида октаэдр ва тетраэдр шаклдаги кристаллар кузатилади;
- E) Қизил-қўнғир чўкма ҳосил бўлади.

3. Калий катионини натрий гидротартрат реагенти таъсирида аниқлаш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?

- A) Эритма сарик тусга киради;
- B) Оқ кристалл чўкма тушади;
- C) Оқ аморф чўкма ҳосил бўлади;
- D) Қўнғир чўкма тушади;
- E) Сарик чўкма ҳосил бўлади.

4. Калий катиони билан натрий гидротартрат ўртасида борадиган тенгламани қисқартирилган ион-молекуляр шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- A) 3;

- В) 2;
- С) 5;
- Д) 4;
- Е) 6.

5. Натрий гидротартрат билан калий катионини топиш реакцияси қандай шароитларда боради?

- А)  $pH < 7$ ;
- В)  $pH \gg 7$ , иситиш;
- С)  $pH > 7$ ;
- Д)  $pH \approx 7$ ;
- Е)  $pH \gg 7$ , совитиш.

6. Калий катионини натрий гексанитрокобалтат (III) билан аниқлашда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Оқ кристалл чўкма тушади;
- В) Қора рангли кубсимон кристаллар ҳосил бўлади;
- С) Сарик кристалл чўкма ҳосил бўлади;
- Д) Эритма сариқ тусга киради;
- Е) Эритма пушти рангга киради.

7. Натрий-қўрғошин гексанитрокупрат (II) реагенти билан калий катионини очишдаги реакция тенграмасини қисқартирилган шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 2;
- В) 4;
- С) 3;
- Д) 6;
- Е) 5.

8. Аммоний катионини аниқлашдаги реакциялардан қайси бирининг сезгирлиги юқори бўлади?

- А) Ишқор билан иситиш реакцияси;
- В) Калий дигидроантимонат билан реакцияси;
- С) Натрий гексанитрокобалтат (III) билан борадиган реакция;
- Д) Калий тетраиодомеркурат (II) билан ишқорий муҳитда борадиган реакция;
- Е) Натрий гидротартрат билан борадиган реакция.

9. Магний катионини топишда натрий гидрофосфат билан борадиган реакция қандай муҳитда боради?

- A) Нейтрал;
- B) Сирка кислота иштирокида;
- C) Аммонийли буфер иштирокида;
- D) Кучли кислотали;
- E) Ацетатли буфер иштирокида.

10. Калий катионини аниқлашга халақит берувчи аммоний катиони аралашма эритмасидан қандай усул билан йўқотилади?

- A) Эритмани иситиш;
- B) Реакцион аралашмадаги тузларни буглатиш ва қиздириш;
- C) Ишқор таъсирида;
- D) Нessler реagenти таъсирида;
- E) Калий дигидроантимонат таъсирида.

## **Х БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ИККИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҶИ**

### **10.1. Иккинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи**

Катионларнинг иккинчи аналитик гуруҳига  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ba}^{2+}$  ионлари киради. Бу катионларнинг сувдаги эритмалари рангсиз бўлади.

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  ионлари сувда эримайдиган карбонатлар ҳосил қилади, шунинг учун уларни умумий гуруҳ реагенти  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  таъсирида чўктириш мумкин. Иккинчи гуруҳ катионларининг ҳосил қилган карбонатлари  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  ва  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмаларида яхши эрийди. Ана шунинг учун  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  тузи умумий гуруҳ реагенти сифатида фойдаланилади.

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  катионларининг сульфатлари, фосфатлари ва оксалатлари ҳам сувда эримайди. Лекин 2-гуруҳ катионларини бундай тузлар ҳолида чўктириш мақсадга мувофиқ эмас, чунки бу катионларнинг сульфатлари кучли кислоталарда эримайди ва қийинлик билан эритмага ўтказилади;  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  анионлари аралашмаларда иштирок этса, анализни мураккаблаштиради.

$\text{Ca}^{2+}$  ионлари табиатда кенг тарқалган бўлиб, муҳим биологик аҳамиятга эга. Кўпчилик калций бирикмалари минерал ўғит сифатида қишлоқ хўжалигида ишлатилади.  $\text{Ca}^{2+}$  иони бирикмалари ҳамма ҳайвон ва одам ҳужайраларида учрайди. Унинг фосфат ва карбонатлари суяк таркибига киради.

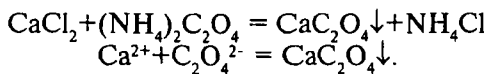
$\text{Ba}^{2+}$  ионлари захарли ҳисобланади. Барий хлорид ва карбонат қишлоқ хўжалигида ўсимлик зараркунандаларига қарши курашда захарли кимёвий препарат сифатида ишлатилади.

Иккинчи гуруҳ катионларининг ҳаммаси оксидловчилар ва қайтарувчилар таъсирига нисбатан барқарордир.

## 10.2. Калций $\text{Ca}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Калций катионини топиш реакцияларига доир тажрибалар калций хлорид ёки нитрат эритмалари билан бажарилади.

1. **Аммоний оксалат**  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$   $\text{Ca}^{2+}$  катиони билан оқ кристаллик чўкма ҳосил қилади:



Пробиркага 3 томчи  $\text{CaCl}_2$  эритмаси солинади, 1 томчи сирка кислота эритмаси қўшилади, сўнгра 3 томчи аммоний оксалат ва 1-2 томчи аммиак эритмаси қўшилади. Калций оксалатнинг оқ кристалл чўкмаси ҳосил бўлади.

Бу реакцияни олиб бориш шароити:

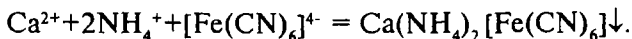
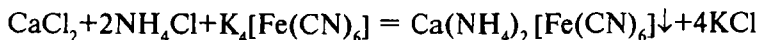
- чўктиришни аввал  $\text{pH}=5-6$  да олиб бориб, сўнгра охирида  $\text{pH}=7-8$  да олиб борилса яхши натижа беради;

- иситиш чўкма тушишига ёрдам беради, шу сабабли эритма қайнаш ҳароратигача иситилади;

-  $\text{Ba}^{2+}$  ва  $\text{Sr}^{2+}$  катионлари реакциянинг бажарилишига халақит беради, чунки улар ҳам оз эрувчан оксалат чўкмалари ҳосил қилади.

Шуни таъкидлаб ўтиш лозимки,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари оксалатларининг сирка кислотада эрувчанлиги турличадир. Калций оксалат сирка кислотада эримайди, барий оксалат сирка кислотада стронций оксалатга нисбатан бирмунча кўп даражада эрийди.

2. **Калий гексацианоферрат (II)**  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$   $\text{Ca}^{2+}$  тузлари эритмаларига аммиакли буфер аралашма иштирокида таъсир қилиб, оқ кристалл чўкма ҳосил қилади:



Пробиркадаги 1-2 томчи калций тузи эритмасига 1 томчидан аммоний гидроксид ва аммоний хлорид эритмаларидан қўшилади, эритма иситилади ва 3-4 томчи  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  нинг тўйинган эритмаси қўшилади, оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити қуйидагича:

- Реакция ишқорий муҳитда ( $\text{pH} \gg 9$ ) аммиакли буфер аралашма иштирокида олиб борилса, унинг сезгирлиги етарли ошади.
- Чўктиришни қайнашгача иситиб олиб борилади.
- Эритмага 1 томчи спирт қўшилса, тез ва тўлиқ чўкишга ёрдам беради.
- Реагент  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмаси концентрланган бўлиши керак.

3. **Натрий родизонат**  $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$  калций тузларининг ишқорий эритмаларидан бинафша рангли  $\text{CaC}_6\text{O}_6 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$  чўкмасини ҳосил қилади.

Филтр қоғози япроғига 1 томчи калций тузининг нейтрал ёки кучсиз кислотали эритмасидан томизиб, аввал натрий родизонатнинг 0,2% ли эритмасидан 1 томчи, сўнгра ўювчи натрийнинг 0,5 N эритмасидан ҳам 1 томчи қўшилади. Бинафша рангли чўкма доғи ҳосил бўлиши кузатилади.

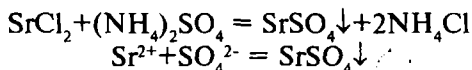
Бу реакция етарли даражада сезгир ҳисобланади.

4. **Алангани бўяш реакцияси.** Платина ёки нихром симдаги калций тузлари газнинг рангсиз алангасига киритилса, аланга қизил-ғишт рангга киради, бундай ранг калций катионига хосдир.

### 10.3. Стронций $\text{Sr}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Реакцияларни бажаришда стронцийнинг эрувчи тузлари стронций хлорид ва нитратлардан фойдаланилади.

1. **Сулфат кислота ва эрувчан сульфатлар.**  $\text{Sr}^{2+}$  катиони билан  $\text{SrSO}_4$  нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркага 4 томчи стронций хлорид ёки нитрат эритмаси солиниб, устига бир неча томчи аммоний сульфат эритмаси қўшилади, оқ чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

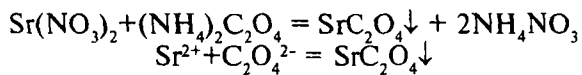


- Чўктиришни аммоний сульфатнинг тўйинган эритмаси билан олиб бориши керак.

- Эритмада  $\text{Ca}^{2+}$  нинг бўлиши стронций катионини очишга халақит бермайди.

- Чўкма бирданига ҳосил бўлмаслиги мумкин, шу сабабли реакция аралашмани 5-6 соатгача қолдириб, кейин хулоса чиқариш мумкин.

2. **Аммоний оксалат**  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  стронций ионлари билан оқ чўкма беради:



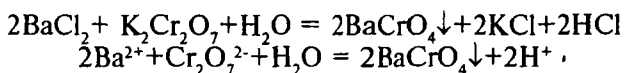
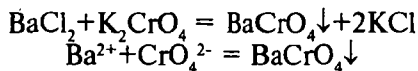
1-2 томчи стронций тузи эритмасига шунча томчи аммоний оксалат  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  эритмасидан қўшилса, оқ чўкма тушиши кузатилади.

3. **Алангани бўяш реакцияси.** Газнинг рангсиз алангасини стронций тузлари оч қизил рангга киритади.

#### 10.4. Барий $\text{Ba}^{2+}$ катионларининг хусусий реакциялари

$\text{Ba}^{2+}$  иони реакцияларини ўрганишда барий хлорид  $\text{BaCl}_2$  ёки барий нитрат  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  эритмалари қўлланилади.

1. **Калий хромат  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ёки калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .**  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари билан сариқ кристаллик чўкма ҳосил қилади:



Пробиркага 3 томчи барий хлорид ёки барий нитрат эритмасидан солиб, устига калий хромат  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ёки калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмасидан 3 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бунда барий хромат  $\text{BaCrO}_4$  нинг сариқ кристаллик чўкмаси ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

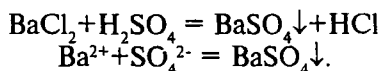
- реакция нейтрал ва кучсиз кислотали муҳитда бажарилади;

- эритмада  $\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  катионлари бўлса, реакция сирка кислотали муҳитда  $\text{pH}=3-5$  бўлганда ўтказилади;

- эритмани иситиш чўкма тушишини тезлаштиради.

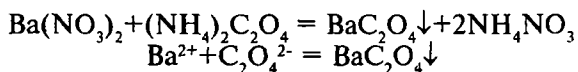
$\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  катионлари ҳам дихромат ионлари билан сариқ чўкма ҳосил қилади, лекин улар сирка кислотада эрийди. Шу сабабли бу реакциядан  $\text{Ba}^{2+}$  ионларини  $\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  ионларидан ажратишда фойдаланиш мумкин.

**2. Сульфат кислота ва эрувчан сульфатлар.**  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари билан оқ кристаллик чўкма ҳосил қилади.



$\text{Ba}^{2+}$  иони тузи эритмасининг 2-3 томчисига шунча томчи сульфат кислота ёки натрий сульфат  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  эритмаси қўшилади, оқ кристаллик  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси ҳосил бўлади. Бу чўкма кислоталарда эримайди.

**3. Аммоний оксалат  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$**  барий тузларига таъсир эттирилганда оқ чўкма ҳосил бўлади.



Пробиркадаги 1-2 томчи барий тузи эритмасига аммоний оксалат эритмасидан шунча томчи қўшилади. Оқ чўкма  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  тушиши кузатилади.

$\text{BaC}_2\text{O}_4$  чўкмаси  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  дан фарқли ўлароқ сирка кислотада эрийди.

**4. Алангани бўяш реакцияси.** Барийнинг учувчан тузлари, масалан,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  ва бошқалар газнинг рангсиз алангасига киритилса, аланга сарғиш-яшил тусга киради.

## 10.5. Иккинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби

Бу катионларга доир бўлган муҳим реагентлар таъсири 7-жадвалда берилган.

Келтирилган маълумотлардан шу нарса маълум бўладики,  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Sr}^{2+}$  ионларини топишга  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари халақит беради. Шу сабабли стронций ва калций катионларини топишдан олдин текшириладиган аралашма эритмасидан  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари йўқотилади.

7-жадвал

Иккинчи аналитик гуруҳ катионларининг реакциялари

Реагентлар	Катионлар		
	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Sr}^{2+}$	$\text{Ba}^{2+}$
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (аммиакли буфер эритма)	Оқ чўкма - $\text{CaCO}_3$	Оқ чўкма - $\text{SrCO}_3$	Оқ чўкма - $\text{BaCO}_3$
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	Оқ чўкма - $\text{CaHPO}_4$	Оқ чўкма - $\text{SrHPO}_4$	Оқ чўкма - $\text{BaHPO}_4$
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	Оқ чўкма - $\text{CaC}_2\text{O}_4$	Оқ чўкма - $\text{SrC}_2\text{O}_4$	Оқ чўкма - $\text{BaC}_2\text{O}_4$
$\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{CH}_3\text{COOH}$ ёки $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{CH}_3\text{COONa}$	-	-	Сариқ чўкма $\text{BaCrO}_4$
$\text{H}_2\text{SO}_4$ ва унинг эрувчан тузлари	Оқ чўкма $\text{CaSO}_4$	Оқ чўкма - $\text{SrSO}_4$	Оқ чўкма - $\text{BaSO}_4$
Алангали бўяш	Кизил-ғишт ранги	Оч қизил	Сарғиш-яшил

Иккинчи гуруҳ катионлари сақловчи эритма қуйидаги тартибда анализ қилинади (8-жадвал).

1.  **$\text{Ba}^{2+}$  катионини топиш.** Конуссимон пробиркага 3 томчи текшириладиган иккинчи гуруҳ катионлари арлашмасидан солинади, устига 3-4 томчи сирка кислота ва 3 томчи калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмасидан қўшилади. Сариқ чўкма ҳосил бўлиши текшириладиган эритмада  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари борлигидан далолат беради.

2.  **$\text{Ba}^{2+}$  катионини ажратиш.** Пробиркага 5-6 томчи текшириладиган эритмадан солинади, устига 5-6 томчи сирка кислота эритмаси ва 5-6 томчи калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмаси солиб аралаштирилади, сўнг уни 2-3 минут тинч қолдирилади. Сўнгра ҳосил бўлган сариқ чўкмани центрифугаланиб ажратилади, уни ташлаб юборилади.

3.  **$\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  ионларини чўктириш.** Эритмадан қўшилган  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ни ортиб қолган қисмини йўқотиш зарур, чунки эритманинг тўқ сариқ ранги  $\text{Sr}^{2+}$  ни аниқлашга халал

беради. Эритмага ишқорий муҳит ( $pH > 10$ ) ҳосил бўлгунча қуруқ  $Na_2CO_3$  дан қўшилади ва пробиркадаги аралашма 2-3 минут сув ҳаммомида иситилади. Сўнгра чўкмага тушган  $CaCO_3$  ва  $SrCO_3$  центрифугаланиб ажратилади, ювилади. Центрифугат текширилмай, ташлаб юборилади.

8-жадвал

### Иккинчи гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

1.Текшириладиган эритмага $CH_3COOH$ ва $K_2Cr_2O_7$ қўшилади. Бу йўл билан $Ba^{2+}$ ни топилади. Эритмадан чўкма центрифугаланиб ажратилади.	
2. Чўкма (I) $BaCrO_4$ Текширилмайди.	3.Центрифугат (I) таркибда $Sr^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $(CrO_4^{2-})$ бор.
	4. Эритмадаги $CrO_4^{2-}$ ионларидан $Sr^{2+}$ , $Ca^{2+}$ ионларини ажратиш учун, бу ионлар $Na_2CO_3$ таъсирида ( $pH > 10$ ) чўктирилади.
	5. $SrCO_3$ , $CaCO_3$ чўкма (II)лари сув билан ювилиб, $CH_3COOH$ да эритилади. 7.Центрифугат(III)да $Sr(CH_3COO)_2$ , $Ca(CH_3COO)_2$ бўлади. $Sr^{2+}$ катиони $CaSO_4$ таъсирида иситиш билан топилади ва эритмадан $Sr^{2+}$ ни $(NH_4)_2SO_4$ таъсирида йўқотилади.
8. Чўкма (III) $SrSO_4$ . Бунинг газ алангасига киритилиб $Sr^{2+}$ ни борлиги текширилади.	9.Центрифугат (IV)да $Ca^{2+}$ ва $(NH_4)_2SO_4$ нинг ортиқча миқдори бор. $Ca^{2+}$ ни $(NH_4)_2C_2O_4$ таъсирида топилади. $Ca^{2+}$ учун алангани бўйш реакцияси бажарилади.

4.  **$Sr^{2+}$  катионини топиш.**  $SrCO_3$  ва  $CaCO_3$  лардан иборат чўкма сирка кислотанинг 2 N эритмасидан 4-6 томчи қўшиб эритилади. Ҳосил бўлган эритманинг тиниқ қисмидан 1-2 томчи олиб, унга 2-3 томчи гипсли сув қўшилади ва аралашма иситилади ( $70^\circ C$  гача). Бир неча минутдан кейин  $SrSO_4$  нинг оқ лойқаси ҳосил бўлиши  $Sr^{2+}$  катиони борлигини кўрсатади. Ҳосил бўлган чўкма билан алангани бўйш реакцияси бажарилади.

5. **Sr<sup>2+</sup> катионини йўқотиш.** Центрифугатнинг қолган ҳамма қисмига 8-10 томчи (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> эритмасидан ва 4-5 томчи NH<sub>4</sub>OH эритмасидан қўшиб аралаштирилади, аралашма 10-15 минут иситилади. SrSO<sub>4</sub> чўкмаси ҳосил бўлади. Чўкмани центрифугадан ажратилади ва ташлаб юборилади. Центрифугатдан Ca<sup>2+</sup> катиони аниқланади.

6. **Ca<sup>2+</sup> катионини топиш.** Центрифугатдан 2-3 томчи олиб, унга аммоний оксалат (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва қиздирилади. Оқ чўкма CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ҳосил бўлиши эритмада Ca<sup>2+</sup> катиони борлигини билдиради.

## 10.6. Биринчи ва иккинчи гуруҳ катионларнинг аралашмасини анализ қилиш тартиби

1. **Дастлабки текширишлар.** Анализ текшириладиган эритмадан оз-оздан олиб, текширишдан бошланади. Даставвал аралашма эритмасидан NH<sub>4</sub><sup>+</sup> катиони бор-йўқлигини текшириб кўриш керак, чунки 2-гуруҳ катионларини ажратиш учун, эритмага (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> қўшилиши натижасида аралашмага NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ионлари қўшилиб қолади. 2-гуруҳ катионларини борлигига доир тажрибалар ҳам зарур ҳисобланади. Шу тажрибанинг натижаси анализнинг йўналишини белгилаб беради:

а) эритма рН ни универсал лакмус қоғози билан текшириб кўрилади;

б) NH<sub>4</sub><sup>+</sup> катионини ишқорлар таъсир эттириб иситиш реакцияси асосида ёки Несслер реактиви ёрдамида топилади;

в) II гуруҳ катионларини бор-йўқлигини текшириш. Текшириладиган эритманинг 2-3 томчисига NH<sub>4</sub>OH нинг 2 N эритмасидан ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади, сўнг 1 томчи NH<sub>4</sub>Cl эритмаси ва 2-3 томчи гуруҳ реагенти (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> эритмасидан қўшилади. Оқ чўкманинг ҳосил бўлиши аралашмада 2-гуруҳ катионлари борлигини кўрсатади. Бордию улар йўқ бўлса, аралашма анализи I-гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби бўйича олиб борилади (9.6 –га қаранг).

2. **II гуруҳ катионларини I гуруҳ катионларидан ажратиш.** II гуруҳ катионларини, аввало I гуруҳ катионларидан ажратиш зарур, чунки Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> ва Ba<sup>2+</sup> катионлари I гуруҳ кати-

онларини топишда ишлатиладиган  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  ва бошқа реагентлар билан чўкма ҳосил қилади.

Текшириладиган эритманинг ҳаммасига аввал аммиакнинг кучсиз ҳиди келгунча  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 2 N эритмасидан

9-жадвал

I-II гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби

1. Дастлабки текширишлар: а) Эритма рН ни аниқлаш; б) $\text{NH}_4^+$ катиони бор-йўқлигини аниқлаш; в) II гуруҳ катионлари борлигини $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ билан $\text{NH}_4\text{OH}$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ иштирокида текшириш.				
2. Текшириладиган эритманинг ҳаммасига II гуруҳ катионларининг умумий гуруҳ реагенти $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ таъсир этириб ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , $\text{NH}_4\text{Cl}$ иштирокида) II гуруҳ катионларини карбонатлар ҳолида чўктириш, чўкмани центрифугалаб, эритмадан ажратиш.				
3. Центрифугат (I) $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ва бошқа аммоний тузларининг ортиқчаси. Центрифугатни I гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби бўйича текширилади (9.6.)	4. Чўкма (I): $\text{BaCO}_3$ , $\text{SrCO}_3$ , $\text{CaCO}_3$ Чўкмани $\text{CH}_3\text{COOH}$ да эритиш. Ҳосил бўлган эритманинг айрим улушидан $\text{Ba}^{2+}$ катионини топиш ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ билан). Сўнг эритмасининг ҳаммасига натрий ацетат иштирокида $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ эритмаси қўшиб $\text{Ba}^{2+}$ ни чўкмага ўтказиш. Центрифугаланиб чўкма эритмадан ажратилади.			
	5. Чўкма(II) $\text{BaCrO}_4$ ташлаб юборилади	6. Центрифугат (II): таркибида $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ (ортиқча $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) Центрифугатдан $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ катионларини $\text{Na}_2\text{CO}_3$ таъсирида чўктириш. Чўкмани центрифугада ажратиш.		
		7. Чўкма (III): $\text{SrCO}_3$ , $\text{CaCO}_3$ чўкмани $\text{CH}_3\text{COOH}$ да эритиш. $\text{Sr}^{2+}$ катионини ҳосил бўлган эритмадан $\text{CaSO}_4$ таъсир этириб топиш. $\text{Sr}^{2+}$ катионларини эритмадан мўл $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ воситасида ажратиш. Центрифугалаш ёрдамида чўкма ажратилади.	8. Центрифугат (III) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ текширилмайди.	
		9. Чўкма (IV) $\text{SrSO}_4$ Алангани бўйиш реакцияси бўйича $\text{Sr}^{2+}$ ни аниқлаш.	10. Центрифугат(IV)дан $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ реагенти билан $\text{Ca}^{2+}$ катионини топиш.	

қўшилади, сўнг  $\text{NH}_4\text{Cl}$  нинг 2N эритмасидан 2-3 томчи қўшиб, пробиркани ичидагиси билан сув ҳаммомида иситилади ва 8-10 томчи гуруҳ реагенти  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмани центрифугалаб, ажратиб олинади. Тўлиқ чўкишни текшириб кўриш учун эритмага 1 томчи реагент эритмасидан қўшилади. Лойқа ҳосил бўлмаса, чўкиш тўлиқ амалга ошган бўлади.

II гуруҳ катионларини карбонатлар ҳолида чўктирилгач, суюқлик чўкмаси билан иситилади (сув ҳаммомида), чўкма центрифугалаб ажратилади, эритмани бошқа пробиркага ўтказилиб, чўкма 1 марта иссиқ сув билан ювилади. Чўкмани 3-банд бўйича текширилади. Центрифугат туркибида I гуруҳ катионлари бўлгани учун 9.6 бўйича анализ қилинади. Шунини ҳисобга олиш лозимки, эритма ортиб қолган аммоний карбонат ва бошқа аммоний тузлари сақлангани учун,  $\text{NH}_4^+$  катионларини йўқотиш биринчи навбатдаги вазифадир.

**3. Карбонатлар чўкмасини эритиш.** Карбонатлар  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  чўкмасига сирка кислотанинг 2N эритмасидан 8-10 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Ҳосил бўлган тиниқ эритма бошқа пробиркага ўтказилади ва 4-банд бўйича текширилади.

**4.  $\text{Ba}^{2+}$  катионини топиш ва ажратиш.** Юқорида тайёрланган эритмага (3-банд) 1 томчи натрий ацетат эритмаси қўшилади. Сўнг  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмасидан 1 томчи таъсир эттирилади. Эритмада  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари бўлса, сариқ кристаллик чўкма  $\text{BaCrO}_4$  ҳосил бўлади.

Агар  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари бўлса, уларни  $\text{Ca}^{2+}$  ионини аниқлашдан олдин эритмадан йўқотиш керак. Бунинг учун центрифугатнинг ҳаммасига 2-3 томчи натрий ацетат эритмаси қўшилиб, суюқлик сарғиш-қизил рангга киргунча калий дихромат эритмасидан томизилади. Пробирка ичидагиси билан сув ҳаммомида иситилади, центрифугалланади ва  $\text{BaCrO}_4$  чўкмаси ташлаб юборилиб, центрифуга 5-банд бўйича текширилади.

**5.  $\text{Sr}^{2+}$  ва  $\text{Ca}^{2+}$  катионларини чўктириш.** Центрифугатга ишқорий муҳитга ўтгунча ( $\text{pH} > 10$ ) қуруқ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дан қўшилади ва пробиркадаги аралашмани 2-3 минут сув ҳаммомида иситилади. Чўкмага тушган  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  лар центрифугада ажратиб, ювилади. Чўкма устидаги центрифугат текширилмайди.

6. **Sr<sup>2+</sup> катионини топиш ва ажратиш.** Юқоридаги олинган SrCO<sub>3</sub> ва CaCO<sub>3</sub> чўкмаси сирка кислотанинг 4-6 томчи 2N эритмасида эритилади. Ҳосил бўлган тиниқ эритманинг 1-2 томчисига CaSO<sub>4</sub> нинг тўйинган эритмасидан 2-3 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бироз вақт ўтгач, SrSO<sub>4</sub> нинг оқ лойҳасини ҳосил бўлиши Sr<sup>2+</sup> борлигини кўрсатади.

Эритмада Sr<sup>2+</sup> катиони бор бўлса сирка кислотада тайёрланган эритманинг ҳаммасига (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> эритмасидан 8-10 томчи ва NH<sub>4</sub>OH эритмасидан бир неча томчи қўшиб, эритмадан Sr<sup>2+</sup> катионлари чўктирилади ва 10-15 минут иситилади. Чўкмани центрифугалаб ажратилади, центрифугат эса Ca<sup>2+</sup> катионини очишга ишлатилади.

7. **Ca<sup>2+</sup> катионини топиш.** Тайёрланган центрифугага (6-банддаги) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Эритмада Ca<sup>2+</sup> катионлари бўлса, калций оксалат CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, юқоридаги тартиб бўйича I – ва II-гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш мумкин. Анализ натижаларини 8.5 да кўрсатилган намунавий жадвал шаклида тартиб билан ёзилади.

## Саволлар

1. Иккинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифини келтиринг.

2. Калций катионини қандай хусусий реакциялар ёрдамида топиш мумкин?

3. Стронций катионларини эритмаларидан сифат жиҳатидан аниқлашда қандай реагентлардан фойдаланилади?

4. Калций оксалат чўкмасини барий ва стронций оксалатлардан қандай фарқлаш мумкин?

5. Иккинчи гуруҳ катионларининг аралашмасини анализ қилишда кетма-кет бажариладиган ишлар нималардан иборат?

6. I ва II гуруҳ катионлари аралашмаси анализида даставвал қайси катион бор-йўқлиги аниқланади?



## Тестлар

1. Калций катионини очишда қайси реакция ўзига хос ҳисобланади?

- А) Аммоний оксалат билан;
- В) Сульфат кислота билан ўтказиладиган микрокристаллоскопик реакция;
- С) Алангани бўйаш реакцияси;
- Д) Аммоний карбонат билан;
- Е) Аммоний сульфат билан.

2. Қандай катион тузи алангани қизил гишт рангига бўйяди?

- А) Калий;
- В) Барий;
- С) Калций;
- Д) Стронций;
- Е) Натрий.

3. Қандай реакция стронций катионини очиш учун хос ҳисобланади?

- А) Аммоний оксалат билан;
- В) Гипсли сув билан;
- С) Алангани бўйаш реакцияси;
- Д) Сульфат кислота билан;
- Е) Натрий гидрофосфат билан.

4. Қандай катионларнинг тузлари газ алангани оч-қизил рангга бўйяди?

- А) Стронций;
- В) Барий;
- С) Натрий;
- Д) Калций;
- Е) Калий.

5. Барий катионини дихромат иони билан очиш реакция тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 5;
- В) 4;

- С) 6;
- Д) 10;
- Е) 8.

6. Қандай катион тузи газ алангасини сарғиш-яшил ранга бўйди?

- А) Стронций;
- В) Калий;
- С) Натрий;
- Д) Барий;
- Е) Калций.

7. Барий катионини очиш стронций ва калций катионлари иштирокида қандай ўтказилади?

- А) Нейтрал муҳитда аммоний оксалат билан;
- В) Ишқорий муҳитда аммоний оксалат билан;
- С) Нейтрал муҳитда калий дихромат билан;
- Д) Ишқорий муҳитда калий дихромат билан;
- Е) Сирка кислота иштирокида калий дихромат билан.

8. 100 г тўйинган эритмада  $20^{\circ}\text{C}$  да  $6,0 \cdot 10^{-4}$  г калций оксалат эриган бўлса, шу тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

- А)  $23,7 \cdot 10^{-10}$ ;
- В)  $2,37 \cdot 10^{-9}$ ;
- С)  $3,27 \cdot 10^{-9}$ ;
- Д)  $1,19 \cdot 10^{-9}$ ;
- Е)  $2,37 \cdot 10^{-10}$ .

9. Эрувчанлик кўпайтмаси қиймати  $20^{\circ}\text{C}$  да  $4,8 \cdot 10^{-9}$  бўлса, калций карбонатнинг эрувчанлигини ҳисобланг.

- А)  $6,9 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- В)  $6,9 \cdot 10^{-6}$  мол/л;
- С)  $0,69 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- Д)  $3,45 \cdot 10^{-5}$  мол/л;
- Е)  $9,6 \cdot 10^{-5}$  мол/л.

10. Барий ва калций катионларини бир-биридан қандай реагент таъсирида ажратиш мумкин?

- А) Натрий карбонат;

- В) Сирка кислотали муҳитда калий дихромат;
- С) Сулфат кислота;
- Д) Хлорид кислота;
- Е) Аммоний гидроксид.

11. Калций катионини қандай қилиб барий ва стронций катионларидан ажратиш мумкин.

- А) Аммоний сулфатнинг мўл миқдори билан иситиш;
- В) Сирка кислотали муҳитдаги дихромат иони;
- С) Сирка кислотали муҳитдаги аммоний оксалат;
- Д) Гипсли сув;
- Е) Натрий гидрофосфат.

12. Калций катионини қайси реагент таъсирида стронций катионидан ажратиш мумкин?

- А) Сулфат кислота;
- В) Хлорид кислота;
- С) Аммоний карбонат;
- Д) Гипсли сув;
- Е) Аммоний сулфат.

## **XI БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ**

### **11.1. III гуруҳ катионларининг умумий тавсифи**

III гуруҳ катионларидан  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ионлари, яъни одатдаги шароитда нисбатан барқарор ва кўп учрайдиган ионлар ўрганилади.

Бу гуруҳнинг умумий гуруҳ реагенти аммоний сульфид  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  бўлиб,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  катионларини сульфидлар ҳолида,  $\text{Al}^{3+}$  ва  $\text{Cr}^{3+}$  катионларини гидроксидлар ҳолида чўктиради.

III гуруҳ катионларининг ҳаммаси биологик аҳамиятга эгадир.

Алюминий тузлари табиий сувларни тозалашда ишлатилади. Сувга алюминий сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ва озгина сўндирилган оҳак  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  қўшилса, алюминий гидроксид  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ҳосил бўлади, бу бирикма тиндиргичдаги муаллақ заррачаларни ўзи билан чўкмага олиб кетади.

Темирнинг органик бирикмалари ўсимлик ва ҳайвонларнинг тўқималарида бўлади. Қондаги гемоглобин таркибида темир бўлиб, молекуляр кислородни боғлашда ва уни ҳужайраларга етказиб беришда иштирок этади. Тупроқда темир ионларининг етишмаслиги ўсимликларда хлороз деб аталувчи, яъни хлорофиллнинг камайиб кетиши ҳисобига яшил ранг етишмаслик ҳодисасига олиб келади. Тупроқда темир ионларининг орғиқча бўлиши ҳам ўсимликларга зарарлидир.

Марганец, рух, никел, кобалт, хром-микроэлементлар бўлиб ўсимликлар (ҳайвонлар) га жуда оз миқдорда зарурдир. Тупроқда марганец ионлари етишмаслиги натижасида донли ва бошқа маданий ўсимликлар турли касалликларга учрайди, ҳосилдорлиги камайиб, ҳатто қуриб қолиши мумкин. Бу нохуш ҳолатларни тупроққа марганец бирикмалари сақловчи микроўғитлар солиб йўқотиш мумкин.

Ўсимликлар танасида рухнинг етишмаслиги хлорофилл, витаминлар, ўстирувчи моддалар ҳосил бўлишини камайтиради.

Бундай етишмовчиликларни ўсимликларни рух тузлари сақловчи ўғитлар билан озиқлантириб, йўқотиш мумкин.

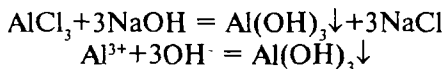
Тупроқда кобальт ионларининг етишмаслиги, донли ўсимликлар, қанд лавлаги, беда, каноп ўсимликларининг ўсишига салбий таъсир қилади. Бу кобальт бирикмаларининг озиқ моддаларда етишмаслиги қора моллар ва қўйлар ҳолатини ёмонлаштиради. Никел ва хром бирикмаларини ўсимлик ва ҳайвонлар учун аҳамияти камроқ ўрганилган.

Шундай қилиб, III гуруҳ катионларини сифат ва миқдорий жиҳатдан топиш, асосан тупроқ, микроўғитлар, ўсимлик ва ҳайвон маҳсулотлари таркибини анализ қилиш билан боғлиқдир.

## 11.2. Алюминий $Al^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар алюминийнинг хлорид, сульфат, нитрат каби бирор сувда яхши эрувчан тузларидан фойдаланиб ўтказилади.

1. **Ўювчи ишқорлар  $NaOH$  ва  $KOH$**  алюминий тузларига таъсир қилиб, оқ рангли  $Al(OH)_3$  нинг аморф чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркага 4-5 томчи  $Al^{3+}$  катиони тузидан солиб, устига  $NaOH$  нинг 2 N эритмасидан 1 томчи қўшилади ва иситилади. Оқ аморф чўкма  $Al(OH)_3$  нинг ҳосил бўлиши кузатилади. Ҳосил бўлган чўкмани икки қисмга бўлиб, бир қисмига бирор кислота эритмаси, иккинчи қисмига натрий гидроксид эритмаси қўшилса, чўкма иккала ҳолда ҳам амфотерлик хоссасига эга бўлгани учун эриб кетади.

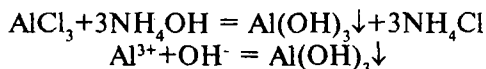
Реакцияни бажаришда қуйидаги шароитлар бўлиши керак:

- реакцияни эритма муҳитининг  $pH \geq 4,1$  бўлганда ўтказилади. Эркин ўювчи ишқорлар ёки кислотанинг ортиқча миқдори чўкмани ҳосил бўлишига йўл қўймайди;

- чўқтириш эритмани қайнагунча иситиш билан олиб борилади;

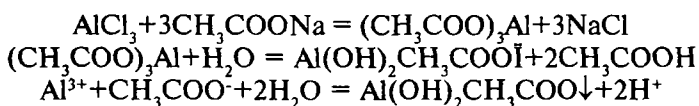
- чўкманинг тўлиқ чўкиши  $\text{NH}_4\text{Cl}$  нинг мўл миқдори иштирокида боради.

2. **Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**  ишқорларга ўхшаш  $\text{Al}^{3+}$  катионларини эритмалардан  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ҳолида чўктиради:



Пробиркага 2 томчи алюминийнинг сувда эрувчи тузи эритмасидан солиб, устига 3 томчи  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 2N эритмасидан қўшилади ва иситилади. Бунда алюминий гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  чўкмаси аммоний тузларида кичик эрувчанлик кўпайтмасига эга бўлганлиги сабабли эримайди.  $\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $\text{NH}_4\text{Cl}$  аралашмаси таъсир эттириб  $\text{Al}^{3+}$  катионини  $\text{Zn}^{2+}$  катионлари иштирокида ҳам очиш мумкин, чунки бунда  $\text{Zn}^{2+}$  катионлари чўкма ҳосил қилмайди.

3. **Натрий ацетат  $\text{CH}_3\text{COONa}$**  алюминий тузларига таъсир эттирилса, алюминий дигидрооксоацетатнинг оқ ипир-ипир чўкмаси ҳосил бўлади:

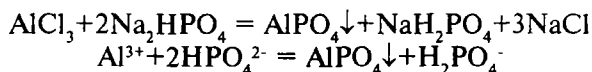


Алюминий тузининг 3-4 томчи эритмасига шунча томчи натрий ацетат эритмасидан ва 2-3 томчи сув қўшиб қайнатилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

$\text{Fe}^{3+}$  тузларига натрий ацетат таъсир эттириб қиздирилганда қўнғир чўкма  $\text{Fe}(\text{OH})_2$   $\text{CH}_3\text{COO}$  ҳосил қилади.

III гуруҳнинг бошқа катионлари натрий ацетат билан чўкма ҳосил қилмайди.

4. **Натрий гидрофосфат  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$**   $\text{Al}^{3+}$  катионлари билан оқ рангли  $\text{AlPO}_4$  чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркага 3-4 томчи алюминий тузи эритмасидан солиб устига, шунча миқдорда натрий гидрофосфат тузи эрит-

масидан қўшамиз. Алюминий фосфат  $AlPO_4$  нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади. Бу чўкма сирка кислотанда эримайди, лекин кучли кислоталарда эрийди. III гуруҳнинг бошқа катионлари натрий гидрофосфат билан ҳам чўкма беради. Бу чўкмаларнинг ҳаммаси кучли кислоталар, шунингдек сирка кислотанда ҳам эрийди.

**5. Алюминон — ауринтрикарбон кислотанинг аммонийли тузи  $C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_2$**  алюминий катионлари билан қизил рангли бирикма ҳосил қилади.

Пробиркага текшириладиган алюминий тузи эритмасидан 4-5 томчи солинади, устига сирка кислотанинг 2 N эритмасидан 2-3 томчи ва 4-5 томчи алюминон эритмаси (0,1% ли эритмаси) қўшилади.

Пробиркани ичидаги аралашмаси билан сув ҳаммомида истилади, сўнг аммиак эритмасидан ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади, кейин аммоний карбонатнинг 2 N эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Бунда қизил чўкма ёки қизил ранг ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакциянинг бориш шароити:

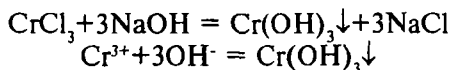
- эритмадаги  $Fe^{3+}$  ва  $Bi^{3+}$  катионлари бу реакцияни ўтказишга халақит беради;

- реакция эритманинг рН қиймати 8,5 ё 9,5 бўлганда боради.

### 11.3. Хром $Cr^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

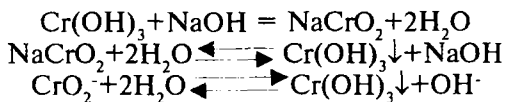
Тажрибаларни бажариш учун хром (III) тузлари, хлорид, сульфат ва нитратларининг эритмаларидан фойдаланилади.

**1. Ўювчи ишқорлар NaOH ёки КОН** эритмадаги  $Cr^{3+}$  катионлари билан бинафша ёки хира-кўк рангли хром (III) гидроксид чўкмаси ҳосил қилади:

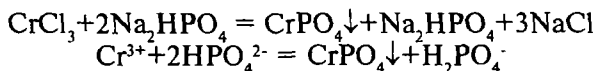


Конуссимон пробиркага 3-4 томчи хром (III)-хлорид эритмасидан қуйилади ва устига NaOH нинг 2 N эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмани яна ишқор эритмасидан қўшилганда эриши кузатилади. Бу хром гид-

роксиди алюминий гидроксидига ўхшаш амфотер хоссага эга эканлигини билдиради. Ҳосил бўлган  $\text{NaCrO}_2$  эритмасининг ранги ёрқин яшил рангга эга бўлади. Бу эритмани қайнатилганда гидролизланиб, қайтадан  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  чўкмаси ҳосил бўлади:

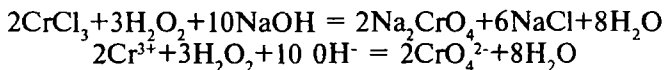


2. **Натрий гидрофосфат  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$**   $\text{Cr}^{3+}$  катионлари билан кўкиш чўкма  $\text{CrPO}_4$  ҳосил қилади.



$\text{Cr}^{3+}$  нинг тузи эритмасидан 3-4 томчи олиб, устига шунча томчи  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  эритмасидан қўшамиз, кўкиш чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Чўкма минерал кислоталарда ва ишқорларда эрийди.

3. **Хром (III) ни хром (VI) гача оксидлаш.**  $\text{Cr}^{3+}$  ионини водород пероксид таъсирида ишқорий муҳитда  $\text{CrO}_4^{2-}$  гача оксидланиши қуйидаги тенглама бўйича боради:



Эритманинг яшил ранги  $\text{CrO}_4^{2-}$  иони ҳосил бўлиши ҳисобига сариқ рангга ўтади.

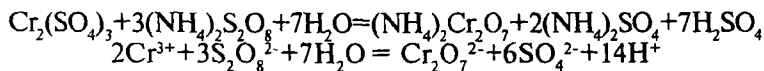
Хром (III) тузининг 2-3 томчи эритмасига аввал чўкма-нинг эриши учун ишқорнинг 2 N эритмасидан 4-5 томчи ва 3-5 томчи 3% ли водород пероксид эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган аралашма  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионига хос сариқ рангга ўтгунча қайнатилади.

Реакция қуйидагиларга амал қилиб олиб борилади:

- реакцияни етарли даражада ишқорий муҳитда олиб бориш керак;
- оксидлаш реакцияси. иссиқда олиб борилади;
- хром (III) ни бу реакция асосида аниқлашни ҳамма аналитик гуруҳ катионлари ишгирокида олиб бориш мумкин.



4.  $\text{Cr}^{3+}$  ионини  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ионигача оксидлаш.  $\text{Cr}^{3+}$  катионини дихромат иони  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  гача оксидлашни аммоний персульфат  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  таъсирида кислотали муҳитда олиб борилса бўлади:



Пробиркага 5-6 томчи аммоний персульфат эритмасидан солиб, устига сульфат кислотанинг 2N эритмасидан 1 томчи ва  $\text{AgNO}_3$  нинг эритмасидан (катализатор) 1 томчи қўшилади. Сўнгра хром (III) сульфат  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  ёки хром (III)-нитрат  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  (хром (III) хлорид олиш мумкин эмас!) эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Пробирка сув ҳаммомида иситилади. Эритма иситиш натижасида  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  анионларини ҳосил бўлиши ҳисобига қизил-олов рангига киради.

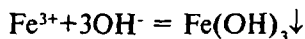
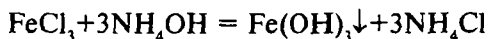
Реакция қуйидаги шароитда олиб борилади:

- тажриба эритма муҳити етарли кислотали  $\text{pH}=1-2$  бўлган шароитда бажарилади;
- реакция эритмани иситиб олиб борилади;
- қайтарувчи ионлар реакцияни бажаришга халақит беради;
- тажриба катализатор  $-\text{Ag}^+$  ионлари иштирокида олиб борилади.

#### 11.4. Темир $\text{Fe}^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар  $\text{FeCl}_3$  ёки  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ларнинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб ўтказилади.

1. **Ишқорлар  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  ва аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**   $\text{Fe}^{3+}$  катиони билан қизил-қўнғир чўкма  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ни ҳосил қилади:



Темир (III) гидроксид хром ва алюминий гидроксиддан фарқли ўлароқ мўл ишқорларда эримайди. Бу гидроксиднинг эрувчанлик кўпайтмаси ( $\text{ЭК}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 3,2 \cdot 10^{-38}$ )

жуда кичик бўлганлиги учун аммоний тузларида ҳам эримайди.

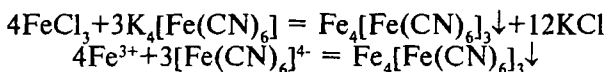
Темир (III)-хлорид эритмасининг 3-4 томчисига 2-3 томчи ишқор ёки аммоний гидроксид эритмасидан қўшилади, қизил-қўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- тажриба эритма муҳити ишқорий ( $pH > 7$ ) бўлганда амалга ошади;

- реакцияни аммоний тузлари иштирокида олиб бориш мумкин.

2. **Калий гексацианоферрат (II)**  $K_4[Fe(CN)_6]$   $Fe^{3+}$  катионлари билан тўқ-қўк рангли чўкма «берлин зангориси»  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  ни ҳосил қилади.



Пробиркага 2-3 томчи темир (III) тузи эритмасидан солиб, 3-4 томчи дистилланган сув, 1-2 томчи хлорид кислота эритмаси ва 2 томчи калий гексацианоферрат (II)  $K_4[Fe(CN)_6]$  эритмасидан қўшилади. Қўк чўкма ҳосил бўлиши ёки эритманинг қўк рангга кириши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

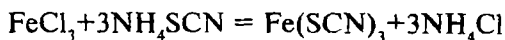
- реакцияни эритма муҳити кислотали ( $pH < 3$ ) бўлганда ўтказилади;

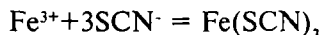
- ишқор эртимаси «берлин зангорисини» парчалаб юборади;

-  $K_4[Fe(CN)_6]$  эртимаси мўл бўлиши, чўкма ҳосил бўлиш ўрнига, берлин зангорисини эритма шаклини ҳосил бўлишига олиб келади;

- бошқа катионларнинг иштироки бу реакция ёрдамида  $Fe^{3+}$  катионини аниқлашга ҳалақит бермайди; бу  $Fe^{3+}$  катионига хос реакциядир.

3. **Калий роданид KSCN ёки аммоний роданид  $NH_4SCN$**   $Fe^{3+}$  катионлари билан сувда яхши эрийдиган қизил-қон рангли темир (III) роданид  $Fe(SCN)_3$  ни ҳосил қилади:



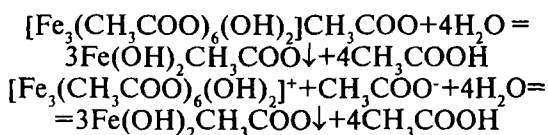


Пробиркага 2-3 томчи темир (III) тузи эритмасидан солиб, устига 4 томчи дистилланган сув ва 2 томчи калий ёки аммоний роданид эритмасидан қўшилади. Эритма ранги қизил-қон тусли бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни  $\text{pH} < 3$  бўлган муҳитда бажариш керак;
- реакцияни тўлиқ бориши учун  $\text{KSCN}$  ёки  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ларнинг концентранган эритмаларидан фойдаланиш лозим;
- темир (II) ионлари реакцияга ҳалақит бермайди.

4. **Натрий ацетат**  $\text{CH}_3\text{COONa}$  совуқда  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари билан реакцияга киришиб, эритмани қизил-қунғир рангга киритувчи комплекс ион – дигидроксогексаацетат ферратни (III) ни ҳосил қилади. Комплекс бирикма эритмасини қайнатилганда қўнғир тусли асосли туз – темир (III) диоксиацетат чўкмаси ҳосил бўлади.



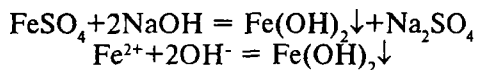
Узоқ вақт давомида эритмани қайнатиш амалда эритмадан  $\text{Fe}^{3+}$  катионларини ажратишга имкон беради.  $\text{Al}^{3+}$  катионлари тузи эритмаларидан натрий ацетат  $\text{Al}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO}$  чўкмасини ҳосил қилади.

Айни реакциялар систематик анализ қилишда  $\text{Fe}^{3+}$  ва  $\text{Al}^{3+}$  катионларини III гуруҳнинг бошқа катионларидан ацетатли метод бўйича ажратишга хизмат қилади. III гуруҳнинг бошқа катионлари  $\text{CH}_3\text{COONa}$  билан чўкма ҳосил қилмайди.

## 11.5. Темир $\text{Fe}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Реакциялар темир (II) сульфат  $\text{FeSO}_4$  нинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб, ўтказилади.

1. **Ишқорлар**  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  ва **аммоний гидроксид**  $\text{NH}_4\text{OH}$   $\text{Fe}^{2+}$  катионлари билан одатдаги шароитда оқ рангли эмас, балки хира яшил рангли темир (II) гидроксид  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркага 2-3 томчи темир (II)-сулфат эритмасидан солиб, устига 5 томчи дистилланган сув ва 2 томчи натрий гидроксид эритмасидан қўшилади.

Қорамтир-яшил рангли чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Аммиак эритмаси  $\text{Fe}^{2+}$  ионларини тўлиқ чўқтирмайди.  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг диссоциланишини камайтирувчи аммоний тузлари иштирокида чўкма умуман ҳосил бўлмайди.

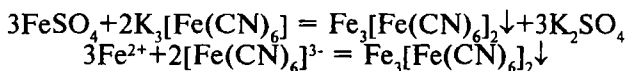
Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакция эритма муҳитининг  $\text{pH} = 12-13$  бўлганда яхши натижа беради;

- аммоний тузларининг иштироки чўкма ҳосил бўлишига йўл қўймайди;

- ҳаво кислороди таъсирида  $\text{Fe}^{2+}$  катионларининг қисман оксидланиши чўкма рангининг ўзгаришига олиб келади.

2. **Калий гексацианоферрат (III)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$**   $\text{Fe}^{2+}$  катионлари билан ўзаро таъсирлашиб «турнбул кўки» деб аталувчи кўк чўкма  $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$  ни ҳосил қилади:



Пробиркага темир (II) сулфат эритмасидан 2-3 томчи солиб, 4-5 томчи дистилланган сув ва 2 томчи калий гексацианоферрат (III) эритмасидан қўшилади. Кўк чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Реакция сезгир бўлиб,  $\text{Fe}^{2+}$  катионларига хос реакция ҳисобланади.

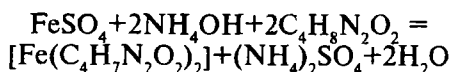
Тажрибани бажариш шароити:

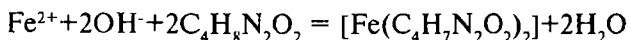
- реакция эритма муҳитининг  $\text{pH} = 3$  бўлганда яхши амалга ошади;

- эркин ишқорларнинг эритмада иштироки турнбул кўкини парчалашга олиб келади;

-  $\text{Fe}^{3+}$  катиони ва III гуруҳнинг катионлари реакцияни бажаришга халақит бермайди.

3. **Диметилглиоксим**  $\text{Fe}^{2+}$  катионлари билан пушти- қизил рангли ички комплекс туз ҳосил қилади:





Конуссимон пробиркага 1-2 томчи темир (II) тузи эритмасидан ўтказилади, 1 томчи вино кислотаси эритмаси ва 2-3 томчи  $\text{NH}_4\text{OH}$  қўшилади, сўнгра диметилглиоксимнинг спиртдаги эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Эрувчан комплекс бирикма темир (II) диметилглиоксиматнинг пушти-қизғиш эритмаси ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

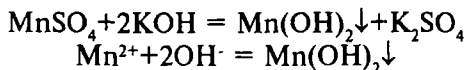
- тажрибани  $\text{pH} \approx 9$  бўлган аммиакли эритмада олиб борилади;

- эритмада  $\text{Fe}^{3+}$  ва  $\text{Fe}^{2+}$  катионлари биргаликда бўлса, реакцияни вино кислотаси иштирокида олиб борилади, чунки вино кислотаси аммоний гидроксид билан  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  чўкмасини ҳосил қилиши мумкин бўлган  $\text{Fe}^{3+}$  катионларини комплекс ҳолида боғлашга хизмат қилади.

## 11.6. Марганец $\text{Mn}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда марганец (II) нитрат  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  ва марганец (II) сульфат  $\text{MnSO}_4$  эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  ва аммоний гидрооксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**   $\text{Mn}^{2+}$  ионлари билан марганец (II) гидроксиднинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Марганец (II) сульфат эритмасидан пробиркага 3-4 томчи солиб, 3-4 томчи дистилланган сув ва 4-5 томчи ишқор эритмасидан қўшамиз. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Бу чўкма ранги вақт ўтиши билан ҳаводаги кислород таъсири натижасида оксидланиб сарғиш-қўнғир бўлади.

Аммиак эритмаси  $\text{NH}_4\text{OH}$  қам  $\text{Mn}^{2+}$  ионларини  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  ҳолида чўктиради, лекин аммоний тузлари иштироки чўкмани эриб кетишига олиб келади.

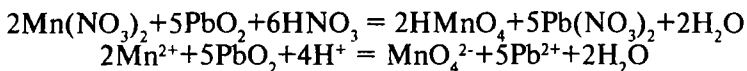
Тажрибани бажариш шароити:

- реакция эритма муҳитининг  $pH=9-10$  бўлганда боради;
- эритмада  $NH_4^+$  ионларининг бўлиши чўкмани эриб кетишига имконият яратади.

2.  $Mn^{2+}$  катионини оксидлаб  $MnO_4^-$  га айланиши  $Mn^{2+}$  ионини топишда катта аҳамиятга эга бўлиб, бу реакция турли оксидловчилар таъсирида бориши мумкин.

Куйидаги методларни кўриб чиқайлик:

а) **кўрғошин (IV)-оксид  $PbO_2$  таъсирида оксидланиш** нитрат кислота иштирокида қиздириш билан олиб борилади.  $Mn^{2+}$  иони оксидланиб пушти ранг ҳосил бўлади.

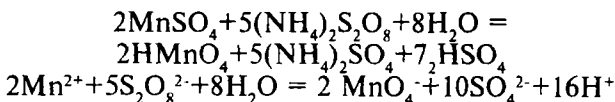


Шиша куракча билан кукун ҳолидаги  $PbO_2$  дан пробиркага озроқ солинади ва унга  $HNO_3$  нинг 6N эритмасидан 4-5 томчи қўшиб қизидирилади. 1-2 минутдан кейин аралашма центрифугаланади. Центрифугат рангсиз бўлиши керак. Рангсиз оксидловчи центрифугатга 1 томчи марганец сульфат ёки нитратининг суюлтирилган эритмасидан қўшиб, аралаштирилади ва сув ҳаммомида иситилади.  $Mn^{2+}$  катиони оксидланиб пушти рангли перманганат кислота  $HMnO_4$  га айланади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакция эритмани  $pH < 2$  бўлган муҳитда олиб борилади;
- марганец (II)-хлорид эритмасидан фойдаланиб бўлмайди, чунки  $Cl^-$  ионлари  $MnO_4^-$  ионини  $Mn^{2+}$  гача қайтариб, пушти ранг ҳосил бўлишига йўл бермайди;
- эритмани иситиш реакциянинг боришини жадаллаштиради.

б) **Аммоний персульфат  $(NH_4)_2S_2O_8$  таъсирида оксидлаш** кумуш нитрат  $AgNO_3$  (катализатор) иштирокида олиб борилади.



Пробиркага  $(NH_4)_2S_2O_8$  эритмасидан 5-6 томчи олиб унга  $H_2SO_4$  (ёки  $HNO_3$ ) нинг 2N эритмасидан 1 томчи қўшилади.

Сўнг кумуш нитрат эритмасидан 2 томчи қўшиб иситилади. Иситилган аралашмага  $Mn^{2+}$  катиони бўлган суюлтирилган эритмадан шиша таёқча ёрдамида киритилади ва аралаштирилади. Бунда  $MnO_4^-$  ионининг пушти ранги ҳосил бўлиши кузатилади.

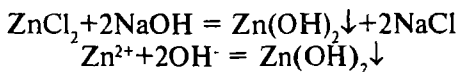
Тажрибани бажариш шароити:

- тажрибани эритма муҳитининг  $pH < 2$  бўлганда ўтказилади;
- реакция катализатор  $Ag^+$  ионлари иштирокида боради;
- марганец (II) тузининг концентрацияси минимал бўлиши керак;
- қайтарувчилар  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  ва бошқалар реакциянинг боришига ҳалақит беради (марганец (II) хлорид эритмаси ишлатилмайди);
- тажрибани иситилганда олиб бориш реакциянинг боришини жадаллаштиради.

### 11.7. Рух $Zn^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

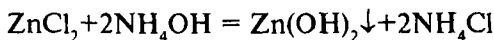
Реакцияларни бажариш учун рух сульфат  $ZnSO_4$  ва рух хлорид  $ZnCl_2$  нинг рангсиз эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Ишқорлар  $NaOH$  ёки  $KOH$  ва аммоний гидроксид  $NH_4OH$   $Zn^{2+}$  катионлари билан оқ аморф чўкма  $Zn(OH)_2$  ни ҳосил қилади.  $Zn(OH)_2$  амфотер хоссага эгадир.**

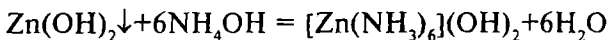


$Zn^{2+}$  катиони тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб унга 1-2 томчи ишқор эритмасидан қўшилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади. Бу чўкма ишқор эритмасидан мўлроқ қўшилса чўкманинг эриб кетиш ҳодисаси юз беради.

Аммоний гидроксид  $NH_4OH$  қам  $Zn^{2+}$  катионларини рух гидроксид ҳолида чўктиради.

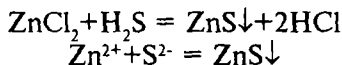


Бунда ҳосил бўлган рух гидроксид аммиак эритмасининг мўл миқдориди (шунингдек, аммоний тузларида) эриб кетади:



5-6 томчи рух тузи эритмасига эҳтиётлик билан томчилиб аммиак эритмасидан қўшилади. Рух гидроксид чўкмаси ҳосил бўлиши ва унинг ортиқча қўшилган  $\text{NH}_4\text{OH}$  да эриши кузатилади. Аммоний тузлари иштирокида  $\text{NH}_4\text{OH}$   $\text{Zn}^{2+}$  катионларини чўкмага туширмайди.

2. **Водород сульфид  $\text{H}_2\text{S}$   $\text{Zn}^{2+}$  катионлари билан оқ чўкма  $\text{ZnS}$  ни ҳосил қилади:**



Пробиркага рух хлориднинг эритмасидан 3-4 томчи солиб натрий ацетат эритмасидан 2-3 томчи қўшилади ва устига водород сульфидли сувдан 5-7 томчи томизилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

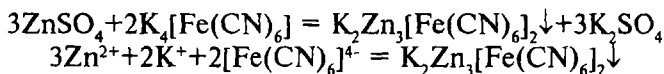
Тажрибани бажариш шароити:

- чўктиришни ацетатли буфер эритма иштирокида ва иситиш билан олиб борилса, йирик кристаллик чўкма ҳосил бўлади;

- эритмада оксидловчиларнинг бўлиши реакциянинг боришига халақит беради;

- водород сульфид ўрнига янги тайёрланган аммоний сульфид  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  дан фойдаланиш мумкин.

3. **Калий гексацианоферрат (II)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  рух тузлари эритмаси билан қўш тузнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:**



Пробиркага рух тузи эритмасидан 2-3 томчисини жойлаштириб,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан 3 томчи қўшилади ва қайнагунча қиздирилади. Бунда оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- эритманинг рН қиймати 7га тенг ёки ундан кичик бўлиши, лекин 7 дан юқори бўлмаслиги керак, чунки чўкма ишқорий муҳитда эрийди;

- реагент эритмаси кўп қўшилмаслиги лозим;



- алюминий ва хром катионлари бу реакцияга ҳалақит бермайди. III гуруҳнинг бошқа катионлари эритмадан бу реакцияни бажаришдан аввал йўқотилиши керак.

4. **Дитизон (Дифенилтиокарбазон) ( $C_6H_5$ )<sub>2</sub>N<sub>4</sub>CS** нинг хлороформдаги эритмаси  $Zn^{2+}$  катионлари билан қизил ички комплекс бирикма ҳосил қилади.

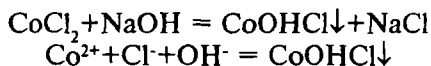
Пробиркага 2-3 томчи текширилаётган рух тузи эритмасидан солиб тиниқ эритма ҳосил бўлгунча натрий гидроксиднинг 2N эритмасидан 5-6 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган тиниқ эритмадан кичик чинни тигелга 1 томчи солинади ва устига дитизоннинг хлороформдаги эритмасидан 2-3 томчи қўшилиб, эритувчининг ҳаммаси учиб кетгунча шиша таёқча билан аралаштирилади.  $Zn^{2+}$  катионлари бўлишидан сувли эритма қизил рангга киради.

Дитизон рух катионини III гуруҳнинг бошқа катионлари иштирокида ҳам текшириладиган аралашманинг айрим улушидан топишга имкон беради.

## 11.8. Кобалт $Co^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Реакцияларни кобалт тузлари  $CoCl_2$  ва  $Co(NO_3)_2$  нинг сувдаги эритмалари билан бажариш мумкин.

1. **Ишқорлар NaOH ёки КОН ва аммоний гидроксид  $NH_4OH$**  кобалт (II) тузларидан асосли тузнинг кўк чўкмасини ҳосил қилади.



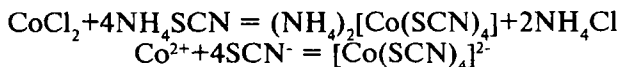
$Co^{2+}$  катиони тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, устига 1 томчи ўювчи натрий эритмасидан томизилади. Кўк чўкма ҳосил бўлади. Бу ҳосил бўлган кўк чўкмага ишқор эритмасидан мўл миқдорда қўшилса пушти рангли чўкма  $Co(OH)_2$  ҳосил бўлади.

Аммоний гидроксид ҳам  $Co^{2+}$  катионларини  $CoOHCl$  ҳолида чўктиради.  $NH_4OH$  дан мўл қўшилганда бу чўкма эриб, сариқ тусли комплекс бирикмага айланади:



Аммоний тузлари иштирокида  $\text{NH}_4\text{OH}$   $\text{Co}^{2+}$  катионларини чўктира олмайди.

2. **Аммоний (ёки калий) роданид  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ( $\text{KSCN}$ )**  $\text{Co}^{2+}$  катионлари билан кўк рангли комплекс бирикма ҳосил қилади:



Кобалт (II) тузи эритмасидан пробиркага 2-3 томчи солиб, устига аммоний роданиднинг тўйинган эритмасидан 8-10 томчи қўшилади. Сўнгра амил спирти билан эфир арлашмасидан 5-6 томчи қўшилиб, пробирка чайқатилади. Эритманинг юқори қавати ёрқин кўк рангга кириши  $\text{Co}^{2+}$  катионлари борлигини кўрсатади.

Реакцияни бажариш шароити:

- тажрибани кучсиз кислотали муҳитда ( $\text{pH}=4-5$ ) бажариш керак;

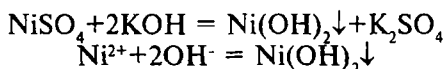
-  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ( $\text{KSCN}$ ) эритмаси концентранган бўлиши лозим;

- ҳосил бўладиган комплекс туз органик эритувчиларда яхши эриганлиги сабабли, бундай эритувчилар қўллаш реакция эффектини оширади.

## 11.9. Никел $\text{Ni}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

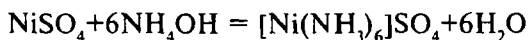
Никел катионларини аниқлашга доир тажрибаларни  $\text{NiCl}_2$  ва  $\text{NiSO}_4$  ларнинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб ўтказилади.

1. **Ишқорлар  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  ва аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**  ўювчи натрий ёки калий гидроксидлар никел тузлари эритмалари билан таъсирлашганда яшил рангли никел (II)–гидроксид чўкмаси ҳосил бўлади:



Никел (II) тузининг эритмасидан пробиркага 2-3 томчи солиб, устига 5 томчи  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  эритмасидан қўшилади. Яшил чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$  никел (II)-сулфат  $\text{NiSO}_4$  эритмасига таъсир эттирилса асосли туз  $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$  нинг яшил чўкмаси ҳосил бўлади. Аммиак эритмасидан мўл миқдорда олинса, тўқ кўк рангли комплекс бирикма ҳосил бўлади:

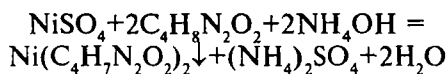


$\text{Ni}^{2+}$  катионини аммоний гидроксид аммоний тузлари иштирокида чўктира олмайди.

Реакция шароити:

- эритманинг рН қиймати 7 дан катта бўлиши керак;
- никел (II) гидроксидни чўктириш эритмани иситиш билан олиб борилади;
- реакцияни бажаришга эритмадаги  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ва  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  катионлари халақит беради, бу ионларни аввал эритмадан йўқотиш лозим.

2. **Диметилглиоксим  $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2$  (Чугаев реактиви)**  $\text{Ni}^{2+}$  катионлари тузлари билан таъсирлашиб, қип-қизил кристаллик чўкма ҳосил қилади:



Никел (II) сулфат эритмасидан пробиркага 4 томчи солиб, 3-6 томчи аммиакнинг концентрланган эритмасидан қўшилади. Сўнгра диметилглиоксимнинг спиртдаги эритмасидан 2-3 томчи қўшилса, ички комплекс туз-никел диметилглоксиматнинг қип-қизил кристаллик чўкмаси ҳосил бўлади.

Бу реакцияни бажариш шароити:

- реакцияни эритмани муҳитини  $\text{pH}=8$  га келтириб (аммиак эритмаси ёрдамида) бажариш лозим;
- эритмадаги  $\text{Fe}^{2+}$  катионлари (бу катионлар ҳам диметилглиоксим билан қизил рангли эритма ҳосил қилади) водород пероксид ёрдамида  $\text{Fe}^{3+}$  га айлантирилиши керак;
- эритмада  $\text{Cu}^{2+}$  ва  $\text{Co}^{2+}$  ионлари бўлса, улар эритмадан йўқотилиши лозим, чунки улар  $\text{Ni}^{2+}$  ни аниқлашга халақит беради.

## 11.10. Учинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи

Учинчи гуруҳ катионлари турли хусусиятларга эга, уни бу катионларнинг турли реагентларга муносабатини кўрсатувчи 10-жадвалдан кўриш мумкин. Илгари кўриб ўтилган I, II гуруҳ катионлари рангсиз ва кўпинча оқ чўкма беради. III гуруҳда эса аксари ионлар ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ) ва уларнинг чўкмалари рангли бўлади. Уларнинг ранглари муҳим аналитик белгилардирки, бу белгилар анализни анча осонлаштиради ва анализ натижалари нақадар тўғри эканлигига ишонтиради.

III гуруҳ катионларининг хусусий реакциялари хилма-хил бўлганлиги учун уларни гуруҳчаларга ажратиб аралашма таркибидан анализ қилишнинг бир неча методларини яратишга сабаб бўлди. Чунончи, бу методлардан водород пероксидли, аммиакли, ишқорий ва ацетатли методларни кўрсатиш мумкин. Шулардан кўп қўлланиладиган методлардан бири аммиакли метод бўлиб, ундан хоҳлаган ўқув юртининг аналитик кимё лабораторияларида фойдаланиб, III гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш мумкин.

### Аммиакли метод

III гуруҳ катионлари  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ва  $\text{Ni}^{2+}$  ионларини сақловчи аралашма анализини кўриб чиқамиз.

**Дастлабки синовлар.** Синовлар текшириладиган эритманинг айрим улушларидан  $\text{Fe}^{3+}$  ва  $\text{Fe}^{2+}$  катионларини топишдан бошланади, чунки анализнинг кейинги босқичларида  $\text{Fe}^{2+}$  катиони  $\text{Fe}^{3+}$  катионигача оксидланиши,  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари эса  $\text{Fe}^{2+}$  гача қайтарилиши мумкин. Бунинг натижасида бу катионларнинг бор-йўқлигини топиш натижаси ишончли бўлмай қолади.

1.  **$\text{Fe}^{3+}$  катионини топиш.** Текширилаётган эритманинг 2-3 томчисига  $\text{HCl}$  нинг 2 N эритмасидан 1-2 томчи қўшиб, устига 1-2 томчи  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан қўшилганда тўқ кўк рангли берлин зангориси деб аталувчи чўкма ҳосил бўлиши ёки  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ( $\text{KSCN}$ ) таъсиридан қизил-қон рангли эритма ҳосил бўлиши текширилаётган эритмада  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари мавжудлигидан далолат беради.

## III гуруҳ катионларнинг хусусий реакциялари

Реагентлар	КАТИОНЛАР							
	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S + (NH <sub>4</sub> OH +NH <sub>4</sub> Cl)	Оқ чўкма – Al(OH) <sub>3</sub>	Хира яшил чўкма – Cr(OH) <sub>3</sub>	Қора чўкма – Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Қора чўкма – FeS	Бадан рангли чўкма MnS	Оқ чўкма – ZnS	Қора чўкма CoS	Қора чўкма – NiS
NaOH, KOH	Оқ аморф чўкма – Al(OH) <sub>3</sub>	Хира- яшил чўкма – Cr(OH) <sub>3</sub>	Қизил-қўнғир чўкма Fe(OH) <sub>3</sub>	Оқ қўнғирланувчи чўкма – Fe(OH) <sub>2</sub>	Оқ қўнғирланув чи чўкма Mn(OH) <sub>2</sub>	Оқ чўкма – Zn(OH) <sub>2</sub>	Кўк чўкма асосли туз	Яшилсимон чўкма – Ni(OH) <sub>2</sub>
NH <sub>4</sub> OH	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>	Mn(OH) <sub>2</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>
CH <sub>3</sub> COONa қайнатилган- да	Оқ чўкма – Al(OH) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> COO	-	Қўнғир чўкма Fe(OH) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> CO O	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Оқ чўкма AlPO <sub>4</sub>	Яшил чўкма – CrPO <sub>4</sub>	Сариқ чўкма – FePO <sub>4</sub>	Оқ чўкма Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Оқ чўкма Mn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Оқ чўкма – Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Бинафша чўкма – Co <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Яшил чўкма Ni <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	-	-	Кўк чўкма Fe <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>3</sub>	Оқ чўкма Fe <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Оқ чўкма Mn <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Оқ чўкма K <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub>	Яшил чўкма Co <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Оч яшил чўкма Ni <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]
K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	-	-	Эритманинг қўнғир тусга кириши	Кўк чўкма Fe <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub>	Қўнғир чўкма Mn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub>	Қўнғир- сарғиш чўкма – Zn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	Тўқ қизил чўкма – Co <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub>	Сарғиш- қўнғир чўкма – Ni <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	Қўнғир-қизил чўкма – Fe <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Оқ чўкма FeCO <sub>3</sub>	Оқ чўкма – MnCO <sub>3</sub>	Оқ чўкма – Zn <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Пушти чўкма Co <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Яшил чўкма Ni <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

2. **Fe<sup>2+</sup> катионини топиш.** Аралашма эритмасидан 2-3 томчисига  $K_3[Fe(CN)_6]$  эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Тўқзангори тусли «турнбул кўки» деб аталувчи чўкма ҳосил бўлиши, эритмада  $Fe^{2+}$  ионлари борлигини билдиради.

3. **Mn<sup>2+</sup> катионини топиш.** Текширилаётган эритмадан 1-2 томчи пробиркага солиб, устига кумуш нитрат эритмасидан 1 томчи қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлса, эритмада  $Cl^-$  ионлари бор бўлади. Эритмадан  $Cl^-$  ионларини йўқотиш керак, чунки  $Cl^-$  ионлари  $Mn^{2+}$  катионларини аниқлашга халақит беради. Аралашмага яна 2-3 томчи  $AgNO_3$  эритмасидан томизилади ва ҳосил бўлган чўкма центрифугалаб ажратилади. Бошқа пробиркага  $PbO_2$  ёки  $(NH_4)_2S_2O_8$  кристалларидан 2-3 бўлакча солинади ва устига 2-3 томчи  $HNO_3$  нинг 2N эритмасидан қўшиб, аралашма қиздирилади. Бу оксидловчи аралашмага 1-2 томчи юқоридаги центрифугадан ( $Cl^-$  иони йўқотилган) қўшилганда, бинафша-пушти ранг ҳосил бўлиши  $Mn^{2+}$  катионлари борлигидан далолат беради.

4. **Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> катионларини Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> катионларидан ажратиш.** Текшириладиган катионлар аралашмаси бор эритмадан олиб устига аммоний хлориднинг тўйинган эритмасидан қўшилади, пробирка ичидаги эритмаси билан сув ҳаммомида иситилади. Сўнгра ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча аммоний гидроксиднинг концентрланган эритмасидан қўшилади, сўнг яна шу эритмадан 5 томчи қўшилади. Бунда алюминий ва темир гидроксидлари  $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$  (эритмада  $Cr^{3+}$  бўлса  $Cr(OH)_3$ ) чўкмага тушади,  $Mn^{2+}$  ва  $Zn^{2+}$  катиони  $[Zn(NH_3)_6]^{2+}$  ҳолида эритмада қолади. Ҳосил бўлган чўкмани центрифугалаб ажратиб олинади, уни бир марта аммоний хлорид қўшилган сув билан ювилади. Чўкма таркибидаги  $Fe^{3+}$  катиони  $Al^{3+}$  ионидан ажратиш учун фойдаланилади. Центрифугат эса таркибидаги  $Zn^{2+}$  катионини топиш учун ишлатилади.

5. **Fe<sup>3+</sup> ни Al<sup>3+</sup> ионидан ажратиш.** Чўкмага (4 банд бўйича олинган) натрий гидроксиднинг 6N эритмасидан 5-6 томчи қўшилади, оҳиста иситилади ва аралаштириб туриб водород пероксиднинг 3% ли эритмасидан 5-6 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган  $Fe(OH)_3$  чўкмани центрифугада ажратилади ва ташлаб юборилади. Центрифугат ( $AlO_2^-$  иони бўлиши мумкин) таркибидан  $Al^{3+}$  катиони топилади.

6. **Al<sup>3+</sup> катионини топиш.** Центрифугат (5-банд бўйича олинган ишқорий эритма)га сулфат кислотанинг 2N эрит-

масидан  $\text{AlO}_2^-$  ионини  $\text{Al}^{3+}$  катионига айлантириш учун (рНқ4 бўлгунча) қўшилади. Сўнгра  $\text{NH}_4\text{OH}$  дан кучсиз ишқорий муҳит (рН≈9) бўлгунча қўшиб, эритма сув ҳаммомида иситилади. Текширилаётган катионлар аралашмасида  $\text{Al}^{3+}$  катиони бўлса, алюминий гидроксид  $\text{Al}(\text{OH})_3$  нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

7.  **$\text{Zn}^{2+}$  катионини топиш.** Аммиакли эритмага (4-банд) кучсиз кислотали муҳит ҳосил бўлгунча  $\text{HCl}$  эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган эритманинг 8-10 томчисига  $\text{CaCO}_3$  кукунидан солиб чайқатилади.  $\text{CO}_2$  гази ажралиши тўхтагач, чўкма центрифугада ажратилади. Центрифугага суюлтирилган (0,05 N)  $\text{HCl}$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади, иситилади, сўнгра 2-3 минут давомида водород сульфид эритмадан ўтказилади. Оқ чўкма  $\text{ZnS}$  ҳосил бўлиши эритмада  $\text{Zn}^{2+}$  катионлари борлигини билдиради.

8.  **$\text{Cr}^{3+}$  катионини топиш.** 5-банд бўйича олинган центрифугадан 4-5 томчи олиб, ишқорий муҳитни нейтраллаш учун сирка кислота қўшилади. Сўнгра 3-4 томчи  $\text{BaCl}_2$  эритмаси томизилади. Сарик чўкманинг ҳосил бўлиши текширилаётган аралашма эритмасида  $\text{Cr}^{3+}$  катионлари борлигини билдиради.

9.  **$\text{Co}^{2+}$  катионини топиш.** III гуруҳ катионлари аралашмаси эритмасидан 3-4 томчи олиб унга 2-3 томчи  $\text{HNO}_3$  (зичлиги 1,2 г/мл) эритмасидан қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бунда эритмада бўлган  $\text{Fe}^{2+}$  катионлари оксидланиб  $\text{Fe}^{3+}$  катионларига айланади. Нитрат кислотали эритмадан 2 томчи олиб, устига 8-10 томчи аммоний роданиднинг тўйинган эритмасидан қўшилади. Агар бунда  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари бўлса, қизил ранг ҳосил бўлади.  $\text{Co}^{2+}$  ионини топишга халақит берувчи  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари  $\text{NH}_4\text{F}$  ёки  $\text{NaF}$  эритмасидан қўшиб, комплекс бирикмага боғланади, қизил ранг йўқолади. Сўнг 3-7 томчи амил спирти ёки этил эфири қўшиб, яхшилаб чайқатилади. Спирт қаватининг кўк рангга бўялиши, текширилаётган III гуруҳ катионлари аралашмасида  $\text{Co}^{2+}$  катионлари борлигини билдиради.

10.  **$\text{Ni}^{2+}$  катионини топиш.** Аммиакли эритманинг (4-банд бўйича ҳосил қилинган) 2 томчисига диметилглиоксим (Чугаев реактиви) эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Қизил рангли чўкманинг ҳосил бўлиши текширилаётган аралашма эритмасида  $\text{Ni}^{2+}$  катионлари борлигини билдиради.

III гуруҳ катионлари аралашмасининг системали анализ қилиш тугаллангач, анализ натижалари жадвал шаклида ёзилади.

### 11.11. I, II ва III гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

I, II ва III гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилишда, аммиакли методда системали тартибда анализ қилишни дастлабки синовлардан бошланади (11-жадвал).

#### 1. Дастлабки синовлар:

а)  $\text{NH}_4^+$  катионини топиш. Текшириляётган аралашма эритмасидан пробиркага 2-3 томчи олиб, ишқор қўшиб қиздириш йўли билан ёки Несслер реактиви ёрдамида аммоний катионининг бор-йўқлиги аниқланади;

б)  $\text{Fe}^{2+}$  ва  $\text{Fe}^{3+}$  катионларини аниқлаш. Иккита пробирканинг ҳар бирига 2-3 томчидан текшириляётган эритмадан солинади, иккаласида кучсиз кислотали муҳит ( $\text{HCl}$  ёрдамида) ҳосил қилинади. Биринчи пробиркага  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан 1 томчи қўшилади. Кўк рангли чўкманинг ҳосил бўлиши  $\text{Fe}^{2+}$  катиони борлигини кўрсатади. Иккинчи пробиркага 1 томчи  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан томизилади. Кўк чўкма-берлин зангорисининг ҳосил бўлиши  $\text{Fe}^{3+}$  ионининг борлигини тасдиқлайди.  $\text{Fe}^{3+}$  катиони бор-йўқлигини  $\text{NH}_4\text{SCN}$  ёки  $\text{KSCN}$  эритмалари ёрдамида қизил-қон рангли эритма ҳосил бўлишидан ҳам топиш мумкин;

в)  $\text{Zn}^{2+}$  катионини топиш. Рух катионини эритманинг бир қисмидан топиш мақсадга мувофиқ бўлади, чунки системали анализда  $\text{Zn}^{2+}$  иони бошқа ионлар билан биргаликда чўкиши ҳисобига уни кўп қисми йўқолади, бинобарин  $\text{Zn}^{2+}$  ни топиш мумкин бўлмай қолади. Рух катионини топишда текшириляётган эритмадан 2-3 томчи олиб, унга  $\text{H}_2\text{S}$  ёки дитизон таъсир эттириш реакцияларидан (11.7 – га қаранг) фойдаланилади.

2. III гуруҳ катионларини I ва II гуруҳ катионларидан ажратиш. Биринчи ва иккинчи гуруҳ катионларини топишда қўлланиладиган  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  каби реагентлар билан III гуруҳ катионлари ҳам чўкма ҳосил қила олади, шу сабабли I ва II гуруҳ катионларини топиш-



га халақит беради. Бинобарин, III гуруҳ катионларини қолган иккала гуруҳ катионларидан ажратиш керак.

Конуссимон пробиркага текширилаётган аралашма эритмасидан 20-25 томчи олиб, унга аммоний хлорид эритмасидан 6-8 томчи қўшилади. Сўнгра кучсиз ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 2N эритмасидан томчилатиб қўшилади. Пробиркани эритмаси деярли қайнагунча иситилади ва аралаштириб туриб 12-15 томчи III гуруҳнинг умумий реагенти  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  эритмасидан қўшилади ва яна пробирка 3-5 минут сув ҳаммомида иситилади. Шундан кейин чўкма центрифугада ажратилади ва центрифугатга яна 1 томчи аммоний сульфид  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  эритмаси қўшилиб, чўкиш тўлиқ ёки тўлиқ эмаслиги текширилади. Чўкиш тўлиқ бўлмаса, яна 5-6 томчи  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  эритмасидан қўшилади. Чўкиш тўлиқ бўлгандан кейин чўкмани центрифугалаб эритмадан ажратилади, центрифугатни бошқа пробиркага ўтказилади. Чўкмага аралашган  $\text{Cl}^-$  ионларини ( $\text{Mn}^{2+}$  катионини аниқлашга халақит берувчини) йўқотиш учун, чўкма  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (электролит-коагулятор) сақловчи иссиқ сув билан 3-4 марта ювилади ва у III гуруҳ катионларини топиш учун 4-банд бўйича ишлатилади. Центрифугат таркибида I-2-гуруҳ катионлари, ортиб қолган  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ва бошқа аммоний тузлари бўлиб, 3-банд бўйича текширилади.

**3. Центрифугатни I-II гуруҳ катионларини топиш учун тайёрлаш.** II гуруҳ катионларини сульфатлар ҳолида чўкиб қолишига сабаб бўлувчи эритмалаги ортиб қолган  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ни кислота таъсир эттириб, парчалаб юбориш керак. Бунинг учун центрифуга тигелга қўйилиб, сирка кислота қўшилиб кислотали муҳитга келтирилади ва эритманинг ярми қолгунча буғлатилади. Чўкмага тушган олтингутурт центрифугаланиб ажратиб ташланади, центрифугатни куруқ қолдиқ қолгунча буғлатилади, қолдиқ таркибидаги аммоний тузлари йўқотилади (чунки II гуруҳ катионларининг карбонатлари аммоний тузлари эритмасида сезиларли даражада эрийди). Қиздирилган қолдиқ совугач, 10-12 томчи  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган эритма таркибидаги I-II гуруҳ катионлари аралашмаси 10.6 бўйича анализ қилиниб, қандай катионлар борлиги топилади.

**4. III гуруҳ катионлари сақловчи чўкмани эритиш.** Юқоридаги 2-банд бўйича олинган чўкмани рангига эътибор бе

I, II, III гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби (Аммиакли метод)

<p>Дастлабки синовлар: эритманинг айрим улушларидан <math>\text{NH}_4^+</math>, <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Fe}^{2+}</math>, <math>\text{Co}^{2+}</math> катионларини топиш.</p>			
<p>I-II гуруҳ катионларидан III гуруҳ катионларини <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> ва <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> иштирокида <math>(\text{NH}_4)_2\text{S}</math> таъсир эттириб чўкмага тушириб ажратиш. Чўкмани <math>\text{NH}_4\text{NO}_3</math> қўшилган иссиқ сув билан ювиш.</p>			
<p>Центрифугат (I) таркибида: <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Sr}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Na}^+</math> ортиқча <math>(\text{NH}_4)_2\text{S}</math> ва бошқа аммоний тузлари бор. Эритмага <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> қўшиб қайнатилади, бунда <math>(\text{NH}_4)_2\text{S}</math> парчаланadi. Чўкмадаги олтингургурт центрифугада ажратилади. Центрифугатни буғлатиш, қуруқ қолдиқни аммоний тузларини йўқотиш учун қиздириш. Қуруқ қолдиқни <math>\text{HCl}</math> нинг 2N эритмасида эритиш. Ҳосил бўлган эритмадан I-II гуруҳ катионларини топиш (10.6 бўйича).</p>	<p>Чўкма (I) таркибида: <math>\text{Al}(\text{OH})_3</math>, <math>\text{Cr}(\text{OH})_3</math>, <math>\text{Fe}_2\text{S}_3</math>, <math>\text{FeS}</math>, <math>\text{MnS}</math>, <math>\text{CoS}</math>, <math>\text{NiS}</math> бўлиши мумкин. Чўкмани <math>\text{HNO}_3</math> (<math>\rho=1,2</math> г/мл) да иситиб эритиш. Чўкмага тушган олтингургурт чўкмасини ажратиш. Центрифугат (II) текширилади. Эритмага сув қўшиб суюлтирилади.</p>		
	<p>Центрифугат (II) таркибида <math>\text{Al}^{3+}</math>, <math>\text{Cr}^{3+}</math>, <math>\text{Fe}^{2+}</math>, <math>\text{Mn}^{2+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{Co}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> катионлари, ортиқча <math>\text{HNO}_3</math> бўлади. Эритманинг бир улушидан <math>\text{Mn}^{2+}</math> катиони <math>\text{PbO}_2</math> ёки <math>(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8</math> ёрдамида (<math>\text{Cl}^-</math> ионлари <math>\text{AgNO}_3</math> билан йўқотилгач) аниқланади (11.10 га қаранг). Эритмадаги <math>\text{Al}^{3+}</math>, <math>\text{Cr}^{3+}</math>, <math>\text{Fe}^{2+}</math> катионларини <math>\text{Mn}^{2+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{Co}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> катионларидан <math>\text{NH}_4\text{Cl}</math> иштирокида ортиқча <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> қўшиб ажратиш. Ҳосил бўлган чўкма (II) центрифугат (III) дан ажратилади.</p>		
	<p>Чўкма (II) таркибида <math>\text{Al}(\text{OH})_3</math>, <math>\text{Cr}(\text{OH})_3</math>, <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> бор чўкма <math>\text{NaOH}</math> нинг 6N эритмаси ва <math>\text{H}_2\text{O}_2</math> нинг 3% эритмасида эрити-лади. (<math>\text{Fe}^{3+}</math> катионидан <math>\text{Al}^{3+}</math> ва <math>\text{Cr}^{3+}</math> ионини ажратиш учун) Чўкма (III) центрифугада ажратилади.</p>		<p>Центрифугат (III): <math>\text{Mn}^{2+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{Co}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> катионлари, ортиқча <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> ва аммоний тузлари бор. а) Эритманинг бир улушига <math>\text{HCl}</math> қўшилади. Ортиқча кислота <math>\text{CaCO}_3</math> кристаллари билан нейтралланади. Эритмага <math>\text{HCl}</math> нинг 0,05 N эритмаси қўшиб иситилади ва <math>\text{H}_2\text{S}</math> гази ўтказилиб, <math>\text{ZnS}</math> (оқ чўкма) ҳосил бўлишидан <math>\text{Zn}^{2+}</math> борлиги аниқланади. б) Центрифугат (III) ни бир улушидан диметилглиоксим эритмаси ёрдамида <math>\text{Ni}^{2+}</math> катиони топилади.</p>
	<p>Чўкма (III) <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math>, <math>\text{Mn}(\text{OH})_3</math> иборат бўлади. Ташлаб юборилади.</p>	<p>Центрифугат (IV) таркибида <math>\text{AlO}_2^-</math>, <math>\text{CrO}_4^{2-}</math> ортиқча <math>\text{NaOH}</math> бўлади. а) <math>\text{CrO}_4^{2-}</math> ни топиш б) <math>\text{AlO}_2^-</math> ни эритмага 2N <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math> эритмаси қўшиб <math>\text{Al}^{3+}</math> га айлантирилади. С унг <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> қўшиб, <math>\text{Al}(\text{OH})_3</math> ҳосил бўлишидан <math>\text{Al}^{3+}</math> борлиги аниқланади.</p>	

риб, III гуруҳ катионларидан қайсилари борлиги тўғрисида дастлабки хулоса чиқарилади. Чўкма устига нитрат кислота ( $\rho=1,2$  г/мл) дан 5-6 томчи қўшилади, яна  $\text{KNO}_3$  эритмасидан 1-2 томчи томизилади. Чўкмани тўлиқ эриши учун зарур бўлса қўшимча 2-3 томчи нитрат кислота қўшилади ( $\text{Fe}^{2+}$  ни  $\text{Fe}^{3+}$  гача оксидлаш учун ҳам). Чўкмага тушган олитингургуртни центрифугалаб ажратилади. Центрифугатни 5-6 томчи дистилланган сув қўшиб суюлтирилади ва учинчи гуруҳ катионларининг аралашмаси сифатида 11.10 бўйича текширилади ва эритма таркибида бўлиши мумкин бўлган III гуруҳ катионлари топилади.

### Саволлар

1. III гуруҳ катионларининг умумий тавсифини келтиринг.
2. Алюминий катионларини хусусий реакциялари қандай бўлади?
3. Хром катионига қандай реакция ўзига хос ҳисобланади?
4.  $\text{Fe}^{3+}$  катионини топишга имкон берувчи реагент қандай, реакцияда қандай ташқи эффект кузатилади?
5. Темир (II) катионини ўзига хос аналитик реакцияси қайси реагент билан бажарилади, бу реакция шароитлари қандай бўлади?
6.  $\text{Mn}^{2+}$  катионини оксидлаб аниқлашда қандай реагентлардан фойдаланиш мумкин, реакция шароитларини шарҳланг.
7. Рух катионини сифат жиҳатдан топишда водород сульфид билан кетадиган реакция қандай шароитда бажарилади ва  $\text{H}_2\text{S}$  ни қайси реагент билан алмаштирса бўлади?
8. Аммоний (ёки калий) роданид реагенти билан  $\text{Co}^{2+}$  катионларини очишдаги реакция шароитлари қандай, бу реакцияда кузатиладиган эффект нима?
9. Никел катионига хос бўлган очиш реакцияси қандай реагент билан бажарилади, қандай эффект кузатилади?
10. Учинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализида дастлабки синовлар нималардан иборат?
11. Аралашмадаги  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  катионларини  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  катионларидан қандай ажратиш мумкин?
12. Биринчи ва иккинчи гуруҳ катионларини аралашмадаги III гуруҳ катионларидан ажратиш йўли қандай бўлади?

## Тестлар

1. III гуруҳ катионларидан қайси бирини ауринтри карбон кислотанинг аммонийли тузи ёрдамида очиш мумкин?

- А)  $Al^{3+}$  катионини;
- В)  $Cr^{3+}$  катионини;
- С)  $Zn^{2+}$  катионини;
- Д)  $Fe^{3+}$  катионини;
- Е)  $Ni^{2+}$  катионини.

2. Қуйидаги катионлардан қайси бирининг эритмаси рангли бўлади?

- А)  $K^+$  катиони;
- В)  $Cr^{3+}$  катиони;
- С)  $Na^+$  катиони;
- Д)  $Al^{3+}$  катиони;
- Е)  $Ba^{2+}$  катиони.

3. Қайси реагентга нисбатан  $Zn^{2+}$  катионларини  $Al^{3+}$  катионларидан фарқлаш мумкин?

- А)  $HCl$ ;
- В)  $NH_4OH$ ;
- С)  $NH_4Cl$ ;
- Д)  $NaOH$ ;
- Е)  $H_2SO_4$ .

4. Хром ва алюминий катионларини қандай реагент ёрдамида фарқлаш мумкин?

- А)  $H_2O_2$  кислотали шароитда;
- В) Ишқор эритмаси;
- С) Аммиак эритмаси;
- Д)  $H_2O_2$  аммиакли муҳитда;
- Е)  $HCl$ .

5. Хром (III) сульфатнинг мўл ишқор эритмаси билан ўзаро таъсир реакциясининг ион-молекуляр тенгламасини тузинг, бунда коэффициентлар йиғиндиси нечага тенг бўлади?

- А) 4;
- В) 8;
- С) 10;

- Д) 12;
- Е) 22.

6. Алюминий гидроксиднинг ишқор эритмаси билан ўзаро таъсирлашув реакциясининг ион-молекуляр тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 6;
- В) 4;
- С) 5;
- Д) 8;
- Е) 7.

7. Хром (III) сульфатнинг аммоний персульфат билан ўзаро таъсир реакциясини молекуляр тенгламасини тузинг ва бунда коэффициентлар йиғиндиси неча бўлади?

- А) 10;
- В) 18;
- С) 12;
- Д) 21;
- Е) 13.

8.  $Fe^{3+}$  катиони қайси реагент билан тўқ кўк рангли «берлин зангориси» номли чўкма беради?

- А)  $NH_4OH$ ;
- В)  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;
- С)  $K_3[Fe(CN)_6]$ ;
- Д)  $CH_3COONa$ ;
- Е)  $KSCN$ .

9. Темир (III) катионини берлин зангориси ҳолида топишда кетадиган реакциянинг ион-молекуляр тенгламасини ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 8;
- В) 15;
- С) 5;
- Д) 13;
- Е) 10.

10. Қайси реагент  $Fe^{3+}$  катиони билан қизил-қон рангли эритма ҳосил қилади?

- A) NaOH;
- B)  $K_4[Fe(CN)_6]$ ;
- C)  $CH_3COONa$ ;
- D)  $NH_4OH$ ;
- E)  $NH_4SCN$ .

11.  $Fe^{2+}$  катионини очишда қайси реагент шу катионга хос реагент ҳисобланади?

- A)  $NH_4OH$ ;
- B) NaOH;
- C)  $NH_4SCN$ ;
- D)  $K_3[Fe(CN)_6]$ ;
- E)  $K_4[Fe(CN)_6]$ .

12. Темир (II) ионини турнбул кўки ҳолида аниқлашда кетадиган реакциянинг ион-молекуляр тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- A) 6;
- B) 10;
- C) 12;
- D) 3;
- E) 4.

13. Диметилгилоксимнинг спиртдаги эритмаси  $Fe^{2+}$  катиони билан эритмада қандай ранг ҳосил қилади?

- A) Кўк;
- B) Пушти-қизил;
- C) Ҳаворанг;
- D) Сарик;
- E) Хира-яшил.

14. Марганец (II) катионини кислотали шароитда  $PbO_2$  билан оксидланганда реакциянинг ташқи эффекти қандай бўлади?

- A) Қора чўкма;
- B) Эритма сарик рангли;
- C) Эритма пушти рангли;
- D) Қизил чўкма;
- E) Оқ чўкма.

15.  $Mn^{2+}$  катионини кислотали муҳитда  $PbO_2$  ёрдамида аниқлашда кетадиган реакциянинг молекуляр тенгламаси-

ни ёзиб, коэффициентлар йиғиндиси нечага тенглигини ҳисобланг.

- A) 19;
- B) 22;
- C) 9;
- D) 15;
- E) 20.

16.  $Mn^{2+}$  катионини персульфат иони билан аниқлашда кетадиган реакциянинг ионли тенграмасини ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- A) 43;
- B) 18;
- C) 6;
- D) 12;
- E) 29.

17. Қандай реагент билан бўладиган реакция рух катиони учун ўзига хос хусусий реакция ҳисобланади?

- A)  $NH_4OH$  билан;
- B) Ишқорлар билан;
- C) Ишқорий металлларнинг карбонатлари билан;
- D) Дитизон билан;
- E) Калий гексацианоферрат (II) билан.

18. III гуруҳ катионларидан қайси бири  $NH_4OH$  эритмаси билан кўк чўкма беради, бу чўкма мўл  $NH_4OH$  да эриб реакция аралашмани хира сариқ рангга бўяйди?

- A) Алюминий катиони;
- B) Кобалт катиони;
- C) Никел катиони;
- D) Темир (III) катиони;
- E) Рух катиони.

19.  $Co^{2+}$  катиони қайси реагент билан кўк рангли комплекс бирикма ҳосил қилади?

- A)  $(NH_4)_2CO_3$ ;
- B)  $Na_2HPO_4$ ;
- C)  $NH_4SCN$ ;
- D)  $K_3[Fe(CN)_6]$ ;

Е)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

20. Қайси катион аммиак эритмаси билан яшил чўкма беради, бу чўкманинг мўл аммиакда эриши натижасида эритма кўк рангга киради?

- А) Кобалт катиони;
- В) Алюминий катиони;
- С) Марганец катиони;
- Д) Никел катиони;
- Е) Рух катиони.

21. Никел (II) катиони диметилглиоксим билан қандай чўкма ҳосил қилади?

- А) Сариқ чўкма;
- В) Кўк чўкма;
- С) Яшил чўкма;
- Д) Қора чўкма;
- Е) Қизил чўкма.



## ХII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ТЎРТИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

### 12.1. Тўртинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

Катионларнинг тўртинчи аналитик гуруҳига  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$  ва бошқалар киради. Тўртинчи гуруҳнинг ҳамма катионлари кислотали муҳитда ( $\text{pH}=0,5$ ) водород сульфид таъсирида сульфидлар ҳолида чўкади. IV гуруҳнинг умумий реагенти хлорид кислота иштирокидаги водород сульфиддир.

Водород сульфиднинг жуда заҳарли эканлигини эслатиб ўтиш даркордир, шунинг учун водород сульфид билан қилинадиган ҳамма ишлар мўрили шкафта олиб борилиши керак.

Ярим микроимевий анализ шароитида водород сульфид ҳосил қилишнинг энг қулай усули парафин (5-қисм), олтингургут (3-қисм) ҳамда толали асбест (1-қисм) аралашмасини қиздиришдан иборатдир. Бу аралашманинг 1 граммчаси газ ўтказувчи найи бўлган оддий (макро) пробиркага солиниб, штатив қисқичига ўрнатилади, ажралиб чиқаётган газни текширилаётган эритмага юбориб туриб, секин қиздирилади. Қиздириш тўхтатилиши билан реакция дарҳол тўхтайтиди. Қиздиришни озайтириб ёки кучайтириб газ чиқишини секинлаштириш ёки тезлатиш мумкин.

Тўртинчи гуруҳ катионларининг айрим бирикмалари муҳим биологик аҳамиятлидир. Мис бирикмалари ўсимликларнинг меъёрида ривожланиши учун зарур. Микроэлемент тариқасида ферментлар таркибига кириб, оқсиллар ва углеводлар алмашинувида таъсир кўрсатади, ўсимликларнинг замбуруғ касалликларига чидамлилигини оширади. Тупроқ таркибида мис бирикмаларининг бўлмаслиги донли экинларнинг ҳосилдорлигини кескин камайишига олиб келади. Чорва озиқлари таркибидаги мис миқдорининг камайиб кетиши ҳайвонларда турли касалликларга олиб келади. Мис

катиони бир қатор заҳарли, қишлоқ хўжалик зараркунандаларига қарши ишлатиладиган препаратлар таркибига киради: мис купороси, париш кўки  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$  ва бошқалар.

Симобнинг кўпчилик бирикмалари жуда заҳарлидир. Сулема  $\text{HgCl}_2$ , этилмеркурхлорид  $\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$  сабзот уруғларини замбуруғ ва бактериядан сақлаш учун дорилашда ишлатилади. Каломел  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  тиббиётда ишлатилади.

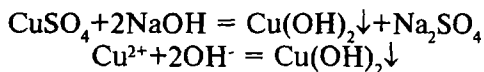
Мишяк бирикмалари агробиологик жараёнларда муҳим вазифани бажаради. Кам миқдордаги мишяк бирикмалари баъзибир ўсимликлар (арпа, карам)ни ўсиши ва ривожланишини жадаллаштиради. Мишяк ионлари ўсимликлар томонидан тупроқдаги фосфор бирикмаларини ўзлаштиришга имконият беради. Мишяк бирикмалари қишлоқ хўжалигида ўсимликлар зараркундаларига қарши ишлатиладиган париш кўки  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ , натрий арсенит  $\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{Na}_2\text{HAsO}_3 + \text{NaH}_2\text{AsO}_3$ , калций арсенит  $\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2 + \text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$  ва бошқалар таркибига киради.

Сурма ва қалай ионларининг биологик жараёнларидаги иштироки яхши ўрганилмаган.

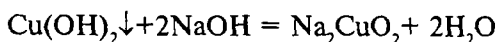
## 12.2. Мис $\text{Cu}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuCl}_2$  ва  $\text{CuSO}_4$  ларнинг ҳаворангли сув эритмаларидан фойдаланилади.

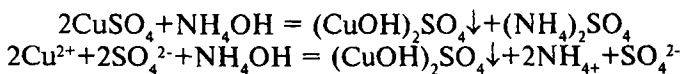
1. **Ўювчи ишқорлар  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$   $\text{Cu}^{2+}$  катионлари билан  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  нинг ҳаворанг чўкмасини ҳосил қилади.**



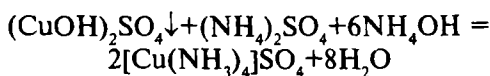
Пробиркадаги 4-5 томчи  $\text{Cu}^{2+}$  тузи эритмасига 3-4 томчи  $\text{NaOH}$  ёки  $\text{KOH}$  эритмасидан кўшилади.  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  нинг сузмасимон ҳаворанг чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади. Бу чўкма мўл ишқор эритмасида эриб, тўқ зангори тусли куприт бирикмасини ҳосил қилади:



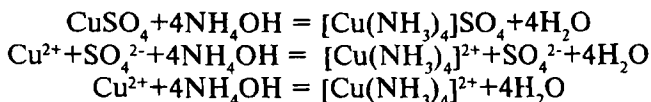
2. Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$   $\text{Cu}^{2+}$  ионлари билан асосли тузнинг яшилроқ чўкмасини ҳосил қилади:



Чўкма мўл аммиак эритмасида кўк рангли тетрааминокуприт (II) комплекс ионини ҳосил қилиб эрийди.



Иккала тенглама бирлаштирилса қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

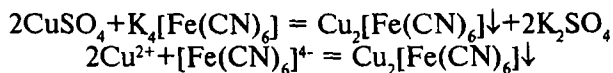


Реакцияни ўтказиш шароити:

- реакцияни  $\text{pH} \geq 9$  да ўтказиш керак;
- аммоний гидроксид билан реакцияга киришувчи ионлар, айниқса  $\text{Ni}^{2+}$  ва  $\text{Co}^{2+}$  реакцияни ўтказишга ҳалақит беради;

- аммоний тузлари миснинг асосли тузи чўкишига тўсқинлик қилади, лекин аммиакат ҳосил бўлишига ёрдам беради.

3. Калий гексацианоферрат (II)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$   $\text{Cu}^{2+}$  катионлари билан  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  нинг қизил-кўнғир чўкмасини ҳосил қилади:

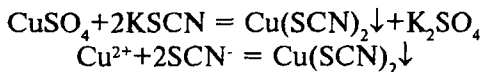


Мис тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, 3-4 томчи  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан қўшамиз. Қизил-кўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Бу реакция анча сезгир бўлиб, катионлар аралашмаси анализ қилинганда,  $\text{Cu}^{2+}$  катионини топиш учун қўлланилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритма  $pH \geq 7$  да бажариш керак;
- бу реагент билан рангли чўкмалар берувчи ионлар  $[Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}]$  эритмадан йўқотилиши ёки барқарор комплекс бирикмаларга айлантирилиши лозим.

4. **Калий роданид  $KSCN$**   $Cu^{2+}$  тузлари билан таъсирлашиб, қора чўкма  $Cu(SCN)_2$  ҳосил қилади:



Пробиркага мис тузи эритмасидан 1-2 томчи солиб, устига  $KSCN$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади, қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

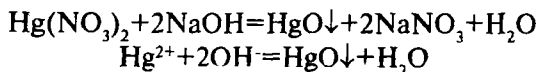
- реакцияни эритма  $pH \leq 7$  да ўтказилади;
- кучсиз иситиш реакцияни жадаллаштиради;
- кумуш ионлари  $KSCN$  билан оқ чўкма берганлиги учун олдидан эритмадан йўқотилиши зарур;
- кадмий ионлари бу реакцияни амалга оширишга ҳалақит бермайди.

5. **Алангани бўйш реакцияси.** Мис (II) катионининг учувчан тузлари газнинг рангсиз алангасини яшил тусга киритади.

### 12.3. Симоб $Hg^{2+}$ катионинг хусусий реакциялари

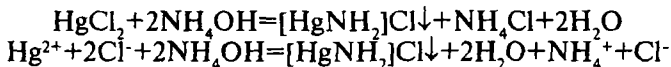
Тажрибаларни  $Hg(NO_3)_2$  ёки  $HgCl_2$  ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб ўтказилади. Симоб (II)-тузлари захарли бўлгани учун улар билан ишлашда эҳтиёт чораларига тўлиқ риоя қилиш керак.

1. **Ишқорлар  $NaOH$  ва  $KOH$**   $Hg^{2+}$  тузлари эритмасига таъсир эттирилганда, сариқ рангли симоб (II) оксид чўкмаси ҳосил бўлади:



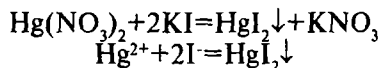
$\text{Hg}^{2+}$  катиони тузидан 4-5 томчи олиб, устига ишқор эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Сариқ чўкма  $\text{HgO}$  ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**  симоб (II) тузлари билан таъсирлашиб, аминомеркурат (II) хлориднинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

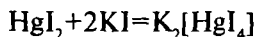


$\text{Hg}^{2+}$  катиони тузи эритмасидан 4-5 томчи пробиркага солиб, устига шунча томчи аммоний гидроксид қўшилади, натижада оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

3. **Калий йодид  $\text{KI}$**  симоб(II) тузлари билан таъсирлашиб, симоб(II) – йодид  $\text{HgI}_2$  нинг қизил чўкмасини ҳосил қилади:



$\text{Hg}^{2+}$  катиони тузи эритмасидан пробиркага 4-5 томчи олинади, устига 1-2 томчи калий йодид эритмасидан қўшилади. Қизил чўкма ҳосил бўлади. Бу чўкма мўл калий йодидда эриб комплекс бирикма ҳосил қилади:

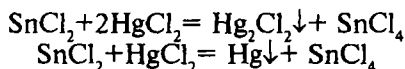


Бу комплекс бирикманинг ишқорий эритмаси Несслер реактиви номи билан  $\text{NH}_4^+$  катионини топишда ишлатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакция кислотали шароитда ( $\text{pH} < 6$ ) бажарилади;
- реагент калий йодид  $\text{KI}$  нинг мўл эритмаси чўкмани эришига олиб келади;
- $\text{Ag}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  катионлари  $\text{KI}$  билан чўкмалар бергани учун ва реакцияни амалга оширишга халакит бергани учун, даставвал бу катионларни эритмадан йўқтоиш лозим.

4. **Қалай (II) хлорид  $\text{SnCl}_2$**   $\text{Hg}^{2+}$  катиони тузлари билан таъсирлашганда оқ чўкма  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  ёки металлик симобнинг қора чўкмаси ҳосил бўлади:



Пробиркага  $\text{HgCl}_2$  эритмасидан 1-2 томчи томизилади ва устига шунча томчи янги тайёрланган  $\text{SnCl}_2$  эритмасидан қўшилади. Оқ ёки қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Таҷрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритманинг муҳити кислотали ( $\text{pH} < 7$ ) бўлганда ўтказиш лозим;

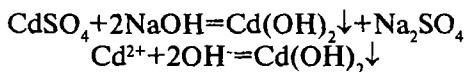
- хлорид ионлари билан оз эрувчан чўкмалар берадиган катионлари ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ) эритмадан даставвал йўқотилиши керак;

- реакцияни янги тайёрланган  $\text{SnCl}_2$  эритмаси билан ўтказилиши керак.

#### 12.4. Кадмий $\text{Cd}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

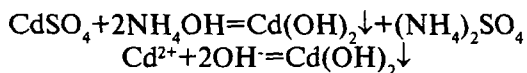
Реакцияларни бажаришда  $\text{CdSO}_4$  ёки  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ишқорлар  $\text{NaOH}$  ва  $\text{KOH}$**   $\text{Cd}^{2+}$  ионлари билан оқ рангли гидроксид  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  чўкмасини ҳосил қилади.



Кадмий тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, устига натрий гидроксиднинг эритмасидан 2-3 томчи қўшилади, оқ чўкма ҳосил бўлади.

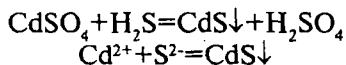
2. **Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**   $\text{Cd}^{2+}$  катионлари билан оқ рангли чўкма ҳосил қилади:



Кадмий тузи эритмасидан пробиркага 4-5 томчи солиб, оқ сузмасимон чўкма  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  ҳосил бўлгунча томчилатиб аммоний гидроксид эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмага мўл аммиак эритмаси қўшилса, чўкма эриб кетади ва рангсиз комплекс ион  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  га айланади. Бу комплекс ионнинг ҳосил бўлишидан системали анализ даво-

мида  $\text{Cd}^{2+}$  катионини  $\text{Bi}^{3+}$  катионидан ажратишда фойдаланилади, чунки  $\text{Bi}^{3+}$  иони  $\text{NH}_4\text{OH}$  таъсиридан мўл аммиакда эримайдиган асосли туз чўкмасини ҳосил қилади.

3. **Водород сульфид  $\text{H}_2\text{S}$**  ишқорий, нейтрал ва кучсиз кислотали эритмалардан ( $\text{pH} \geq 5$ )  $\text{Cd}^{2+}$  ионларини сариқ чўкма  $\text{CdS}$  ҳолида чўктиради:



Пробиркага 5 томчи кадмий тузи эритмасидан солиб, устига  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Сўнг аралашмага 5 томчи водород сульфидли сув томизилади.  $\text{CdS}$  нинг сариқ чўкма ҳолида ажралиб чиқиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

-  $\text{CdS}$  ни чўктиришни кучсиз кислотали муҳитда ҳам, шунигдек нейтрал ва ишқорий муҳитларда ҳам олиб бориш мумкин;

- нейтрал ва ишқорий эритмалардан  $\text{CdS}$  ни чўктиришда коллоидлар ҳосил бўлиши олдини олиш учун аммоний тузлари қўшилади.

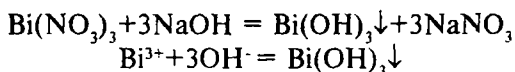
4. **Дифенилкарбазид  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH})_2\text{CO}$**  аммиак эритмаси иштирокида кадмий тузлари билан кўкиш-бинафша ранг ҳосил қилади.

Филтр қоғози бўлагини дифенилкарбазиднинг спиртли эритмаси билан шимдирилади ва қуритилади. Бу қоғозга 1 томчи кадмий тузи эритмасидан томизилади ва аммиакнинг концентрланган эритмаси бўлган склянка оғзига 2 дақиқа тутиб турилади. Кўкиш-бинафша доғнинг ҳосил бўлиши кузатилади.

## 12.5. Висмут $\text{Bi}^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда  $\text{BiCl}_3$  ва  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  ларнинг рангсиз сувли эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ишқорлар  $\text{NaOH}$  ва  $\text{KOH}$**   $\text{Bi}^{3+}$  катионлари билан кислоталарда эрийдиган, лекин мўл ишқорлар таъсирида ҳам эримайдиган  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



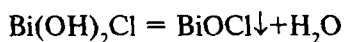
Пробиркага висмут тузи эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига 2-3 томчи ишқор эритмасидан қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Висмут тузларининг гидролизи** – висмут катиони учун хос бўлган реакциялардан бири ҳисобланади.

Нейтрал ва кучсиз кислотали муҳитда  $\text{Bi}^{3+}$  катиони тузлари сув таъсирида гидролизланиб, асосли тузларининг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Бу чўкма беқарор бўлиб, сув молекуласини ажратиб, парчаланadi:



Чўкманинг ҳосил бўлиши реакцияси қайтар бўлиб,  $\text{HCl}$  қўшилса (ва иситилса) висмутил хлорид эрийди.



Ҳосил бўлган эритма сув билан суюлтирилса яна  $\text{BiOCl}$  чўкмага тушади.

Пробиркага висмут тузи эритмасидан 2-3 томчи солиб, 3-5 мл дистилланган сув қўшамиз. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- гидролиз реакциясини висмут хлорид  $\text{BiCl}_3$  билан ўтказилгани мақул, чунки висмутил хлорид  $\text{BiOCl}$  эрувчанлиги висмутил нитрат  $\text{BiONO}_3$  га нисбатан камдир;

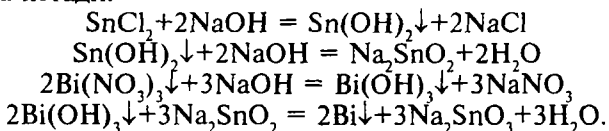
- агар реакция учун  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  ишлатилса, эритмага 2-3 томчи  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмасидан қўшилади ( $\text{Cl}^-$  иони иштирокида  $\text{BiO}^+$  нинг кам эрувчи  $\text{BiOCl}$  чўкмаси ҳосил қилади);

- сурма катиони иштироки бу реакцияга халақит беради;

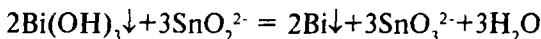
- $\text{BiOCl}$  чўкмаси стибилхлорид  $\text{SbOCl}$  дан фарқли ўлароқ, тартратлар, вино кислотаси иштирокида эримади.



3. Қалай (II) хлорид  $\text{SnCl}_2$  ишқорий муҳитда  $\text{Bi}^{3+}$  катионларини висмут металлгача қайтаради. Бу жараён қуйидагича кетади:



Охирги тенглама ионли кўринишда ёзилса:

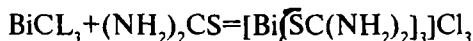


Пробиркага 2-3 томчи қалай (II) хлорид эритмасидан солинади ва чайқатиб турган ҳолда, аввал чўкмага тушади-ган  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  тўла эриб кетгунча (яъни натрий станнит  $\text{Na}_2\text{SnO}_2$  ҳосил бўлгунча) ишқор эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган ишқорий эритмага 2 томчи висмут тузи эритмасидан қўшилади. Қора рангли висмут метали чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни ўтказиш учун янги тайёрланган қалай (II) хлорид  $\text{SnCl}_2$  эритмаси олинади;
- ортиқча миқдор ишқор эритмаси қўшилмаслиги лозим. Эритма муҳити  $\text{pH}=10$  бўлиши керак;
- реакцияни бажаришга кумуш, симоб, мис ва бошқа катионлар халақит беради.

4. **Тиомочевина**  $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$  нитрат кислотали эритмаларда висмут (III) тузлари билан сариқ рангли комплекс катион  $[\text{Bi}[\text{SC}(\text{NH}_2)_2]_3]^{3+}$  ҳосил қилади.



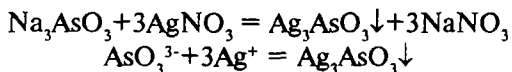
Пробиркадаги 2-3 томчи висмут хлорид эритмасига 1 томчи нитрат кислота ва тиомочевина эритмасидан 2 томчи қўшилади. Эритманинг сариқ тусга кириши кузатилади.

## 12.6. Мишяк $\text{As}^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

Мишяк бирикмалари билан ишлаш ўта эҳтиёткорлик талаб қилади, чунки улар жуда заҳарлидир.

Мишяк (III) эритмаларда арсенит ион  $\text{AsO}_3^{3-}$  ни ҳосил қилади ва эритма рангсиз бўлади.

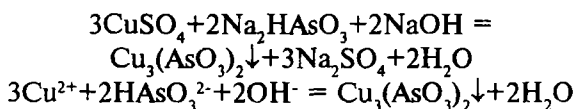
1. **Кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$**  арсенит ионлари  $\text{AsO}_3^{3-}$  билан сариқ рангли чўкма кумуш арсенит ҳосил қилади:



Пробиркадаги 4-5 томчи натрий арсенит эритмасига  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Сариқ чўкма тушиши кузатилади.

Ҳосил бўлган чўкма  $\text{NH}_4\text{OH}$  да комплекс ион  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  ҳосил қилиб эрийди.

2. **Мис(II) тузлари** ишқорий муҳитда мишяк(III) тузлари билан таъсирлашиб, сарғиш-яшил рангли  $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2$  чўкмасини ҳосил қилади:

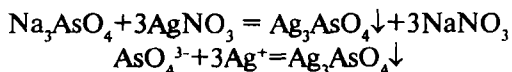


Мис(II) сульфатнинг сукултирилган эритмасидан 3-4 томчи олиб, устига  $\text{NaOH}$  нинг 2N эритмасидан 1-2 томчи ва  $\text{Na}_2\text{HAsO}_3$  эритмасидан 2 томчи қўшамиз. Сарғиш-яшил чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

## 12.7. Мишяк $\text{As}^{5+}$ катионининг хусусий реакциялари

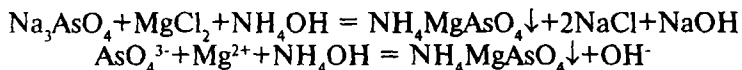
Мишяк(V) эритмаларда рангсиз арсенат  $\text{AsO}_4^{3-}$  иони ҳосил қилади.

1. **Кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$**  эритмадаги арсенат иони билан шоколад рангли кумуш арсенат чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркадаги 4-5томчи натрий арсенат ёки натрий гидроарсенат эритмасига  $\text{AgNO}_3$  нинг эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Бунда шоколад рангидаги чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Магнезиал аралашма  $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$**  арсенат  $\text{AsO}_4^{3-}$  иони билан оқ рангли аммоний – магний арсенат чўкмасини ҳосил қилади:



Магний хлориднинг эритмасидан 2-3 томчисига шунча томчи  $\text{NH}_4\text{OH}$  қўшилади ва ҳосил бўлган  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  чўкмаси  $\text{NH}_4\text{Cl}$  эритмасидан томчилатиб қўшиб эритилади. Ҳосил бўлган магнезиал аралашма сув ҳаммомида иситилади ва унга натрий арсенат эритмасидан оқ чўкма ҳосил бўлгунча қўшилади.

Бу реакциядан  $\text{As}^{5+}$  катионларини  $\text{As}^{3+}$  катионидан ажратишда фойдаланилади, чунки арсенит ионлар магнезиал аралашма билан чўкма ҳосил қилмайди.

Реакцияни амалга ошириш шароити:

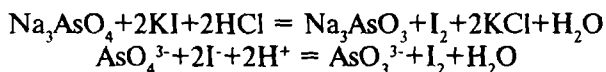
- реакцияни эритма муҳитининг  $\text{pH}=10$  бўлганда ўтказилади;

- эритмада магний ва аммоний гидроксид билан чўкма берадиган ионларни аввал йўқотиш зарур;

- эритмани иситиш чўкма ҳосил бўлишини тезлаштиради;

- чўкма ҳосил бўлишини жадаллаштириш учун пробирка ички деворини шиша таёқча билан ишқаланади.

3. **Калий йодид  $\text{KI}$**  арсенат  $\text{AsO}_4^{3-}$  ионлари билан таъсирлашганда эркин йод ажралиб чиқади ва эритма сариқ тусга киради, крахмал иштирокида эса эритма тўқ-қўқ рангга киради.



Пробиркага 3-4 томчи натрий арсенат эритмасидан солинади, устига 1-2 томчи концентрланган  $\text{HCl}$ , 3-4 томчи крахмал клейстри ва  $\text{KI}$  эритмасидан 4 томчи қўшилади,

яхшилаб аралаштирилади. Пробиркадаги ҳосил бўлган аралашма эритмаси тўқ қўқ тусга киради.

Тажрибани бажариш шароити:

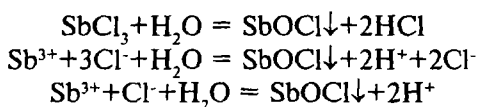
- реакцияни кислотали муҳитда  $pH=2-3$  бўлганда олиб борилади;

- реакцияда янги тайёрланган калий йодид  $KI$  эритмасини ишлатиш зарур.

## 12.8. Сурма $Sb^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари

Сурма тузларининг сувдаги эритмалари рангсиз бўлиб, тажрибаларни бажариш учун  $SbCl_3$ нинг кислотали муҳитдаги сувли эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Сурма(III) тузларининг гидролизи.** Сурма(III) тузларига сув таъсир эттирилганда, улар кўп даражада гидролизланади, оқ чўкма ҳосил бўлади.



Пробиркадаги сурма(III) тузи эритмасини сув билан суюлтирилса стибил хлорид ёки антимонил хлориднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

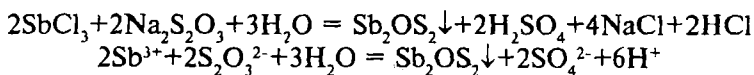
Реакцияни бориш шароити:

- эритмани  $pH$  қиймати 3-4 дан кам бўлмаслиги керак;

- эритмани суюлтирилиб иситиш чўкма тушишига имкон беради;

- эритмада вино кислотасининг иштироки чўкма тушишига халақит беради (висмут бирикмаларидан фарқли ўлароқ).

2. **Натрий тиосульфат  $Na_2S_2O_3$**   $Sb^{3+}$  катионлари билан қиздирилганда сурма сулфооксидининг қизил чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркага 3-4 томчи сурма(III) хлорид эритмасидан солиб,  $H_2SO_4$  дан 1 томчи ва 5-6 томчи сув қўшилади. Сўнгра  $Na_2S_2O_3$  кристалларидан эритмага ташланади ва пробирка ичидагиси билан сув ҳаммомида иситилади. Сурма сулфооксиднинг қизил чўкмаси («сурма киновари») ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

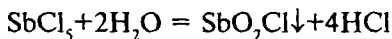
- сульфат кислотанинг ортиқча қўшилиши реагентни парчалаб,  $SO_2$  ва олтингугурт ҳосил бўлишига олиб келади;

- эритмада қийин эрувчи сульфидлар ҳосил қилувчи  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  ва бошқа катионларнинг бўлиши реакциянинг боришига халақит беради.

## 12.9. Сурма $Sb^{5+}$ катионининг хусусий реакциялари

Сурма(V)нинг сувда эрийдиган тузлари эритмалари –  $SbCl_5$  эритмасидан тажрибаларда фойдаланиш мумкин.

1. **Сурма(V) тузларининг гидролизи.** Сурма(V)-хлорид эритмаси сув билан суюлтирилганда гидролизланиши кучайиб, оқ чўкма ҳосил бўлади:



Пробиркага сурма(V) хлорид эритмасидан 2-3 томчи солиб, 5-6 томчи дистилланган сув қўшилади ва аралашма сув ҳаммомида иситилади. Натижада оқ чўкма-сурма(V) нинг хлороксида ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

- муҳитнинг рН қиймати 3-4 дан камаймаслиги керак. Кислотанинг ортиқча бўлиш чўкмани ҳосил бўлишини қийинлаштиради;

- эритмани иситиш чўкма ҳосил бўлишига ёрдам беради;

- органик оксид бирикмалар, жумладан вино кислота-си иштирокида чўкма ҳосил бўлмайди.

2. **Метил бинафша** хлорид кислотали муҳитда  $Sb^{5+}$  катиони билан бинафша рангли комплекс ҳосил қилади.

Пробиркага 2-3 томчи сурма(V) хлорид эритмасидан солинади, устига 2-3 томчи концентрланган  $HCl$  ва 1-2 томчи натрий нитрит,  $NaNO_2$  эритмасидан қўшилади.

Сўнгра мочевинанинг тўйинган эритмасидан 3 томчи қўшиб, озгина иситилади.

Тайёрланган аралашма эритмасидан пробиркага 2 томчи солиб, устига 1 мл реагентнинг сувли эритмаси (0,01%ли)дан қўйилади. Эритмада  $\text{Sb}^{5+}$  катионларини бўлиши ҳисобига кўкиш-бинафша ранг ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

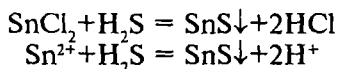
- эритмада бўлиши мумкин бўлган  $\text{Sb}^{3+}$  ионларини оксидлаш учун натрий нитрит  $\text{NaNO}_2$  эритмаси қўшилади (яхшиси натрий нитрит кристаллари қўшилади);

- ортиқча нитрит  $\text{NO}_2^-$  ионларини йўқотиш учун мочевинанинг тўйинган эритмаси қўшилади.

## 12.10. Қалай $\text{Sn}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

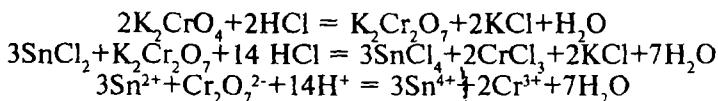
Тажрибаларни бажаришда  $\text{SnCl}_2$ нинг сувдаги рангсиз эритмасидан фойдаланиш мумкин.

1. **Водород сульфид  $\text{H}_2\text{S}$  қалай(II) ионлари билан кислотали муҳитда қалай сульфиднинг тўқ қўнғир чўкмасини ҳосил қилади:**



Пробиркага қалай (II) хлорид эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва водород сульфид ўтказилади. Натижада тўқ қўнғир чўкма тушиши кузатилади.

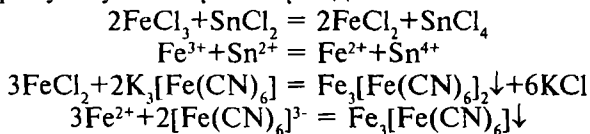
2. **Калий хромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  кислотали муҳитда қалай(II) ионларини  $\text{Sn}^{4+}$  гача оксидлайди, бунда  $\text{CrO}_4^{2-}$  иони  $\text{Cr}^{3+}$  катионига қайтарилиши ҳисобига сариқ ранг ўрнига кўкиш-бинафша рангли эритма ҳосил бўлади:**



Пробиркадаги калий хроматнинг 3-4 томчи эритмасига хлорид кислотанинг 2N эритмасидан 1-2 томчи ва  $\text{SnCl}_2$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади.  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионига хос бўлган

сариқ ранг йўқолиб,  $\text{Cr}^{3+}$  иони учун хос кўкиш-бинафша ранг вужудга келади.

3. **Темир(III) хлорид  $\text{FeCl}_3$**   $\text{Sn}^{2+}$  катионлари билан таъсирлашганда,  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари  $\text{Sn}^{2+}$  ионлари томонидан  $\text{Fe}^{2+}$  гача қайтарилади. Ҳосил бўлган  $\text{Fe}^{2+}$  ионлари  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  билан турнбул кўкини ҳосил қилади:

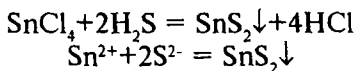


Темир (III) хлориднинг эритмасидан 4-5 томчи олиб, унга 2 томчи  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан ва қалай (II) хлорид эритмасидан 3 томчи қўшилади. Пробирка чайқатилганда кўк чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

### 12.11. Қалай(IV) $\text{Sn}^{4+}$ катионининг хусусий реакциялари

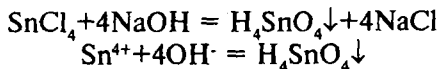
Тажрибалар учун  $\text{SnCl}_4$  эритмасидан фойдаланилади.

1. **Водород сульфид  $\text{H}_2\text{S}$**  хлорид кислотали муҳитда  $\text{Sn}^{4+}$  ионлари билан таъсирлашиб, сариқ рангли қалай (IV) сульфид чўкмаси ҳосил қилади:

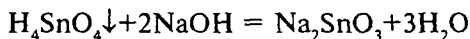


Қалай(IV)-хлорид эритмасининг 4-5 томчисига  $\text{HCl}$  эритмасидан 3-4 томчи қўшилади, ҳосил бўлган аралашма сув ҳаммомида иситилади ва ундан водород сульфид ўтказилади. Сариқ чўкма тушиши кузатилади.

2. **Ёувчи ишқорлар  $\text{NaOH}$  ва  $\text{KOH}$ , аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**   $\text{Sn}^{4+}$  катиони тузлари эритмаси билан таъсирлашиб, ортостаннат кислота  $\text{H}_4\text{SnO}_4$  нинг оқ аморф чўкмасини ҳосил қилади:

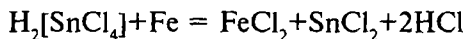


Ҳосил бўлган чўкма мўл ишқор эритмасида эриб, станнитлар ҳосил қилади.



Пробиркага  $\text{SnCl}_4$  эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига чўкма ҳосил бўлгунча томчилатиб ишқор эритмасидан қўшилади. Оқ аморф чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

3. **Темир метали  $\text{Sn}^{4+}$**  катионларини қалай(II) катионига қайтаради.



Пробиркага  $\text{SnCl}_4$  эритмасидан 3-4 томчи солинади, унга  $\text{HCl}$  нинг 2 N эритмасидан 2-3 томчи ва темир металидан бир неча бўлакчаси солинади. Ҳосил бўлган аралашма сув ҳаммомида бироз иситилади. Сўнгра эритмага ишқорий муҳит бўлгунча ўювчи ишқор эритмасидан қўшилиб, ҳосил бўлган  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  чўкмаси ажратилади. Ишқор қўшилиши натижасида ҳосил бўлган станнит эритмасига  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  эритмасидан 1-2 томчи таъсир эттирилади.  $\text{Sn}^{2+}$  ионлари таъсирида висмут металининг паға-паға қора чўкмасини ҳосил бўлиши кузатилади.

Таҷрибани бажариш шароити:

- олинган темир метали кимёвий тоза бўлиши керак;
- $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  эритмасини қўшишдан аввал,  $\text{SnCl}_2$  ни ишқор  $\text{NaOH}$  эритмаси билан  $\text{Na}_2\text{SnO}_2$ га айлантириш лозим.

## 12.12. Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби

IV гуруҳ катионларини аниқлашда ишлатиладиган энг муҳим реагентлар билан борадиган реакцияларининг натижалари 12-жадвалда берилган. Бу гуруҳ катионларини аралашмаси анализ қилинганда шу маълумотлардан фойдаланилади.

1. **Дастлабки синовлар.** IV гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи текшириладиган эритманинг муҳитини аниқлашдан бошланади, сўнг систематик анализ қилишга ўтилади.



## Тўртинчи гуруҳ катионларининг хусусий реакциялари

Реагентлар	К а т и о н л а р									
	$Cu^{2+}$	$Hg^{2+}$	$Cd^{2+}$	$Bi^{3+}$	$As^{3+}$	$As^{5+}$	$Sb^{3+}$	$Sb^{5+}$	$Sn^{2+}$	$Sn^{4+}$
$H_2S$ ёки $(NH_4)_2S$ HCl ишироки	Қора чўкма $CuS$	Қора чўкма $HgS$	Сариқ чўкма $CdS$	Қора чўкма $Bi_2S_3$	Сариқ чўкма - $As_2S_3$	Сариқ чўкма $As_2S_5$	Зарғол- доқ чўкма $Sb_2S_3$	Зарғолдоқ чўкма $Sb_2S_5$	Қўнғир чўкма $SnS$	Сариқ чўкма $SnS_2$
$NaOH$ , KOH	Қўқ чўкма $Cu(OH)_2$	Сариқ чўкма $HgO$	Оқ чўкма $Cd(OH)_2$	Оқ чўкма $Bi(OH)_3$	-	-	Оқ чўкма $HSbO_2$	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $Sn(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_4$
$NH_4OH$	Қўқ- яшил чўкма - Ассосли туз	Оқ чўкма $[NH_4]HgCl$	Оқ чўкма $Cd(OH)_2$	Оқ чўкма Ассосли туз	-	-	Оқ чўкма $HSbO_2$	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $Sn(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_4$
$Na_2HPO_4$	Қўқ чўкма $Cu_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма $HgHPO_4$	Оқ чўкма $Cd_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма $BiPO_4$	-	-	-	-	Оқ чўкма $Sn_3(PO_4)_2$ , $SnHPO_4$	-
$MgCl_2 + NH_4OH + NH_4Cl$	Қўқ- яшил чўкма - Ассосли туз	-	-	Оқ чўкма $Bi(OH)_3$	-	Оқ чўкма $MgNH_4AsO_4$	Оқ чўкма $Sb(OH)_3$	Оқ чўкма $SbO(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_4$
$H_2O$ (гидролиз)	-	-	-	Оқ чўкма $BiOCl$	-	-	Оқ чўкма $SbOCl$	Оқ чўкма $SbO_2Cl$	Оқ чўкма Ассосли туз	Оқ чўкма Ассосли туз
KI	Оқ рангли CuI	Қизил чўкма $HgI_2$	-	Қора- қўнғир чўкма $BiI_3$	Қизил чўкма $AsI_3$	Қизил- қўнғир ранг $AsI_3 + I_2$	-	-	-	-
$AgNO_3$	-	-	-	-	Сариқ чўкма $Ag_3AsO_4$	Шокоп ед рангли чўкма $Ag_3AsO_4$	-	-	Қора чўкма Ag	-

Анализда IV гуруҳ катионларини икки гуруҳга: мис гуруҳчаси:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  катионлари ва мишьяк гуруҳчаси катионлари:  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$  катионларига бўлиб анализ қилинади.

**2. Мис гуруҳчаси ва мишьяк гуруҳчаси катионларини водород сулфид таъсирида чўктириш.** Текширилаётган эритмага аралаштириб туриб кислотали муҳит ҳосил бўлгунча  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан томизилади ва ундан 8-10 томчи ортиқча қўшилади. Кислота қўшилган эритмага қайнаб турган сув ҳаммомида 80-90°C га қадар иситилади ва 10 минут давомида водород сулфид юборилади. Сўнгра эритма водород сулфидли сув билан суюлтирилади (дистилланган совоқ сув ишлатса ҳам бўлади) ва водород сулфид билан қайта тўйинтирилади. Тула чўктиришга (катионлар сулфидлар ҳолида чўқади) эришилгандан сўнг аралашма центрифугаланади. Чўкмада мис гуруҳчаси ва мишьяк гуруҳчаси катионлари сулфидлари бўлади. Центрифугат (I) ташлаб юборилади.

**3. Мис гуруҳчаси катионларини мишьяк гуруҳчаси катионларидан ажратиш.** 2-банд бўйича олинган чўкма (I) пробиркага  $\text{NH}_4\text{Cl}$  аралашган водород сулфидли сув билан ювилади ва сув ҳаммомида 50-60°C гача қиздириб, шиша таёқча билан аралаштириб турган ҳолда унга  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$  (аммоний полисулфид) таъсир эттирилади. Чўкмали эритмани центрифугаланиб чўкмаси ажратилади. Чўкма (II) таркибида мис гуруҳчаси катионларининг сулфидлари, центрифугат (II) да мишьяк гуруҳчаси катионларининг тиотузлари бўлади.

**4. Таркибида мис гуруҳчаси бор чўкмани анализ қилиш.** Чўкма (II) бир неча томчи  $\text{NH}_4\text{Cl}$  аралашган водород сулфидли сув билан ювилади.

Ювилган чўкма ювини косачага солинади ва унга катализатор  $\text{KNO}_2$  кристалларидан 1-2 дона қўшилиб,  $\text{HNO}_3$  нинг 2N эритмасида қиздириш билан эритилади. Эримай қолган қисми центрифугатланиб, чўкма (III) ажратилади. Чўкма (III) да  $\text{HgS}$ , центрифугат (III) да  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  катионлари бўлади.

**а)  $\text{Hg}^{2+}$ ни топиш.** Чўкма (III) га  $\text{HCl}$  билан 3% ли  $\text{H}_2\text{O}_2$  аралашмаси ёки  $\text{HNO}_3$  билан  $\text{H}_2\text{O}_2$  аралашмаси қўшилади.  $\text{HgS}$  оксидланиб  $\text{Hg}^{2+}$  ионлари эритмага ўтади.  $\text{H}_2\text{O}_2$  нинг ортиқча миқдори ҳосил бўлган эритмани қайнатиш йўли билан йўқотилади (эритмани қуригунча қиздирмаслик керак (чунки симоб тузлари учувчан бўлади). Ҳосил бўлган қолдиқ 8-10 томчи дистилланган сув билан суюлтирилади. чўкмага тушган олтингурут центрифугалаб ажратилади.

Чўкма (IV) да олтингургурт бўлади. Центрифугат (IV) дан симоб (II) катионлари KI таъсирида топилади. Қизил чўкма  $\text{HgI}_2$  нинг ҳосил бўлиши аралашма таркибида  $\text{Hg}^{2+}$  катионлари борлигини билдиради.

б)  **$\text{Cu}^{2+}$  катионини топиш.** Таркибида  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  ионлари бўлган центрифугат (III) га  $\text{NH}_4\text{OH}$  нинг 6N эритмасидан мўл кўшилади. Бунда эритмада оч кўк рангли  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ионлари ва рангсиз  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ионлари ҳосил бўлиб, висмут ионлари эса гидроксо тузлар ҳолида чўкмага тушади. Чўкмали эритма центрифугаланиб, чўкма (V) ажратилади ва ундан  $\text{Bi}^{3+}$  ионларини топишда фойдаланилади. Центрифугат (V) икки қисмга бўлинади: биринчи қисмдан  $\text{Cu}^{2+}$  катионини, иккинчи қисмдан  $\text{Cd}^{2+}$  катионини топилади.

Биринчи қисм эритмага, аввал сирка кислотадан 2-3 томчи, кейин  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  эритмасидан 2-3 томчи кўшилади.  $\text{Cu}^{2+}$  ионлари бўлса  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  нинг қизил-кўнғир чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади.

в)  **$\text{Cd}^{2+}$  катионини топиш.** Центрифугат (V) нинг иккинчи қисмдан  $\text{Cd}^{2+}$  ионини топишга  $\text{Cu}^{2+}$  катионлари халал берганлиги учун  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини ажратиш зарур. Эритмага кўк ранг ( $\text{Cu}^{2+}$  катионлари ранги) зангори тусга ўтгунча  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан томчилатиб кўшилади. Сўнгра пробиркадаги эритманинг ҳажмига тенг ҳажмда  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан кўшиб, аралашма сув ҳаммомида иситилади ва унга водород сулфид юборилади.

Мис (II) сулфиднинг тўлиқ чўкканлиги аниқлангач, чўкма (VI) ажратиб ташланади. Центрифугат (VI) ни 3-4 мартага дистилланган сув билан суюлтирилиб, у орқали яна  $\text{H}_2\text{S}$  ўтказилади. Эритма таркибида  $\text{Cd}^{2+}$  катионлари мавжуд бўлса сариқ чўкма  $\text{CdS}$  ҳосил бўлади. Бу чўкма ишқорларда эримайди.

г)  **$\text{Bi}^{3+}$  катионини топиш.** Висмутнинг гидроксо тузи чўкма (V)си (6-банддаги) иссиқ сув билан ювилади. Сўнг алоҳида пробиркада тайёрланган натрий станнит эритмаси (пробиркага 2-3 томчи  $\text{SnCl}_2$  солинади ва чайқатиб туриб ҳосил бўладиган  $\text{Sn}(\text{OH})_2$  чўкмаси эриб кетгунча  $\text{NaOH}$  эритмасидан томчилатиб кўшиш орқали тайёрланган эритмаси) таъсир эттирилади. Эркин висмут метали ажралиши сабабли қорайиш кузатилади.

5. **Таркибида мишяк, сурма, қалайнинг тиотузлари бўлган центрифуга (II) ни анализ қилиш.** Центрифугат (II)га аралаштириб туриб кислотали муҳит ҳосил бўлгунча  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан томчилатиб кўшилади (мўрили шкафта) ва қайнагунча иситилади. Бунда тиотузлар парчаланиб ми-

## Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи

Дастлабки синовлар: текширилаётган эритманинг ранги, муҳити аниқланади.			
IV гуруҳ катионлари бўлган аралашмани сув ҳаммомида 80-90°C гача иситилади ва 10 минут водород сульфид юборилади. Чўкма(I)ни центрифугат(I)дан ажратилади.			
Чўкма(I): мис гуруҳчаси ва мишяк гуруҳчаси сульфидлари бўлади. Мис гуруҳчаси $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$ таъсирида мишяк гуруҳчаси катионларидан ажратилади. Чўкма(II)ни центрифугада центрифугат(II)дан ажратилади.		Центрифугат(I) текширилмай ташлаб юборилади.	
Чўкма(II): мис гуруҳчаси катионларининг сульфидлари ювилган чўкма $\text{HNO}_3$ нинг 2N эритмасида қиздириш билан эритилади. Чўкма(III)ни центрифугат(III) дан ажратилади.		Центрифугат (II): мишяк гуруҳчаси тиотузлари бўлади. Центрифугат(II)га $\text{HCl}$ нинг 2N эритмаси қўшилиб қайнагунча иситилади (мўрили шкафта). Катионларнинг сульфидлари чўкма(VII)га тушади. Центрифугат (VII) текширилмайди.	
Чўкма(III): $\text{HgS}$ бўлади. Бу чўкмага $\text{HNO}_3$ билан $\text{H}_2\text{O}_2$ аралашмаси қўшилади. $\text{Hg}^{2+}$ ионлари эритмага ўтади. $\text{H}_2\text{O}_2$ нинг ортиқчаси қайнатиб йўқотилади, қолган қолдиқ дистилланган сувда эритилади. Чўкма(IV)га S тушади. Чўкма(IV) центрифугада центрифугат(IV) дан ажратилади.	Центрифугат(III): $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ катионлари бўлади. Центрифугат(III)га $\text{NH}_4\text{OH}$ нинг 6N эритмаси қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма(V) центрифугат (V)дан ажратилади.	Чўкма (VII) ни чинни косачада $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ нинг концентранган эритмаси билан ишланади. Ҳосил бўлган чўкма (VIII) ни центрифуга (VIII) дан ажратилади.	
		Чўкма (VIII) ни чинни косачада конц. $\text{HCl}$ билан аралаштириб қиздирилади. Ҳосил бўлган чўкма (IX) центрифугат (IX) дан ажратиб, текширилмай ташлаб юборилади.	

Чўкма (IV) да олтингугурт бўлади, текширилмайди.	Центрифугат (IV) дан $\text{Hg}^{2+}$ катионлари $\text{KI}$ таъсирида топилади (12.3).	Чўкма(V)дан $\text{Bi}^{3+}$ катионлари топилади. Чўкмага натрий станнит эритмаси таъсирида $\text{Bi}^{3+}$ топилади (12.5).	Центрифугат(V) дан: а) бир қисм эритмага $\text{CH}_3\text{COOH}$ ва $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ қўшиб $\text{Cu}^{2+}$ катиони топилади (12.2). б) иккинчи қисм эритмага $\text{H}_2\text{S}$ юборилиб мис ажратилади. Чўкма(VI) центрифугат(VI)дан ажратилади.	Центрифугат(IX)га $\text{Mg}$ ёки $\text{Fe}$ қириндилари солинади. Бунда сурма металлининг қора чўкмаси ҳосил бўлади. Сурма катиони борлигини билдиради. Чўкмали аралашмаси 1мл конц. $\text{HCl}$ қўшилади. Сўнг сув қўшилади. Чўкма (X) да сурма метали, центрифугат (X) да $\text{SnCl}_2$ қолади.
		Чўкма(VI) текширилмайди.	Центрифугат(VI)га $\text{H}_2\text{S}$ юборилиб $\text{Cd}^{2+}$ катионлари топилади(12.4.).	Чўкма(X) текширилмай, ташлаб юборилади. Центрифугат(X)га $\text{NaOH}$ нинг 6N эритмаси қўшилади. Чўкма (XI) га $\text{Fe}(\text{OH})_2$ тушиб ажратиб ташланади. Центрифугат(IX)га $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ эритмаси қўшилади. Қора чўкма ҳосил бўлади, $\text{Sn}^{2+}$ борлигини билдиради.

шяк гуруҳчаси катионларининг сулфидлари чўкмага тушади. Центрифугатда чўкма (VII) (юқоридаги тартиб бўйича) ажратиб олиниб  $\text{NH}_4\text{Cl}$  аралаштирилган дистилланган сув билан ювилади. Центрифуга (VII) ташлаб юборилади.

а) **Мишякни сурма ва қалайдан ажратиш.** Чўкма (VII) чинни косачага солинади ва унга  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  нинг концентранган эритмасидан 10 мл қуйилади, аралаштириб турган ҳолда 2-3 минут иситилади. Ҳосил бўлган чўкма (VIII) ни центрифугат (VIII) дан ажратилади. Центрифугат (VIII)да мишяк тиотузлари бор, чўкма (VIII) да эса сурма ва қалай сулфидлари бўлади.

б) **Мишякни топиш.** Центрифугат (VIII)га тенг ҳажмда 3% ли  $\text{H}_2\text{O}_2$  кўшилади ва аралашма қайнатилади. Бунда мишякнинг тиотузлари арсенатларга айланади. Эритма совитилиб, магнезиал аралашма ( $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$ ) кўшилади. Мишяк эритмада бўлса  $\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$  нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади.

в) **Сурма ва қалай сулфидларни эритиш.** Чўкма (VIII) ни иссиқ сув билан ювиб, чинни косачага солинади ва унга концентранган  $\text{HCl}$  дан 1-2 мл қуйилади ва аралаштириб турган ҳолда 1-2 минут давомида қиздирилади. Ҳосил бўлган эритмадан чўкма ажратилади. Чўкма (IX) текширилмай ташлаб юборилади. Центрифугат (IX) эса сурма ва қалай ионларини топиш учун ишлатилади.

г) **Сурмани топиш ва уни қалай ионидан ажратиш.** Центрифугат (IX) га магний ёки темир қириндилари солинади ва аралашма иситилади. Сурма металлнинг паға-паға қора чўкмаси ҳосил бўлади. Бу сурма ионлари катионлар аралашмаси таркибида борлигини кўрсатади. Сурма билан бирга қалай иони ҳам металлгача қайтарилади, лекин у концентранган  $\text{HCl}$  да эриганлиги учун чўкмали аралашмага 1 мл концентранган  $\text{HCl}$  кўшиб иситилади, сўнг 1 мл дистилланган сув кўшилади ва центрифугаланади. Чўкма (X) да сурма метали, центрифугат (X) да  $\text{SnCl}_2$  қолади.

д) **Қалай иони топиш.** Центрифугат (X) нинг 3-4 томчисига ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча томчилаиб  $\text{NaOH}$  нинг 6N эритмасидан кўшилади. Бунда чўкмага тушган  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  чўкмаси центрифугаланиб ажратиб ташланади. Центрифугат (XI) га 1-2 томи  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  эритмаси кўшилади. Висмут металлнинг паға-паға қора чўкмасини ҳосил бўлиши катионлар аралашмасида  $\text{Sn}^{2+}$  катиони борлигини билдиради.

Шундай қилиб, IV гуруҳ катионларининг аралашмаси анализи охирига етказилади.

## Саволлар

1. Тўртинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифини шарҳланг.

2. Мис катионини топишда қўлланиладиган реакциялар орасида ўзига хоси ва энг сезгири қайси реагент билан бажарилади?

3. Несслер реактивини қайси катионни очишда ҳосил қилиш мумкин. Шу жараёндаги реакция тенгламаларини ёзинг.

4. Симоб (II) катиони билан қалай (II)-хлорид ўртасида борадиган реакцияда оқ ҳамда қора чўкма ҳосил бўлиши қандай реакциялар ҳисобига бўлади?

5. Тўртинчи гуруҳ катиони  $Cd^{2+}$  ни қайси органик реагент ёрдамида очиш мумкин ва бу реакцияда қандай ташқи эффект кузатилади?

6.  $BiCl_3$  эритмаси сув билан суолтирилганда қандай ҳодиса бўлади ва ҳосил бўладиган модданинг худди шундай гидроксо туздан фарқи нима?

7. Висмут катионини топишда қалай (II) хлорид реагенти қандай ташқи эффект беради? Реакция тенгламаларини ёзинг.

8. Мишяк (III) ва мишяк (V) катионларини очишда қайси реагент қўлланилганда икки хил эффект кузатилади? Реакция тенгламалари асосида шарҳланг.

9. Мишяк (V) катионини  $As^{3+}$  катионидан қайси реагент ёрдамида фарқлаш ва ажратиш мумкин?

10. Сурма (III) тузларининг гидролизи маҳсулотини висмут тузлари гидролизи маҳсулотидан қандай фарқлаш мумкин?

11. “Сурма киновари” қайси реагент таъсирида ҳосил бўлади ва қандай реакция кетади?

12. Сурма (V) катионлари қайси реагент билан кўкишбинафша ранг ҳосил қилади, бу ерда  $NaNO_2$  эритмаси нима мақсадда ишлатилади?

13. Қалай (II) катионини темирнинг қандай тузи ёрдамида очиш мумкин?

14. Қалай (IV) катионини қайси металллар бўлаклари ёрдамида ва қандай қилиб топилади?

15. Тўртинчи гуруҳ катионларини аралашмаси анализи қайси тартибда анализ қилинади?

16. Мис гуруҳчаси катионлари мишьяк гуруҳчаси катионларидан қандай жараён асосида ажратилади?

## Тестлар

1. Тўртинчи гуруҳ катионларидан қайси бирининг эритмаси рангли бўлади.

- А) Кадмий;
- В) Мишьяк (III);
- С) Мис (II);
- Д) Қалай (IV);
- Е) Висмут.

2. Реакцион аралашмага ишқор эритмаси таъсирдан ҳаворанг чўкма ҳосил бўлиб, уни қиздирганда қорайса, текширилаётган эритмада тўртинчи гуруҳ катионларидан қайсиниси бўлади?

- А) Мис (II) катиони;
- В) Сурма (III) катиони;
- С) Висмут катиони;
- Д) Симоб (II) катиони;
- Е) Кадмий катиони.

3. Текширилаётган эритмага водород сульфидли сув қўшилганда қора чўкма, калий йодид қўшилганда эса қизилолов рангли чўкма ҳосил бўлса, қандай катион бўлади?

- А) Мис (II) катиони;
- В) Симоб (II) катиони;
- С) Кадмий катиони;
- Д) Висмут катиони;
- Е) Қалай (II) катиони.

4. Қуйидаги катионлардан қайси бири водород сульфидли сув билан сариқ чўкма беради?

- А) Кобалт катиони;
- В) Никел катиони;
- С) Мис катиони;
- Д) Кадмий катиони;



Е) Симоб (II) катиони.

5. Тўртинчи гуруҳ катионларидан қайси катионлар тузлари кўп даражада гидролизланади ва гидролиз реакцияси асосида топилади?

- А) Симоб (II);
- В) Висмут;
- С) Қалай;
- Д) Мис;
- Е) Сурма ва висмут.

6. Висмут катионини қалай (II) хлорид билан очиш реакцияси қандай муҳитда бажарилади?

- А) Сирка кислотали;
- В) Сульфат кислотали;
- С) Нејтрал;
- Д) Ишқорий;
- Е) Кучсиз ишқорий.

7. Сурма (III) хлориднинг гидролиз реакцияси тенгламасини ион-молекуляр шаклда ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 5;
- В) 8;
- С) 10;
- Д) 11;
- Е) 7.

8. Йодид-ионларини арсенат ионлари томонидан оксидланиши реакцияси тенгламасини тузиб коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 8;
- В) 6;
- С) 10;
- Д) 12;
- Е) 11.

9. Натрий станнит билан висмут нитратнинг ўзаро таъсир реакциясини молекуляр тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- A) 20;
- B) 25;
- C) 15;
- D) 10;
- E) 13.

10. Висмут катионини станнит ионлари билан аниқлаш реакцияси тенграмасини ёзинг ва коэффицентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- A) 39;
- B) 29;
- C) 49;
- D) 19;
- E) 15.

11.  $\text{Cu}^{2+}$  катионлари қайси реагент билан қизил-қўнғир чўкма ҳосил қилади?

- A) Натрий гидроксид;
- B) Аммоний гидроксид;
- C) Калий гексацианоферрат (II);
- D) Калий роданид;
- E) Аммоний роданид.

12. Симоб (II) катионини очишда қандай реагентдан фойдаланилганда сариқ чўкма ҳосил бўлади?

- A) Калий йодид;
- B) Қалай (II) хлорид;
- C) Аммоний гидроксид;
- D) Мис металл;
- E) Натрий ёки калий гидроксид.

13. Қайси реагент висмут катиони билан таъсирлашганда қора чўкма ҳосил қилади?

- A) Натрий гидроксид;
- B) Аммоний гидроксид;
- C) Сув;
- D) Қалай (II) хлорид (ишқор иштирокида);
- E) Тиомочевина.

14. Мишяк (V) катиони қандай реагент билан шоколад рангли чўкма ҳосил қилади?

- А) Мис (II) сульфат;
- В) Кумуш нитрат;
- С) Магнезиал аралашма;
- Д) Калий йодид;
- Е) Натрий гидроксид.

15. Қандай реагент сурма (III) катионлари билан қизил рангли чўкма ҳосил қилади?

- А) Натрий тиосульфат;
- В) Сув;
- С) Калий гидроксид;
- Д) Рух металли;
- Е) Аммиак эритмаси.

16. Қалай (II) катиони қандай реагент билан кўкиш-бинафша рангли эритма ҳосил қилади?

- А) Ишқорлар;
- В) Водород сульфид;
- С) Калий хромат;
- Д) Рух металли;
- Е) Темир металли.

17. Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби бўйича биринчи навбатда қайси катион топилади?

- А) Висмут катиони;
- В) Кадмий катиони;
- С) Мишьяк катиони;
- Д) Симоб (II) катиони;
- Е) Қалай (II) катиони.

## ХIII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ БЕШИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

### 13.1. Бешинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

V гуруҳ катионларига  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  ва бошқа катионлар киради. Катионларнинг бешинчи аналитик гуруҳининг умумий гуруҳ реагенти хлорид кислота ( $2\text{N}$  эритмаси) бўлиб, бу катионларни хлоридлар ҳолида чўктиради. Бу хлоридлар сувда ва суюлтирилган кислоталарда эримаслигидан фойдаланиб, барча катионларнинг аралашмасини анализ қилишда V гуруҳ катионларини ажратишда фойдаланилади.  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PbCl}_2$  хлоридларнинг сувга, ортиқча миқдордаги  $\text{HCl}$  га, аммиакка ва бошқа реагентларга бўлган муносабати бешинчи гуруҳ катионларини тўлиқ ажратиб олишда ва уларни бир-бирларидан ажратишда муҳим аҳамиятга эга.

Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида кумуш, симоб (I) ва қўрғошин (IV) бирикмалари оксидловчи хоссаларини намоён қилади. Кумуш ва симоб (I) ионлари эркин металлларгача қайтарилса, қўрғошин (IV) бирикмалари қўрғошин (II) бирикмаларигача қайтарилади. Симоб (I), қўрғошин (II) бирикмалари юқори оксидланиш даражасига эга бўлган бирикмаларгача оксидланади.

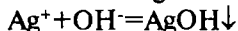
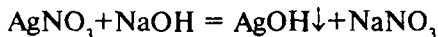
Кумуш ионларида кучли бактерицид таъсири, яъни бактерияларни ҳалок қилиш хоссалари кучли ифодаланган. Металлик кумушни сувга унча кўп бўлмаган вақт тегиб туришини ўзи, сувни бактериялардан тўлиқ халос бўлишига олиб келади. Кумуш нитрат тиббиётда ва ветеринарияда дори-дармон сифатида ишлатилади.

Симоб, қўрғошин бирикмалари заҳарли ҳисобланади. Бу бирикмаларнинг биологик аҳамияти етарли даражада ўрганилмаган ҳисобланади.

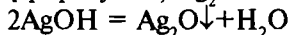
## 13.2. Кумуш $\text{Ag}^+$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$  нинг сувдаги рангсиз эритмасидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар  $\text{NaOH}$  ва  $\text{KOH}$ .** Кумуш катиони билан қўнғир рангли  $\text{Ag}_2\text{O}$  чўкмасини ҳосил қилади:

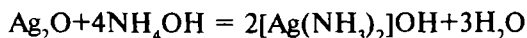


$\text{AgOH}$  беқарор бўлиб,  $\text{Ag}_2\text{O}$  га айланади.



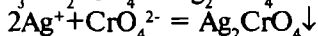
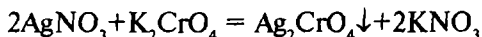
Пробиркадаги 4-5 томчи кумуш нитрат эритмасига 3-4 томчи ўювчи ишқор эритмасидан қўшилади, қўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Аммоний гидроксид  $\text{NH}_4\text{OH}$**  ҳам кумуш катионлари билан қўнғир чўкма  $\text{Ag}_2\text{O}$  ҳосил қилади. Ҳосил бўлган чўкма мўл аммиак эритмасида комплекс бирикма ҳосил қилиб эрийди:



Кумуш нитрат эритмасидан пробиркага 3-4 томчи солиб, устига бир томчи аммиак эритмасидан қўшилади. Қўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Сўнгра ҳосил бўлган кумуш оксиди эриб кетгунча томчилатиб аммиак эритмаси қўшилади. Комплекс бирикма ҳосил бўлиши ҳисобига тиниқ эритма ҳосил бўлади.

3. **Калий хромат  $\text{K}_2\text{CrO}_4$**   $\text{Ag}^+$  катионлари билан кумуш хромат  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  нинг қизил-ғишт рангли чўкмасини ҳосил қилади.



Пробиркага 2-3 томчи кумуш нитрат эритмасидан солинади, 3-4 томчи дистилланган сув ва калий хромат эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Қизил-ғишт рангли чўкма ҳосил бўлади.

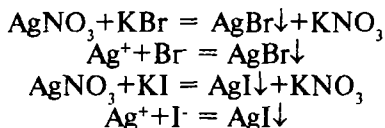
Реакцияни бажариш шароити:

- реакцияга бажаришда эритманинг  $\text{pH}=6,5-7,5$  бўлиши керак;

- аммиакли ва кучли кислотали муҳитда чўкма ҳосил бўлмайди;

- реакцияни ўтказишга  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионлари билан чўкма берувчи  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  катионлари халақит беради.

**4. Калий бромид KBr ва калий йодид KI** Кумуш катионлари билан оч-сариқ кумуш бромид ва сариқ кумуш йодид AgI чўкмаларини ҳосил қилади.



Пробирканинг бирига кумуш тузи эритмасидан 2-3 томчи солиб, устига шунча томчи KBr эритмасидан қўшилади. Оч-сариқ рангли AgBr чўкмаси ҳосил бўлади.

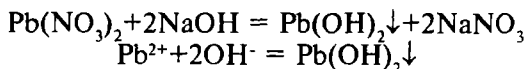
Иккинчи пробиркадаги кумуш нитрат эритмасидан 3-4 томчисига 2-3 томчи калий йодиднинг янги тайёрланган эритмасидан қўшилади. Сариқ рангли чўкма тушиши кузатилади.

AgBr чўкмаси  $\text{NH}_4\text{OH}$  ёмон эриса, AgI чўкмаси аммиак эритмасида амалда эримайди.

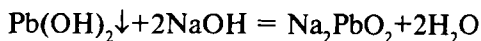
### 13.3. Қўрғошин (II) $\text{Pb}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

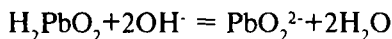
Қўрғошин (II) катионининг хусусий реакцияларига оид тажрибаларни  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ва  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

**1. Ўювчи ишқорлар NaOH, KOH ва аммиак эритмаси  $\text{NH}_4\text{OH}$**   $\text{Pb}^{2+}$  катионлари билан таъсирлашиб, оқ чўкма  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  ни ҳосил қилади:



Чўкмага мўл ишқор эритмаси таъсир эттирилса  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  эриб, натрий плюмбит  $\text{Na}_2\text{PbO}_2$  ҳосил қилади:

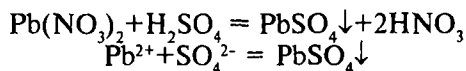




Қўрғошин (II) гидроксид чўкмаси мўл аммиак эрит-  
маса таъсирида эримайди.

Қўрғошин нитратнинг 5-6 томчи эритмасига NaOH ёки  
KOH нинг эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Оқ чўкма ҳосил  
бўлиши кузатилади.

2. **Сулфат кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ва сульфатлар  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари**  
билан  $\text{PbSO}_4$  нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Қўрғошин тузининг эритмасидан 2-3 томчи олиб, усти-  
га сульфат кислота эритмасидан ёки бирор сульфатлар эрит-  
масидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

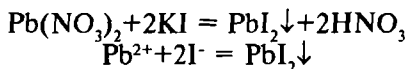
Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритма муҳитининг  $\text{pH} < 7$  бўлганда ўтка-  
зилади;

- эритмада органик кислоталарнинг аммонийли тузла-  
рининг иштироки, чўкма тушишига халақит беради, чун-  
ки  $\text{PbSO}_4$  уларда эрийди;

- сульфат иони билан чўкма берувчи катионлар:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  
 $\text{Ca}^{2+}$  ва бошқалар эритмадан аввал йўқотилиши лозим.

3. **Калий йодид KI** қўрғошин (II) катионлари билан кам  
эрувчан  $\text{PbI}_2$  нинг сариқ чўкмасини ҳосил қилади:



Сирка кислота эритмаси билан кислотали муҳитга кел-  
тирилган қўрғошин тузи эритмасидан 2-3 томчисига сову-  
тиб туриб, шунча томчи калий йодид эритмаси қўшилади.  
Тилла рангли сариқ чўкма тушиши кузатилади.

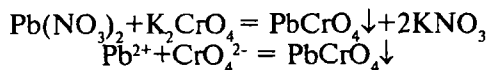
Реакциянинг бориш шароити:

- тажрибани эритма  $\text{pH}$  қийматини сирка кислота  
қўшиш йўли билан 3-5 га келтириб ўтказилади;

- ҳосил бўлган чўкма  $\text{PbI}_2$  мўл миқдордаги KI эритма-  
сида комплекс бирикма  $\text{K}_2[\text{PbI}_4]$  ҳосил қилиб эриганлиги  
учун, KI эритмаси кам қўшилади;

- бу реакция  $Pb^{2+}$  катионини ҳамма аналитик гуруҳ катионлари иштирокида ҳам очишга имкон беради.

4. **Калий хромат  $K_2CrO_4$  ёки калий дихромат  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Pb^{2+}$  катионлари билан кам эрувчан қўрғошин (II) хромат  $PbCrO_4$  нинг сариқ чўкмасини ҳосил қилади:**



Қўрғошин (II) тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, устига калий хромат ёки дихромат эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Сариқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Бу чўкма  $PbCrO_4$  ўювчи ишқорлар эритмасида яхши эрийди, лекин аммиак ва сирка кислота эритмаларида амалда эримайди, аммоний тузларида ҳам эримайди, суюлтирилган нитрат кислотада қийин эрийди. Бу  $Pb^{2+}$  катионинг муҳим реакцияларидан бири бўлиб, аралашмалар анализи тартибида  $Pb^{2+}$  катионини топишда қўлланилиши мумкин.

5. **Дитизон ( $C_6H_5$ )<sub>2</sub>  $N_4H_2CS$   $Pb^{2+}$  катиони тузлари билан таъсирлашиб қизил-ғишт рангли ички комплекс бирикма ҳосил қилади.**

Қўрғошин (II) нитрат эритмасининг 1 томчиси устига дитизоннинг углерод (IV) хлориддаги эритмасидан 1-2 томчи томизилади. Эритманинг яшил рангининг қизил-ғишт рангига ўтиши текшириладиган эритмада қўрғошин (II)  $Pb^{2+}$  катионлари борлигидан далолат беради.

Бу реакцияни сезгирлиги жуда юқори: минимал концентрация 1:1250000 г/мл; топилиш минимуми 0,04 мкг.

Реакцияни бажарилиш шароити:

- тажриба нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитли эритмаларда ўтказилади;

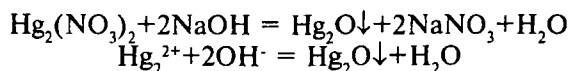
- дитизон кумуш (I), мис (II), кадмий, рух ва никел (II) катионлари билан худди шундай ранг беради, шу сабабли бу катионларни натрий тартрат ёрдамида мустақкам комплексларга боғланади.

### 13.4. Симоб (I) $Hg_2^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни  $Hg_2(NO_3)_2$  нинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.



1. **Ишқорлар NaOH ёки KOH** симоб (I) тузлари эритмаларига таъсир этганда симоб (I) оксиднинг қора чўкмаси ҳосил бўлади:

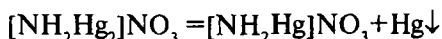


Пробиркага симоб (I) нитрат эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига 3-4 томчи ишқор эритмаси қўшилади. Қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

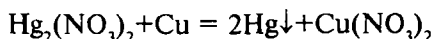
2. **Аммоний гидроксид NH<sub>4</sub>OH** симоб (I) нитрат эритмасига таъсир эттирилса [NH<sub>2</sub>Hg<sub>2</sub>]NO<sub>3</sub> таркибли оқ чўкма ҳосил бўлади:



Симоб (I) нитрат тузи эритмасидан 4-5 томчисига 3-4 томчи NH<sub>4</sub>OH қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлади. Бу чўкма эркин ҳолдаги симобнинг қора чўкмасини ҳосил қилиб парчаланади.



3. **Мис метали** симоб (I) тузларидан кулранг симобни сиқиб чиқаради:



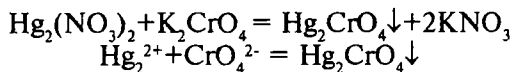
Жилвир қоғоз билан тозаланган мис пластинкаси (мис танга ишлатса ҳам бўлади)га бир томчи Hg<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> эритмасидан томизилади. Металлик симобнинг кулранг доғи ҳосил бўлиши кузатилади. Шу доғни филтр қоғози билан ишқаланса кумушсимон ялтироқ бўлиб қолади.

Таърибани ўтказиш шароити:

- мис пластинка юзаси жилвир қоғози билан реакциядан олдин тозаланиши лозим;

- симоб (I) тузи эритмаси томизилгач, 2-3 минут ўтгандан кейин пластинкани ювиб, қосил бўлган доғ латта ёки қоғоз билан ишқаланиши лозим.

4. **Калий хромат K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>** симоб (I) тузлари билан ўзаро таъсирлашиб, Hg<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> нинг қизил чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркадаги симоб (I) нитрат тузи эритмасининг 4-5 томчисига шунча томчи калий хромат эритмасидан қўшилса, қизил чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- тажриба нейтрал ва ишқорий эритмаларда ўтказилиши мумкин;
- эритмани сув ҳаммомида иситиш чўкма тушишини тезлаштиради.

5. **Дифенилкарбазон** ( $\text{C}_6\text{H}_5$ )<sub>2</sub> N<sub>4</sub>H<sub>2</sub>CO симоб (I) катионлари билан зангори ёки кўк рангли бирикма ҳосил қилади.

Шиша пластинкага бир томчи симоб (I) нитрат эритмасидан томизиб, устига нитрат кислотанинг 2% ли эритмасидан I томчи қўшилади. Сўнг дифенилкарбазондан I томчи томизилади. Агар текширилаётган эритмада  $\text{Hg}_2^{2+}$  катионлари бўлса, томчилар кўк ёки зангори тусга киради.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- дифенилкарбазон билан шундай ранг ҳосил қилувчи симоб (II) катионлари ва  $\text{CrO}_4^{2-}$ -анионлари эритмадан йўқотилади;

- нейтрал ва сирка кислотали эритмаларда  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  катионлари ҳам шу реагент билан рангли бирикмалар ҳосил қилганлиги учун симоб (I) ни очишда текшириладиган эритмада бу катионлар бўлмаслиги керак.

### 13.5. Бешинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби

Ҳар хил реагентларнинг V аналитик гуруҳ катионларига таъсири 14-жадвалда келтирилган. Шу маълумотларга асосланиб, шу гуруҳ катионлари аралашмаси бор эритмани анализ қилиш тартиби белгиланади.

Бешинчи гуруҳга кирувчи у ёки бу катионни бошқалари иштирокида очишга имкон берувчи бирорта реагент йўқлиги сабабли, анализнинг системали тартиби, яъни ҳар бир катионни кетма-кет ажратиб олиб, кейин топиш тартиби қўлланилади (15-жадвал).

## V гуруҳ катионларининг реакциялари

Реагентлар	Катионлар		
	Ag <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>
NaOH ёки KOH	Кўнғир чўкма Ag <sub>2</sub> O	Оқ чўкма Pb(OH) <sub>2</sub>	Қора чўкма Hg <sub>2</sub> O
NH <sub>4</sub> OH	Кўнғир чўкма Ag <sub>2</sub> O	Оқ чўкма Pb(OH) <sub>2</sub>	Қора чўкма Hg <sup>+</sup> симобнинг амидо бирикмаси
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Оқ чўкма Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Оқ чўкма PbSO <sub>4</sub>	Оқ чўкма Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
H <sub>2</sub> S ёки (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S ёки Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Қора чўкма Ag <sub>2</sub> S	Қора чўкма PbS	Қора чўкма HgS+Hg
KI	Сариқ чўкма AgI	Тилласимон-сар иқ чўкма PbI <sub>2</sub>	Яшил чўкма Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Сариқ чўкма Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Оқ чўкма Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Оқ чўкма Hg <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ёки K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Қизил-кўнғир чўкма Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Сариқ чўкма PbCrO <sub>4</sub>	Қизил чўкма Hg <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Қайтарувчилар	Ag	Pb	Hg

Конуссимон пробиркага текширилаётган аралашма эритмасидан 20-30 томчи солиб, устига аралаштриб турган ҳолда HCl нинг 2N эритмасидан қўшилади. 1-2 минутдан кейин тушган чўкма центрифугада ажратиб олинади. Чўкма (I) ни бир неча томчи HCl нинг 2N эритмаси аралаштирилган совуқ сув билан ювилади. Центрифугат (I) ни ташлаб юборилади.

Чўкма (I) ни 2-3 марта иссиқ дистилланган сув билан ишланади, кейин центрифугатланади. Бунда чўкма (I) даги PbCl<sub>2</sub> (иссиқ сувда эрувчан бўлганлиги учун) эритмага-центрифугат (II) га ўтади, кумуш хлорид AgCl ва симоб (I)-хлорид Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> чўкма (II) да қолади.

Центрифугат (II) дан Pb<sup>2+</sup> катиони топилса, чўкма (II) дан Ag<sup>+</sup> ва Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> катионлари топилади.

1. **Pb<sup>2+</sup> катионини топиш.** Центрифугат (II) дан 3-5 томчисини пробиркага солиб, устига шунча томчи калий йодид эритмасидан қўшилади. Текширилаётган эритмада Pb<sup>2+</sup> катионлари бўлса, сариқ чўкма PbI<sub>2</sub> ҳосил бўлади, бу чўкма иситилганда эрийди, совутилганда эса қайтадан тилласимон-сариқ кристаллар ҳолида чўкади.

2.  $\text{Hg}_2^{2+}$  катионини топиш. Пробирка тубида қолган чўкма (II) га 5-7 томчи аммиак эритмаси қўшиб, аралаштирилади. Агар ҳосил бўлган эритмада симоб (I) катионлари бўлса, қора чўкма ҳосил бўлади. Чўкма (II) таркибидаги  $\text{AgCl}$  аммиак эритмаси таъсирида эриб, комплекс туз ҳолида эритмага ўтади,  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$  тузи ва симоб металл чўкмага тушади. Чўкма (3)дан центрифугаланиб, центрифугат (III) ажратиб олинади, бу эритмадан  $\text{Ag}^+$  катионлари топилади. Чўкма (III) текширилмай, ташлаб юборилади.

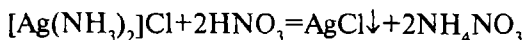
3.  $\text{Ag}^+$  катионини топиш. Центрифугат (III) ни иккита пробиркага бўлиб, солинади. Улардан бирига калий йодид  $\text{KI}$  эритмасидан қўшилади, иккинчи пробиркадаги эритмага  $\text{HNO}_3$  эритмаси қўшилади.

15-жадвал

Бешинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг  
анализ қилиш тартиби

1.Текширилаётган эритма совуқ ҳолда $\text{HCl}$ нинг 2N эритмаси билан ишланади, чўкма (I) центрифугат (I) дан ажратилади.	
2.Центрифугат (I) текширилмай, ташлаб юборилади.	3.Чўкма (I): $\text{AgCl}$ , $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , $\text{PbCl}_2$ Иссиқ сув қўшиб, аралаштириш центрифугаланиб, чўкма (II) центрифугат (II) дан ажратилади.
4.Центрифугат (II): $\text{Pb}^{2+}$ $\text{Pb}^{2+}$ катиони $\text{KI}$ эритмаси ёки $\text{K}_2\text{CrO}_4$ нинг сирка кислота иштирокидаги эритмаси ёрдамида топилади.	5.Чўкма (II): $\text{AgCl}$ , $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ 2N аммиак эритмаси билан ишланади.Центрифугат (III) ни чўкма(III)дан ажратилади.
6.Центрифугат (III): $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+\text{Ag}^+$ ионлари $\text{KI}$ ёки $\text{HNO}_3$ эритмаси ёрдамида топилади.	7.Чўкма (III): $[\text{NH}_2\text{Hg}]\text{Cl}+\text{Hg}$ Қора рангли чўкма текширилаётган эритмада $\text{Hg}_2^{2+}$ катиони борлигидан далолат беради.

Центрифугат таркибида  $\text{Ag}^+$  катионлари бўлса, биринчи пробиркада кумуш йодиднинг сариқ чўкмаси тушади, иккинчи пробиркада эса кумуш хлорид  $\text{AgCl}$  нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.



Шундай қилиб, системали анализ қилиш тартиби бўйича V гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш ниҳояси-га етказилади.

### 13.6. I–V гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

Ҳамма бешта гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилишда, ҳар бир гуруҳ катионлари аралашмаларини анализдек, аввал дастлабки синовлар ўтказилади, сўнгра олинган натижалар асосида систематик анализ тартиби режаси тузилади ва уни бажаришга киришилади.

**Дастлабки текширишлар.** а) Универсал индикатор қоғози ёрдамида текшириладиган эритма муҳити аниқланади;

б) Текширилаётган эритманинг алоҳида олинган улушидан ишқор таъсирида қиздириб туриб,  $\text{NH}_4^+$  катиони бор-йўқлиги аниқланади;

в) Текширилаётган эритманинг озгина улушига  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  реагенти таъсир эттириб,  $\text{Fe}^{2+}$  катиони бор-йўқлиги аниқланади;

г) Текшириладиган аралашма эритмасидан 2-3 томчи олиб, унга  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ёки  $\text{NH}_4\text{SCN}$  (хлорид кислота иштирокида) таъсир эттириб  $\text{Fe}^{3+}$  катиони топилади.

Текшириладиган эритманинг айрим улушлари бўйича дастлабки синовлар бажарилгач, систематик анализ қилишга киришилади. Систематик анализ шундан иборатки, текширилаётган эритманинг айрим гуруҳ катионларини қийин эрувчан бирикмалар (хлоридлар, сульфидлар, гидроксидлар, карбонатлар) ҳолида чўктирувчи гуруҳ реагентлари таъсирида ишловдан ўтказишдир. Бунда олинган чўкмалар ювилади, ионларни гуруҳчаларга ва айрим ионларга ажратишга имкон берувчи керакли мутаносиб реагентлар билан ишлов берилади. Айрим катионларни ўзига хос хусусий реакциялар ёрдамида топилади.

Қуйида гуруҳ реагентлари  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  ва  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  таъсирида кетма-кет изчиллик билан чўктириш орқали ҳамма катионларни 5 та аналитик гуруҳларга ажратишга асосланган систематик анализ қилиш тартибидан бирини келтирилади.

**1. V гуруҳ катионларини ажратиш.** Текширилаётган эритмани аммиак эритмаси билан нейтралланади, сўнг томчилатиб, анализ қилинувчи эритма ҳажмига тенг миқдорда  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма (I) центрифугат (I)дан ажратилади:

I – V гуруҳлар катионлари аралашмасининг анализи  
қилиш тартиби

Дастлабки синовлар: текширилаётган эритманинг айрим улушларидан $\text{NH}_4^+$ , $\text{Fe}^{2+}$ ва $\text{Fe}^{3+}$ катионларини топиш.			
V гуруҳ катионларини $\text{HCl}$ таъсирида чўктириб, ажратиш.			
Центрифугат (I): $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{As}$ , $\text{Sb}$ , $\text{Sn}$ ионлари, $\text{Hg}^{2+}$ , I-III гуруҳ катионлари, ортиқча $\text{HCl}\cdot\text{Sn}^{2+}$ ни $\text{H}_2\text{O}_2$ таъсирида $\text{Sn}^{4+}$ га оксидлаш, IV гуруҳ катионларини $\text{H}_2\text{S}$ таъсирида чўктириш.			
Чўкма (II): $\text{CuS}$ , $\text{CdS}$ , $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , $\text{As}_2\text{S}_3$ , $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , $\text{SnS}$ , эркин олтингугурт. Мис гуруҳчаси катионларини мишяк гуруҳчаси катионларидан $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ таъсирида чўктириб ажратиш.		Центрифугат (II): III, II, I гуруҳ катионлари $\text{H}_2\text{S}$ ни эритмани буғлатиш орқали йўқотиш I-III гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи қилиш тартиби бўйича (13.5.) текширилади.	
Центрифугат (III): $\text{AsS}_3^{3-}$ , $\text{SbS}_4^{3-}$ , $\text{SnS}_2^{2-}$ , ортиқча $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ . Сулфотузларни кислота ( $\text{HCl}$ ёки $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) таъсирида парчаланеди.		Чўкма (III): $\text{CuS}$ , $\text{HgS}$ , $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , $\text{CdS}$ . Чўкмага $\text{HNO}_3$ таъсир эттириб эритилади. $\text{Cu}^{2+}$ ни $\text{NH}_3$ эритмаси таъсир эттириб аниқланади. (12.12).	
Чўкма (V): $\text{As}_2\text{S}_3$ , $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , $\text{SnS}_2$ , $\text{HgS(S)}$ . $\text{As}$ ва $\text{Hg}$ ни $\text{Sb}$ ва $\text{Sn}$ дан концентранган $\text{HCl}$ таъсирида ажратиш.		Центрифугат (IV): $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{CH}_3\text{COONa}$ , $\text{H}_2\text{S}$ Текширилмайди.	
Чўкма (V): $\text{As}_2\text{S}_3$ , $\text{HgS(S)}$ . $\text{As}$ ни $\text{Hg}^{2+}$ дан $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ таъсирида ажратиш.		Центрифугат (V): $[\text{SbCl}_6]^{3-}$ , $[\text{SnCl}_6]^{2-}$ , $\text{HCl}$ . $\text{Sb}^{3+}$ ни темир қириндиси ёрдамида аниқлаш.	
Чўкма (VI): $\text{HgS}$ уни $\text{HCl}$ ва $\text{KI}$ иштирокатида эритиш $\text{Hg}^{2+}$ ни $\text{NH}_4\text{OH}$ ёрдамида топиш.	Центрифугат (VI): $\text{AsO}_3^{3-}$ , $\text{AsS}_3^{3-}$ , ортиқча $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . $\text{As}$ ни топиш.	Чўкма (VII): металл $\text{Sb}$ текширилмайди.	Центрифугат (VII): $\text{Sn}^{2+}$ $\text{NaOH}$ ва висмут тузи ёрдамида $\text{Sn}^{2+}$ топилади.

Чўкма I: $\text{AgCl}$ , $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , $\text{PbCl}_2$	Центрифугат IV, III, II, I гуруҳ катионлари, $\text{HCl}$ нинг ортиқчаси
---	--

Чўкма (I) таркибидаги катионлар V аналитик гуруҳ катионлари аралашмаси анализи тартиби (13.5) бўйича текширилади.

2. **IV гуруҳ катионларини ажратиш.** Таркибида ортиб қолган  $\text{HCl}$  бўлган центрифугат (I) га IV гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби (12.12) да кўрсатилгандек водород сульфид гази юборилади. Ҳосил бўлган чўкма (II) ни центрифугат (II) дан ажратилади.

Чўкма II: IV гуруҳ катионларининг сульфидлари ва олтингугуртли бирикмалари	Центрифугат (II): III, II, I гуруҳ катионлари, ортиқча $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{S}$
--	--

Чўкма (II) таркибидаги бирикмалар тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби (12.12 даги 3-банд) бўйича кетма-кетликда текширилади.

Центрифугат (II) ни мўрили шкаф ичида, унинг ярми қолгунча ортиқча водород сульфидни йўқотиш учун буғлатилади. Чўкмага тушган олтингугуртни центрифугада ажратиб, ташлаб юборилади. Центрифугат (III) эса, I–III гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби (11.11) бўйича текширилади.

## Саволлар

1. Бешинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифини шарҳланг.
2. Кумуш катионини қайси реагент таъсиридан фойдаланиб, қўрғошин(II) ва симоб(I) катионларидан фарқлаш мумкин?
3. Тилла ранг сариқ чўкма V гуруҳ катионларидан қайси бири ҳисобига ва қандай реагент билан ҳосил бўлади?
4. Қўрғошин(II) катионини топишда қўлланиладиган қайси реагент билан борадиган реакция ўта сезгир ҳисобланади?
5. Кумуш ионларини топишда нитрат кислотанинг вазифаси нима? Реакция тенгламасини ёзинг.

6. Комплекс ион  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  га  $\text{Cl}^-$  иони таъсир эттирилганда чўкма ҳосил бўлмайди-ю,  $\text{I}^-$  иони таъсир эттирилганда нима учун чўкма тушади?

7.  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  ва  $\text{AgI}$  тузлари аралашмасига аммиакнинг сувдаги эритмаси таъсир эттирилса қандай ҳодисалар кузатилади?

8. Қўрғошин(II) сульфат чўкмасига мўл сульфат кислота эритмаси таъсир эттирилганда нима сабабдан чўкма эриши юз беради? Реакция тенгламасини ёзинг.

## Тестлар

1. Қандай реагент таъсирида қўрғошин(II) хлоридни кумуш ва симоб(I) хлоридларидан ажратиш мумкин?

- А) Хлорид кислота таъсирида;
- В) Сульфат кислота таъсирида;
- С) Иссиқ сув таъсирида;
- Д) Аммиак таъсирида;
- Е) Сирка кислота таъсирида.

2. Кумуш ва симоб(I)нинг хлоридларини бир-биридан қандай реагент ёрдамида фарқлаш мумкин?

- А) Иссиқ сув таъсирида;
- В) Аммиак эритмаси таъсирида;
- С) Хлорид кислота таъсирида;
- Д) Калий йодид эритмаси таъсирида;
- Е) Сульфат кислота таъсирида.

3. Кумуш хлорид билан аммиак эритмаси ўртасидаги ўзаро таъсир реакцияси тенгламасини (ион-молекуляр шаклда) ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 5;
- В) 4;
- С) 6;
- Д) 7;
- Е) 10.

4. Аммиак эритмаси билан симоб (I) хлорид орасидаги реакция тенгламасини (ион-молекуляр шаклда) ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини топинг.



- A) 5;
- B) 4;
- C) 6;
- D) 7;
- E) 8.

5. Кумуш хлорид билан аммиак эритмаси орасида борадиган реакциянинг эффекти қандай?

- A) Чўкманинг эриши, эритма рангсиз;
- B) Қўнғир чўкма ҳосил бўлиши;
- C) Қора чўкма ҳосил бўлиши;
- D) Сариқ чўкма ҳосил бўлиши;
- E) Оқ чўкма ҳосил бўлиши.

6. Симоб(I) хлорид билан аммиак эритмаси ўзаро таъсирлашганда қандай реакция маҳсулотлари ҳосил бўлади? Уларнинг кимёвий формуласини кўрсатинг.

- A)  $\text{Hg}_2(\text{OH})_2$ ;
- B)  $\text{Hg}_2\text{O}$ ;
- C)  $[\text{HgNH}_3]\text{Cl}$ ;
- D)  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl} + \text{Hg}$ ;
- E)  $[\text{OHg}_2\text{NH}_2]\text{Cl}$ .

7. Кумуш хлорид билан аммиак эритмасининг мўл миқдори таъсирлашганда қандай кимёвий бирикмалар ҳосил бўлади? Уларнинг кимёвий формулаларини кўрсатинг.

- A)  $\text{AgOH}$ ;
- B)  $\text{Ag}_2\text{O}$ ;
- C)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ -сувда эрувчан;
- D)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ -сувда эримайди;
- E)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ .

8. V гуруҳ катионлари сақловчи эритмага эквивалент миқдорда ишқор таъсир эттирилса ҳосил бўладиган бирикмаларнинг кимёвий формулаларини кўрсатинг.

- A)  $\text{AgOH}$ ,  $\text{Hg}_2(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ;
- B)  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{Hg}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ;
- C)  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ ;
- D)  $\text{Hg}_2\text{O}$ ,  $\text{AgOH}$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ;
- E)  $\text{HgOH}$ ,  $\text{HgO}$ ,  $\text{PbO}$ .

9.  $\text{Ag}^+$  катионлари сақловчи эритмага ишқор таъсир эттирилса қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Кумуш оксиднинг қора чўкмаси;
- В) Кумуш гидроксиднинг сариқ чўкмаси;
- С) Эритма сариқ рангга киради;
- Д) Кумуш гидроксиднинг оқ чўкмаси;
- Е) Кумуш оксиднинг қўнғир чўкмаси.

10.  $\text{Pb}^{2+}$  катиони учун қайси аналитик реакция ўзига хос бўлиб, у қандай шароитларда ўтказилади?

- А) Қўрғошин (II) хроматнинг сариқ чўкмаси ҳосил бўладиган пробиркадаги реакция;
- В) Қўрғошин (II) йодиднинг сариқ чўкмаси ҳосил бўладиган пробиркадаги реакция – сўнг иситиш билан қайта кристаллаш билан борадиган «олтин ёмғири» реакцияси;
- С) Қўрғошин (II) йодиднинг сариқ эритмаси ҳосил бўладиган реакция;
- Д) Мўл ишқор билан ўтказиладиган ва эрувчан плюмбит ҳосил бўладиган реакция;
- Е) Қўрғошин (II) сульфатнинг оқ чўкмаси ҳосил бўладиган реакция.

11. Қўрғошин (II) йодиднинг сариқ чўкмасини мўл ишқор эритмаси билан ишлаганда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Чўкма плюмбит ион  $\text{PbO}_2^{2-}$  ҳосил бўлиши ҳисобига эрийди;
- В) Чўкма ишқорларда эримайди;
- С) Қўрғошин (II) гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади;
- Д) Қўрғошин (II) оксиднинг қўнғир чўкмаси ҳосил бўлади;
- Е)  $\text{Na}_2[\text{PbI}_4]$  комплекс бирикмаси ҳосил бўлади.

12. Қўрғошин (II) хроматнинг сариқ чўкмаси мўл ишқор эритмаси билан ишлов берилганда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А)  $\text{PbO}_2$  нинг қўнғир чўкмаси ҳосил бўлади;
- В) Қўрғошин (II) гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади;

- С) Қўрғошин хроматнинг асосли тузи ҳосил бўлиб, чўкма эрийди;
- Д) Эрувчан плюмбит тузлари ҳосил бўлиши сабабли чўкма эрийди;
- Е) Сариқ тусли хромат тузи эритмаси ҳосил бўлади.

13. Кумуш хлорид чўкмасига аммиак эритмаси, сўнгра нитрат кислота эритмаси қўшилса қандай аналитик эффект юз беради?

- А) Кумуш хлорид чўкмаси аввал эрийди, сўнгра қайтадан чўкади;
- В) Чўкма эримади;
- С) Оқ чўкма эрийди, сўнгра сариқ чўкма тушади;
- Д) Чўкма эриб, эритма сариқ ранга киради;
- Е) Ҳеч қандай ўзгариш кузатилмайди.

14. V гуруҳ катионларини калий хромат реагенти ёрдамида топиш реакцияларида қандай аналитик эффект кузатилади.

- А) Кумуш, қўрғошин (II) ва симоб (I) хроматларининг сариқ чўкмаси ҳосил бўлади;
- В) Кумуш хромат, қўрғошин (II) хромат, симоб (I) хроматларнинг қизил чўкмаси ҳосил бўлади;
- С) Қўрғошин (II) хромат, кумуш хромат, симоб (I) хроматларнинг қизил-ғишт рангли чўкмалари ҳосил бўлади.
- Д) Кумуш хроматнинг сариқ, қўрғошин (II) хроматнинг қизил-ғишт рангли, симоб (I) хроматнинг қўнғир чўкмаси ҳосил бўлади;
- Е) Кумуш хроматнинг қизил-ғишт рангли чўкмаси, қўрғошин (II) хроматнинг сариқ чўкмаси ва симоб (I) хроматнинг қизил рангли чўкмаси ҳосил бўлади.

15. V гуруҳ катионлари аралашмаси анализининг қайси кетма-кетлик тартиб тўғри ҳисобланади?

- А) Қўрғошин (II), кумуш, симоб (I);
- В) Қўрғошин (II), симоб (I), кумуш;
- С) Кумуш, симоб (I), қўрғошин (II);
- Д) Кумуш, қўрғошин (II), симоб (I);
- Е) Хоҳлаган тартибда.

# АНИОНЛАРНИНГ ХУСУСИЙ РЕАКЦИЯЛАРИ ВА АНИОНЛАР АРАЛАШМАСИ АНАЛИЗИ

## XIV БОБ. АНИОНЛАРНИНГ БИРИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

### 14.1. Биринчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи

Анионларнинг биринчи аналитик гуруҳига сульфат-ион  $\text{SO}_4^{2-}$ , сульфит-ион  $\text{SO}_3^{2-}$ , карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$ , фосфат-ион  $\text{PO}_4^{3-}$ , силикат-ион  $\text{SiO}_3^{2-}$ , тиосульфат-ион  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ва бошқа анионлар киради (4-жадвал).

Биринчи анионлар гуруҳининг умумий гуруҳ реагенти—барий хлорид  $\text{BaCl}_2$  I гуруҳ анионлари фақат нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитда чўктиради.  $\text{Ba}^{2+}$  катиони билан биринчи гуруҳ анионлари сувда кам эрийдиган, лекин су-юлтирилган минерал кислоталарда ҳам осон эрийдиган (барий сульфат  $\text{BaSO}_4$  дан ташқари) тузлар ҳосил қилади.

Биринчи гуруҳ анионларини очиш муҳим амалий аҳамиятга эга, уларнинг бирикмалари қишлоқ хўжалигида кенг миқёсда қўлланилади.  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  минерал ўғитлар таркибига киради, мис купороси  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ва темир купороси  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  қишлоқ хўжалигида ўсимликлар зараркунандаларига қарши курашда ишлатилади.

Тупроқда  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  лар бошқа карбонатларга нисбатан кўпроқ бўлади, ишқорий металлларнинг карбонатлари жуда оз миқдорда бўлади. Калций карбонат, доломит ( $\text{CaCO}_3$  ЧМгСО<sub>3</sub>) кислотали тупроқларни нейтраллаш учун ишлатилади.

Тупроқда шунингдек, фосфатлар бўлиб, бир қисми ўсимликлар ўзлаштира оладиган ҳолатда бўлади. Фосфор ўсимликлар озиқланиши учун зарур элементлардан ҳисоблангани учун, унинг тупроқдаги етишмаслиги фосфорли ўғитларни тупроққа солиш билан тўлдирилади. Бу ўғитлар-

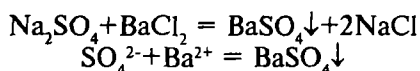
нинг кўпчилиги фосфат кислотанинг тузлари ҳисобланади. Чунончи, фосфорит ва апатит таркибига калций фосфат  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  киради, минерал ўғитлардан преципитат –  $\text{CaHPO}_4$  дан, суперфосфат –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  дан иборат. Ҳайвонларда фосфатларнинг кўпроқ миқдори суяклар таркибида бўлади.

Кремний бирикмалари баъзибир ўсимликларда, масалан, донли ўсимликлар танасида тўпланади. Тупроқда силикатларнинг етишмаслигидан маккажўхори, арпа, лавлагги, каби ўсимликларни ўсиши секинлашади.

## 14.2. Сульфат аниони $\text{SO}_4^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда сульфат кислотанинг сувда яхши эрийдиган тузларини рангсиз эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Барий хлорид  $\text{BaCl}_2$   $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари билан таъсирлашиб,  $\text{BaSO}_4$  нинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади.**



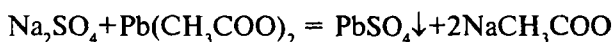
Пробиркага натрий сульфат эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига  $\text{HCl}$  нинг 6N эритмасидан 2-3 томчи ва  $\text{BaCl}_2$  эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Бир дақиқада  $\text{BaSO}_4$  нинг оқ кристаллик чўкмаси ҳосил бўлади, бу чўкма хлорид кислотада эримайди.

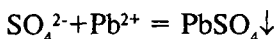
Реакцияни ўтказиш шароити:

- эритманинг pH қиймати 7 дан кичик бўлиши керак;
- кислотали муҳитда кучли оксидловчилар таъсирида  $\text{SO}_4^{2-}$  гача оксидланувчи  $\text{S}^{2-}$  ионларини бўлиши реакцияга халақит беради;

- нейтрал муҳитда барий катионлари билан чўкма ҳосил бўлишида анионлар амалда  $\text{SO}_4^{2-}$  анионини очишга халақит бермайди.

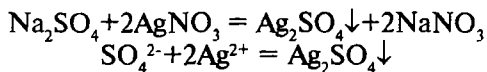
2. **Қўрғошин оцетат  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  ва бошқа  $\text{Pb}^{2+}$  тузлари  $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари билан  $\text{PbSO}_4$  нинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:**





Пробиркадаги натрий сульфатнинг 4-5 томчи эритмасига, 1-2 томчи HCl эритмасидан қўшилади. Сўнг 3-4 томчи қўрғошин (II)-ацетат эритмасидан қўшилса, суюлтирилган кислоталарда эримайдиган, лекин ўювчи ишқорларда эрувчи оқ кристаллик чўкма ҳосил бўлади.

3. **Кумуш нитрат**  $\text{AgNO}_3$  концентрланган эритмадаги  $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари билан  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



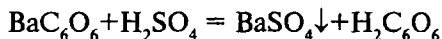
Ҳосил бўлган чўкма нитрат кислотада эрийди.

Пробиркага натрий сульфатнинг эритмасидан 3-4 томчи солинади, устига 3-4 томчи кумуш нитрат эритмасидан қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакциянинг бориш шароити:

- тажрибани нейтрал муҳитда бажариш керак;
- $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  чўкмаси фақат концентрланган эритмалардан ҳосил бўлади ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  нинг эрувчанлиги  $2,6 \cdot 10^{-2}$  мол/л).

4. **Барий родизонат**  $\text{SO}_4^{2-}$  аниони билан реакцияга киришганда бир дақиқада ўзининг қизил рангини йўқотиб, рангсизланади: бунда эримайдиган барий сульфат ҳосил бўлади:

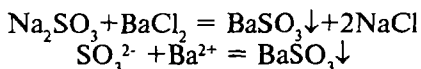


Филтр қоғози бўлагига 1 томчи  $\text{BaCl}_2$  эритмаси томизилади, устига натрий родизонат ёки родизонат кислота эритмасидан бир томчи қўшилади. Натижада барий родизонатнинг қизил рангли доғи ҳосил бўлади. Бу доғни 1-2 томчи текширилаётган  $\text{SO}_4^{2-}$  аниони сақловчи эритма билан қўлланса, шу заҳотиёқ барий родизонатнинг қизил ранги йўқолиб, рангсизланади. Бу реакция ўзига хос бўлиб,  $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари учун селектив, яъни фақат сульфатларни топиш учун қўлланилади.

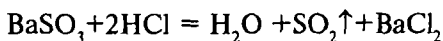
### 14.3. Сулфит аниони $\text{SO}_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни ўтказишда  $\text{SO}_3^{2-}$  нинг тузларининг сувли эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Барий хлорид**  $\text{BaCl}_2$  эритмадаги  $\text{SO}_3^{2-}$  анионлари билан барий сульфитнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



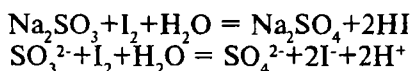
Ҳосил бўлган чўкма хлорид ва нитрат кислоталарида эриши натижасида олтингургурт (IV) оксиди ажралиб чиқади.



Пробиркага натрий сульфитнинг эритмасидан 4-5 томчи солиб, шунча миқдорда реагент эритмасидан қўшилса, оқ чўкма ҳосил бўлади.

Чўкма кислоталарда эритилганда ёнаётган олтингургурт қидига эга бўлган олтингургурт (IV) оксиди ажралиб чиқади.

2. **Йодли ёки бромли сувни** сульфит тузлари эритмалари рангсизлантиради.



Пробиркага 1-2 томчи йодли сувдан солинади, устига сульфат тузи эритмасидан 3-4 томчи ва 5 томчи  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қўшилади. Бунда қўнғир рангли йод эритмаси рангсизланади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни нейтрал ва кислотали муҳитларда олиб бориш мумкин. Муқит  $\text{pH} < 7$  бўлганда бу реакция тўлиқ боради. Ишқорий муҳитда  $\text{I}_2$  ни ранги диспропорция реакцияси ҳисобига рангсизланади;

- қайтарувчи-ионлар ва оксидловчи-ионларнинг эритмада бўлиши реакцияни кетишига халақит беради.

3. **Фуксин эритмаси**  $\text{SO}_3^{2-}$  аниони нейтрал эритмаларда фуксин билан реакцияга киришганда фуксиннинг қизил ранги йўқолиб, рангсизланади.

Фуксин эритмасидан бир томчиси шиша пластинкага томизилади, устига бир томчи сульфит тузининг нейтрал эритмасидан қўшилади. (Кислотали эритмалар  $\text{NaHCO}_3$  билан, ишқорий эритмалар  $\text{CO}_2$  газини фенолфталеин ранг-

сизлангунча ўтказиш билан нейтралланди).  $\text{SO}_3^{2-}$  аниони иштирокида фуксин эритмаси рангсизланади.

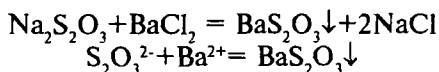
Тажрибани ўтказиш шароити:

- Реакцияни эритма муҳити  $\text{pH}=7-8$  бўлганда ўтказилади;
- кислотали эритмалар даставвал натрий гидрокарбонат билан нейтралланади;
- $\text{S}^{2-}$  анионларини эритмада бўлиши  $\text{SO}_3^{2-}$ ни топишга халақит беради, чунки  $\text{S}^{2-}$  ионлари қам фуксин эритмасини рангсизлантиради.

#### 14.4. Тиосульфат аниони $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни бажаришда  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  нинг сувдаги эритмасидан фойдаланилади.

**1. Барий хлорид  $\text{BaCl}_2$**  эритмадаги  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ионлари билан барий тиосульфатнинг оқ рангли чўкмасини ҳосил қилади:

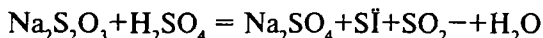


Натрий тиосульфат эритмасининг 5-6 томчисига  $\text{BaCl}_2$  эритмасидан 8-10 томчи қўшилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- Реакция мўл миқдорда  $\text{BaCl}_2$  эритмаси қўшилганда боради.
- Чўкма ҳосил бўлиши учун пробирканинг суюқлик бор қисмидаги ички девори шиша таёқча билан ишқалаб турилади.

**2. Кислоталар** тиосульфат эритмаларига таъсир эттирилганда олтингугурт ва сульфит ангидрид ҳосил бўлади:

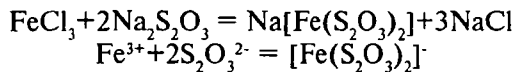


Пробиркадаги натрий тиосульфат эритмасининг 5-6 томчисига сульфат кислотанинг 2N эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Маълум вақтдан кейин аралашманинг лойқаланиши кузатилади.



Сулфидлар кислоталар таъсир эттирилганда  $\text{SO}_2$  ажра-тиб чиқарса ҳам, олтингугурт ҳосил қилмайди. Шунинг учун бу реакция  $\text{SO}_3^{2-}$  иштирокида  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ни топишга имкон беради ва тиосульфат анионининг энг муҳим реакцияларидан бири ҳисобланади.

**3. Темир (III) хлорид** тиосульфат эритмалари билан тўқ бинафша рангли комплекс бирикма ҳосил қилади:



Пробиркага 2-3 томчи натрий тиосульфат эритмаси солинади ва унга темир(III) хлорид эритмасидан 1 томчи қўшилади. Шу заҳотиёқ тўқ бинафша ранг ҳосил бўлиши кузатилади. Бу ранг 1-2 минутдан кейин йўқолиб кетади ва эритма рангсиз бўлиб қолади.

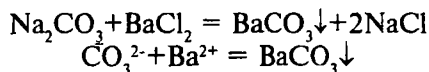
Реакцияни ўтказиш шароити:

- тажриба кислотали муҳитда боради, чунки қўшил-диган  $\text{FeCl}_3$  эритмаси кислотали муҳит ҳосил қилади;
  - оксидловчилар ва қайтарувчилар реакцияни бориши-га халақит беради;
  - $\text{SO}_3^{2-}$  аниони  $\text{FeCl}_3$  билан бинафша ранг бермайди.
- Темир(III) хлорид эритмаси билан тўқ бинафша ранг ҳосил қилиш фақат  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  анионига хосдир.

## 14.5. Карбонат аниони $\text{CO}_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  ва  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

**1. Барий хлорид  $\text{BaCl}_2$**  эритмадаги  $\text{CO}_3^{2-}$  анионлари билан барий карбонатнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Ҳосил бўлган чўкма хлорид, нитрат кислоталарда ва ҳаттоки сирка кислотада ҳам эрийди.

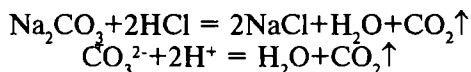
Пробиркадаги натрий карбонатнинг 4-5 томчисига  $\text{BaCl}_2$  эритмасидан 4-5 томчи томизилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

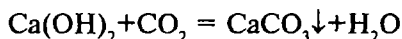
- эритманинг муҳити нейтрал ёки кучсиз ишқорий бўлиши керак;

- реакцияни боришига эритмадаги  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{3-}$  анионлар ҳалақит беради, чунки улар ҳам  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари билан оқ чўкма ҳосил қилади.

2. **Кислоталар** карбонат тузларини карбонат ангидрид гази ҳосил қилиш билан парчалайди.



Газ ўтказувчи найли пробиркага 2-3 мл карбонат тузи эритмасидан солиб, устига шунча ҳажмда  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмасидан қўшилади. Чиқаётган газ иккинчи пробиркадаги оҳакли сувнинг тиниқ эритмаси орқали ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойҳаланиши кузатилади.



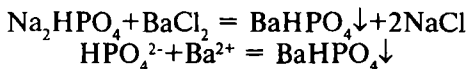
Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритмадаги муҳит  $\text{pH} < 7$  бўлганда ўтказилади;  
- оҳакли сув янги тайёрланган ва тиниқ бўлиши керак;  
-  $\text{SO}_3^{2-}$  анионлари бу реакцияни бажаришга ҳалақит беради, чунки эритмадаги  $\text{SO}_3^{2-}$  ионлари кислота таъсирида  $\text{SO}_2$  ажратиб чиқаради, сульфит ангидриди ҳам оҳакли сувни лойқагади. Эритмада  $\text{SO}_3^{2-}$  анионлари бўлса,  $\text{CO}_3^{2-}$  анионларни топишдан олдин текшириладиган эритмага 4-5 томчи водород пероксид қўшилади ( $\text{SO}_3^{2-}$  ни  $\text{SO}_4^{2-}$  гача оксидлаш учун), сўнг  $\text{CO}_3^{2-}$  анионини топишга киришилади.

## 14.6. Фосфат аниони $\text{PO}_4^{3-}$ нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда натрий гидрофосфат эритмасидан фойдаланса бўлади. \

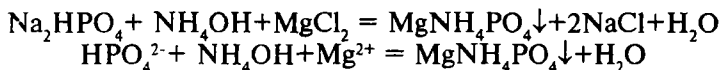
1. **Барий хлорид  $BaCl_2$**  натрий гидрофосфат эритмаси билан таъсирлашиб, барий гидрофосфатнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



Натрий гидрофосфат эритмасидан 4-5 томчи олиб, устига  $BaCl_2$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

$BaHPO_4$  чўкмаси кучли кислоталарда ( $H_2SO_4$  дан ташқари), шунингдек, сирка кислотада ҳам эрийди.

2. **Магнезиал аралашма ( $MgCl_2 + NH_4OH + NH_4Cl$ )  $PO_4^{3-}$**  анионлари билан оқ кристаллик чўкма  $MgNH_4PO_4$  ни ҳосил қилади:



5-6 томчи магний хлорид эритмасига шунча томчи аммиак эритмаси қўшилади; ҳосил бўлган магний гидроксид чўкмасини  $NH_4Cl$  эритмаси қўшиб эритилади. Сўнгра олинган магнезиал аралашма сув ҳаммомида иситилиб, унга натрий гидрофосфат эритмасидан оқ чўкма –  $MgNH_4PO_4$  магний-аммоний фосфат ҳосил бўлгунча қўшилади.

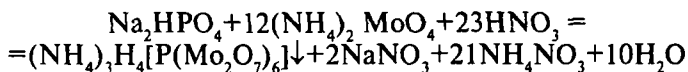
Тажрибани бажариш шароити:

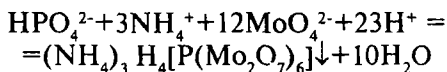
-  $NH_4Cl$  эритмасидан ортиқча қўшмасликка ҳаракат қилиш лозим.  $NH_4Cl$  дан кўп қўшилса комплекс ион ҳосил бўлиши ҳисобига чўкма тушмайди;

- эритмани иситиш чўкма ҳосил бўлишини жадаллаштиради.

- эритмадаги  $AsO_4^{3-}$ ,  $SiO_3^{2-}$ ,  $C_2O_4^{2-}$  ионлари реакцияга ҳалақит беради.

3. **Молибден суюқлиги (аммоний молибдат ( $NH_4$ )<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> нинг нитрат кислотадаги эритмаси)  $PO_4^{3-}$**  анионлари билан сариқ кристаллик чўкма-аммоний 12-молибдо фосфатни ҳосил қилади:





Пробиркага 8 томчи аммоний молибдат эритмаси ва 8 томчи концентрланган нитрат кислота солинади. Бу аралашмага 2-3 томчи натрий гидрофосфат қўшилади, шиша таёқча билан аралаштириб, сув ҳаммомида пробирка ичидаги суюқлиги билан биргаликда 40<sup>0</sup>-50<sup>0</sup> гача иситилади. Сарик чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

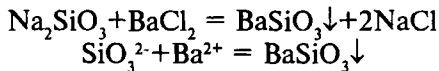
Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакцияни эритма рН < 1 да ўтказилади;
- эритмани илигунча иситиш чўкма ҳосил бўлишига имконият ярагади;
- анион-қайтарувчилар ва НСl реакцияни боришига ҳалақит беради;
- бир исмли ион сақловчи NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ва ортиқча молибдатнинг қўшилиши чўкма ҳосил бўлишини тезлаштиради.

#### 14.7. Силикат аниони SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> нинг хусусий реакциялари

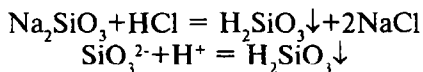
Реакцияларни ўтказишда сувдаги эритмалари рангсиз бўлган Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ва K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> лардан фойдаланилади.

1. **Барий хлорид BaCl<sub>2</sub>** эритмадаги SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ионлари билан барий силикатнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:



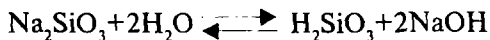
Натрий силикат эритмасининг 5-6 томчисига BaCl<sub>2</sub> эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ аморф чўкма тушиши кузатилади.

2. **Кислоталарнинг суюлтирилган эритмалари** силикатларга таъсир қилиб, силикат кислотанинг сузмасимон оқ чўкмасини (гелини) ҳосил қилади:

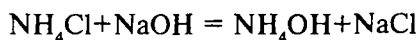


Натрий силикатнинг 5-6 томчи эритмасига HCl эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ сузмасимон чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

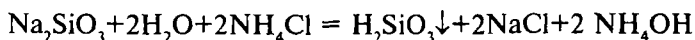
3. **Аммоний тузлари** ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) силикатлар эритмаларига таъсир эттирилганда силикат кислотанинг ивиқсимон чўкмаси ҳосил бўлади. Сувли эритмаларда силикатлар осон гидролизланади:



Қўшиладиган аммоний тузи гидролиз маҳсулотларидан бири—натрий гидроксид билан реакцияга киришади.



Шу сабабли гидролиз мувозанати силикат кислотани ҳосил бўлиши томонига силжийди, кўп миқдорда  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  ни ҳосил бўлиши чўкма тушишига олиб келади.



Пробиркага 4-5 томчи натрий силикат  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  эритмасидан солиб, 4-5 томчи дистилланган сув қўшилади ва аммоний хлорид  $\text{NH}_4\text{Cl}$  кристалларидан 2-3 дона солинади, сўнг сув ҳаммомида иситилади. Натижада силикат кислота-нинг ивиқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Таҷрибани ўтказиш шароити:

- реакция мўл миқдордаги  $\text{NH}_4\text{Cl}$  иштирокида боради;
- эритмани иситиш гидролиз жараёни боришига имконият беради ва чўкма ажралишини жадаллаштиради.

## **14.8. Биринчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби**

I гуруҳ анионлари учун муҳим бўлган аналитик реакцияларнинг натижалари 17-жадвалда келтирилган. Барий хлорид  $\text{BaCl}_2$  бу гуруҳ анионларининг умумий гуруҳ реагенти бўлиб, бу анионлар гуруҳ реагенти таъсирида оқ кристаллик чўкмалар ҳосил қилади.

## Биринчи гуруҳ анионларининг реакциялари

Реагентлар	Анионлар					
	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_3^{2-}$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SiO}_3^{2-}$
$\text{BaCl}_2$ Нейтрал ёки кучсиз ишқорий Чўкманинг $\text{HCl}$ га муносабати	Оқ чўкма $\text{BaSO}_4$ эри- майди	Оқ чўкма $\text{BaSO}_3$ эрийди	Оқ чўкма $\text{BaS}_2\text{O}_3$ эрийди	Оқ чўкма $\text{BaCO}_3$ эрийди	Оқ чўкма $\text{BaHPO}_4$ эрийди	Оқ чўкма $\text{BaSiO}_3$ парчала- нади
Магнезиал аралашма $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$	-	-	-	-	Оқ чўкма $\text{Mg NH}_4\text{PO}_4$	Оқ чўкма $\text{MgSiO}_3$
Молибден суюқлиги $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ $+ \text{HNO}_3$	-	-	-	-	Сариқ чўкма $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6$	-
Кислоталар	-	$\text{SO}_2$ ажра- либ чиқади	$\text{SO}_2 + \text{S}$ ажра- либ чиқади	$\text{CO}_2$ ажралиб чиқади	-	$\text{H}_2\text{SiO}_3$ чўкмага тушади.
Аммоний тузлари $\text{NH}_4\text{Cl}$ , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-	-	-	-	-	$\text{H}_2\text{SiO}_3$ чўкмаси
Фуксин	-	Қизил рангни ранг- сизлан- тиради	-	-	-	-

Анионларни аралашма таркибидан топишда уларнинг ўзига хос аналитик реакцияларидан фойдаланилади.

Даставвал, эритмада биринчи гуруҳ анионлари борлиги гуруҳнинг умумий реагенти  $\text{BaCl}_2$  таъсирида текширилади. Текшириляётган нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитга келтирилган эритмадан 3-5 томчи олиб, устига 5-7 томчи  $\text{BaCl}_2$  нинг 0,5N эритмасидан қўшилади. Оқ чўкманинг ҳосил бўлиши биринчи гуруҳ анионлари борлигини билдиради.

1. **Сулфат ион  $\text{SO}_4^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритмадан 4-5 томчи олиб, устига  $\text{HNO}_3$  нинг 2N эритмасидан 6-8 томчи ва  $\text{BaCl}_2$  нинг 2N эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ кристалл чўкма қосил бўлиши ва бу чўкманинг хлорид кислотада эримаслиги  $\text{SO}_4^{2-}$  аниони иштирокидан далолат беради.

2. **Сулфит ион  $\text{SO}_3^{2-}$  ни топиш.** Пробиркага текширилаётган аралашма эритмасидан 4-5 томчи улуш олиб, 2-3 томчи  $\text{HCl}$  ни 2N эритмасидан қўшилади. Сўнг шу пробиркага крахмал билан кўк тусга киритилган йод эритмасидан бир неча томчи қўшилади. Эритмани рангсизланиши текширилаётган эритмада  $\text{SO}_3^{2-}$  анионлари борлигини кўрсатади.

3. **Тиосульфат ион  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритмадан 2-3 томчи олинади ва унга темир (III)- хлорид эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Тўқ-бинафша ранг ҳосил бўлиши  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  борлигини кўрсатади.

4. **Карбонат анион  $\text{CO}_3^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритмада  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  иони борлиги маълум бўлса, унда бу анионларни сульфат ион  $\text{SO}_4^{2-}$  гача оксидлаш лозим, бунинг учун текширилаётган эритманинг айрим улушига 4-5 томчи водород пероксид (8-10% ни эритмаси) қўшилиб, сув ҳаммомида оҳиста иситилади. Шундан сўнг иситилган эритмага хлорид кислотанинг 2N эритмасидан 6-8 томчи қўшилади ва чиқаётган газ  $\text{CO}_2$  оҳакли сувдан ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойқаланиши карбонат ион  $\text{CO}_3^{2-}$  иштирокини кўрсатади.

5. **Силикат ион  $\text{SiO}_3^{2-}$  ни топиш.** Пробиркага текширилаётган эритма улуши (6-8 томчи)дан соламиз, унга  $\text{NH}_4\text{Cl}$  кристалларидан бир нечасини ташлаймиз ва оҳиста иситамиз. Оқ ивиқсимон чўкманинг ҳосил бўлиши,  $\text{SiO}_3^{2-}$  аниони борлигидан далолат беради.

6. **Фосфат — ион  $\text{PO}_4^{3-}$  ни топиш.** Пробиркага аммоний молибдат  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  эритмасидан 7-8 томчи солинади ва устига  $\text{HNO}_3$  нинг 6N эритмасидан 6-7 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган аралашмага текширилаётган эритмадан 5-6 томчи томизилиб, озгина иситилади.  $\text{PO}_4^{3-}$  анионлари бўлса аммоний молибдатфосфатнинг сариқ чўкмаси ҳосил бўлади.

## Саволлар

1. Анионларни гуруҳларга бўлишда қандай омилларга асосланилади?
2. Анионлар нечта гуруҳларга ажратилади, гуруҳ реагентлари қандай моддалар ҳисобланади?
3. I гуруҳ анионларидан ҳар бирига хос (селектив) реакциялари тўғрисида маълумот беринг.
4. Фақат сульфатларни очиш учун қўлланиладиган реагент ва реакцияда кузатиладиган аналитик эффект нима?
5. Қайси анионлар суюлтирилган HCl ёки  $H_2SO_4$  таъсирида газлар ажратиб чиқаради?
6. Қайси анионлар йодли сув ёки бромли сувни рангсизлантириши мумкин?
7.  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$  ва  $S_2O_3^{2-}$  анионларини топиш ва ажратиш учун қандай реакциялардан фойдаланиш мумкин?
8. Биринчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш даставвал нимадан бошланади?
9. I гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилишда эритмани қандай метод бўйича текширилади?
10. Карбонат анионини топишдан олдин эритмадаги қайси анионни нима учун оксидлаш зарур?

## Тестлар

1. Биринчи аналитик гуруҳга қайси анионлар киради?  
А) Нитрат, нитрит ва ацетат;  
В) Йодид, бромид, сульфид ва хлорид анионлари;  
С) Сульфат, карбонат, сулфит, фосфат, тетраборат, силикат, тиосульфат анионлари;  
Д) Сульфат, карбонат, нитрат, сульфид;  
Е) Нитрит, фосфат, силикат, сульфид, хлорид анионлари.
2. Анионларнинг биринчи аналитик гуруҳи учун қайси реагент умумий гуруҳ реагенти ҳисобланади?  
А) Барий хлорид;  
В) Кумуш нитрат;  
С) Магний хлорид;  
Д) Аммоний карбонат;  
Е) Гуруҳ реагенти йўқ.



3. Қуйидаги келтирилган тузлардан қайси бири суюлтирилган хлорид кислотатада эримайди?

- А) Барий карбонат;
- В) Барий сульфат;
- С) Барий сульфит;
- Д) Барий фосфат;
- Е) Барий тиосульфат.

4. Силикат кислотани нимада эритиш мумкин?

- А) Суюлтирилган минерал кислотатада;
- В) Сирка кислотатада;
- С) Ишқорларда;
- Д) Сувда;
- Е) Концентрланган нитрат кислотатада.

5. Фосфат аниони учун қандай реакция хос ҳисобланади?

- А) Йодли сув билан;
- В) Барий нитрат билан;
- С) Барий хлорид билан;
- Д) Молибден суюқлиги билан;
- Е) Фуксин билан.

6. Силикат анионини қандай реакция ёрдамида топиш мумкин?

- А) Кумуш нитрат билан;
- В) Барий хлорид билан;
- С) Молибден суюқлиги билан;
- Д) Фуксин билан;
- Е) Аммоний тузлари билан иситилганда.

7. Карбонат анионини қандай реагент билан ва қандай шароитда топиш мумкин?

- А) Калий перманганат билан кислотали муҳитда;
- В) Кислотали муҳитда  $\text{CO}_2$  ҳолида ажратиш ва бу газни оҳақли сувдан ўтказиш билан;
- С) Кумуш нитрат билан кислотали муҳитда;
- Д) Барий хлорид билан кислотали муҳитда;
- Е) Магнезиал аралашма билан нейтрал муҳитда.

8. Сульфит анионини қандай реакция топишга имкон беради?

- А) Кислотали муҳитда барий хлорид билан;
- Б) Кислотали муҳитда кумуш нитрат билан;
- С) Оҳакли сув билан;
- Д) Кислотали муҳитда йодли сув билан;
- Е) Кислотали муҳитда молибден суюқлиги билан.

9. Карбонат анионни сулфит иони иштирокида қандай очиш мумкин?

- А) Оҳакли сув билан;
- Б) Йодли сув билан;
- С) Аввал сулфит анионни водород пероксид билан оксидланади, сўнг кислотали муҳитда  $\text{CO}_2$  ажратилиб, уни оҳакли сув орқали ўтказилади;
- Д) Эритма буғлатилади ва сулфит анион термик парчаланеди;
- Е) Фуксин эритмаси билан.

10. Кислотали муҳитда иситиш билан силикат анионини топиш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?

- А) Оқ кристаллик чўкма тушади;
- Б) Оқ аморф чўкма тушади;
- С) Сарик кристаллик чўкма тушади;
- Д) Эритма сарик тусга киради;
- Е) Ивиқ гел ҳолидаги чўкма тушади.

11. Сулфит анионини кислотали муҳитда йодли сув билан топишда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Эритманинг қўнғир туси рангсизланади;
- Б) Эритма пушти рангга киради;
- С) Оқ чўкма ҳосил бўлади;
- Д) Қўнғир чўкма ҳосил бўлади;
- Е) Эритма кўк тусга киради.

12. Фосфат анионини молибден суюқлиги билан аниқлаш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?

- А) Қизил чўкма ҳосил бўлади;
- Б) Сарик кристаллик чўкма тушади;
- С) Оқ кристаллик чўкма тушади;
- Д) Эритма сарик тусга киради;
- Е) Газ ажралиб чиқади.

13. Магнезиал аралашма билан фосфат анионини аниқлашда кузатиладиган аналитик эффект қандай?

- А) Сарик чўкма тушади;
- В) Эритма сарик тусга киради;
- С) Қўнғир чўкма тушади;
- Д) Оқ кристалл чўкма ҳосил бўлади;
- Е) Эритма қизил тусга киради.

## XV БОБ. АНИОНЛАРНИНГ ИККИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

### 15.1. Иккинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи

Анионларнинг иккинчи аналитик гуруҳига хлорид-ион  $\text{Cl}^-$ , бромид-ион  $\text{Br}^-$ , йодид-ион  $\text{I}^-$ , сульфид-ион  $\text{S}^{2-}$  ва баъзибир бошқа анионлар киради.

Бу анионлар  $\text{Ag}^+$  катионлари билан сувда ва суюлтирилган нитрат кислотата эримайдиган тузлар ҳосил қилади. Иккинчи гуруҳ анионларининг умумий гуруҳ реагенти нитрат кислота иштирокидаги кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$  ҳисобланади. I гуруҳ анионларининг кўпчилиги ҳам кумуш нитрат билан сувда эримайдиган тузлар ҳосил қилади, бироқ уларнинг ҳаммаси нитрат кислотата эрийди ва иккинчи гуруҳ анионларини топишга ҳалақит бермайдилар. Барий хлорид иккинчи гуруҳ анионлари билан чўкмалар ҳосил қилмайди. Шу сабабли, II гуруҳ анионлари биринчи гуруҳ анионларидан фарқ қилиб,  $\text{BaCl}_2$  таъсирида чўктирилмайди.

Иккинчи гуруҳ анионларидан баъзилари биология ва қишлоқ хўжалигида маълум даражада аҳамиятга эгадирлар.

Хлорид-ион доимо табиий сувлар таркибида бўлади. Тупроқ таркибидаги сувда ҳам хлор иони бирикмалари бўлади. Юқори қатламида 2% тузлар сақловчи тупроқлар шўрланган ҳисобланиб, бунда кўпинча хлоридли шўрланиш кузатилади. Асосан  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  тузлари ҳисобига шўрланиш бўлади.

Сут эмизувчи ҳайвонлар ошқозон суюқлиги таркибида хлорид кислота бўлиб, овқат ҳазм қилиш жараёнида муҳим вазифани бажаради.

Бромидлар марказий асаб системани тинчлантириш хоссасига эга.

Йод бирикмалари ўсимликлар ва ҳайвонлар организмлари таркибий қисмига киради. Тўқималарда йод иони йод-органик бирикмалар ҳолида бўлиб, айниқса, ҳалқонсимон

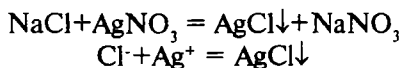
безда йод кўпроқ бўлади. Табиий сувларда ва ўсимликлар озикларида йод этишмаслиги инсонда бўқоқ касаллиги келиб чиқишига сабаб бўлади.

Сулфидлар ва водород сулфид табиатда оқсил моддаларнинг чириши (парчаланиши) ҳисобига ҳосил бўлади.

## 15.2. Хлорид аниони $\text{Cl}^-$ нинг хусусий реакциялари

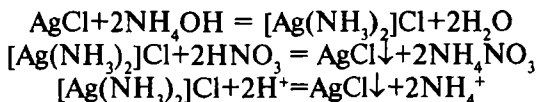
Тажрибаларни хлоридларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. **Кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$**  хлорид-ион  $\text{Cl}^-$  билан сувда ва кислоталарда эримайдиган оқ сузмасимон кумуш хлорид чўкмасини ҳосил қилади:



Чўкма аммиакда эрийди, бунда кумушнинг комплекс тузи  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$   $\text{Cl}^-$  ҳосил бўлади.

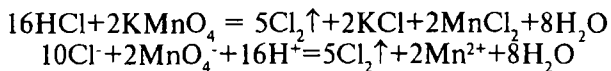
Конуссимон пробиркага 2-3 томчи натрий хлорид эритмасидан олиб, устига  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмани центрифугада ажратиб, чўкма эриб кетгунча аммиак эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган комплекс бирикмага нитрат кислота қўшилса, комплекс бузилади ва қайтадан кумуш хлорид чўқади:



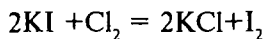
Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни нитрат кислотали муҳитда ўтказилади;
- бу реакцияни ўтказишга  $\text{SCN}^-$  ва  $\text{CN}^-$  анионлари ҳалақит беради, чунки улар  $\text{Ag}^+$  катиони билан ўхшаш чўкмалар беради.

2. **Кучли оксидловчилар** ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$  ва бошқалар) кислотали шароитда хлорид-ион  $\text{Cl}^-$  ни эркин хлоргача оксидлайди.



Пробиркага Cl иони сақловчи эритмадан 5 томчи солиб, устига  $\text{KMnO}_4$  нинг концентрланган эритмасидан 5 томчи, яна концентрланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан 3-4 томчи қўшилади ва аралашма мўрили шкафта иситилади. Бунда,  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг пушти ранги қисман ёки тўлиқ рангсизланиши ва газ ҳолдаги хлор ажралиши кузатилади. Хлор газининг чиқаётганлиги ҳидидан ёки йод-крахмалли қоғоз ( $\text{KI}$  эритмаси ва крахмал клейстри шимдирилган филтр қоғози)нинг кўкаришидан билса бўлади. Пробирка оғзига нам йод-крахмалли қоғоз тутилганда хлор газы иштирокида элементар йод ажралиши ҳисобига қоғоз кўк рангга киради:



Реакцияни ўтказиш шароити:

– Cl анионини оксидлаш реакциялари кучли кислотали муҳитда боради. Нейтрал муҳитда хлоридларнинг оксидланиши юз бермайди. Ишқорий муҳитда хлор ажралиб чиқмайди;

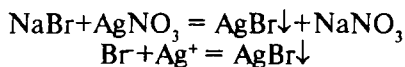
– оксидловчи сифатида  $\text{KMnO}_4$  фойдаланилса, реакция кўргазмалы чиқади, чунки Cl иони иштирокида пушти эритма рангсизланади;

– иситиш оксидланиш-қайтарилиш реакцияси боришини жадаллаштиради.

### 15.3. Бромид аниони Br нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни ўтказишда сувда эрийдиган бромид тузларининг рангсиз эритмаларидан ( $\text{NaBr}$ ,  $\text{KBr}$  эритмаларидан) фойдаланилади.

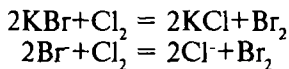
1. **Кумуш нитрат**  $\text{AgNO}_3$  бромид-ион Br лари билан оч сарғиш кумуш бромид чўкмасыни ҳосил қилади:



Натрий бромид эритмасининг 5-6 томчисига кумуш нитрат эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Сарғиш чўкма

ҳосил бўлиши кузатилади. Чўкма нитрат кислотада эримайди, бироқ мўл аммиак эритмаси таъсирида эриб комплекс бирикма  $[Ag(NH_3)_2] Br$  ҳосил қилади.

2. **Хлорли сув** бромид-ионларни оксидлаб, эркин бромга айлантиради:



Пробиркага 3-5 томчи калий бромид эритмасидан солиб устига 1-2 томчи  $H_2SO_4$  нинг 2N эритмасидан қўшилади. Сўнгра 2-3 томчи хлорли сувдан томизилади. Эркин бром ҳосил бўлиши ҳисобига эритма қўнғир тусга киради. 5-6 томчи бензол қўшиб, чайқатилади. Бензол қавати қизғиш-қўнғир тусга киради («бензол ҳалқаси»); хлорли сув ортиқча қўшилган бўлса бром хлорид ҳосил бўлиши ҳисобига сариқ-лимон рангига киради.

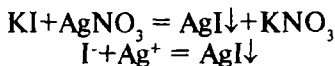
Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакция эритма  $pH=5-7$  бўлганда боради;
- хлорли сувни томчилатиб қўшилади, ортиқча хлорли сувдаги хлор эркин бром билан сарғиш бром хлорид ҳосил қилади;
- бензол ўрнига хлороформ, бензин ва бошқа органик эритувчилардан фойдаланса бўлади.

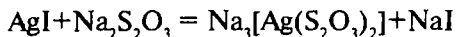
## 15.4. Йодид аниони I нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни амалга оширишда сувда эрувчан йодидлар –  $NaI$ ,  $KI$  эритмаларидан фойдаланилади.

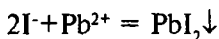
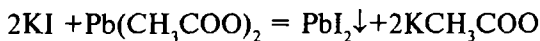
1. **Кумуш нитрат  $AgNO_3$**  йодид аниони I лари билан сариқ чўкма  $AgI$  ни ҳосил қилади.



Пробиркадаги калий йодиднинг 3-4 томчи эритмасига шунча томчи кумуш нитрат эритмасидан қўшилади. Сариқ чўкма тушиши кузатилади. Бу чўкма нитрат кислотада ҳам, аммиакда ҳам эримайди. Лекин бу  $AgI$  чўкмаси натрий тиосульфат  $Na_2S_2O_3$  таъсирида осонгина эритмага ўтади:



2. **Кўрғошин (II) катиони  $\text{Pb}^{2+}$ нинг эрувчан тузлари** йодид анионлари билан тилларанг  $\text{PbI}_2$  чўкмасини ҳосил қилади:

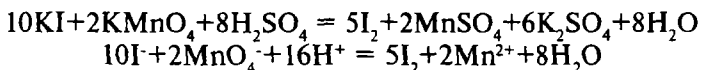


4-5 томчи калий йодид эритмасига шунча томчи кўрғошин ацетат эритмасидан қўшилади. Сариқ чўкма  $\text{PbI}_2$  иситилганда сувда эрийди, совутилганда эса қайтадан чиройли тилларанг кристаллар ҳолида чўкмага тушади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

- тажрибани эритмага сирка кислота қўшиш орқали эритмани кислотали муҳитга келтириб ўтказилади ( $\text{pH} < 7$ );
- $\text{KI}$  нинг озгина ортиқчаси реакция боришига зарарли таъсир кўрсатмайди.

3. **Калий перманганат  $\text{KMnO}_4$**  йодид анионини эркин йодгача оксидлайди. I аниони хлорид ва бромид ионларига нисбатан осон оксидланади.

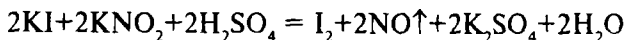


Пробиркага 3-5 томчи  $\text{KI}$  эритмасидан солиб, устига  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг суюлтирилган эритмасидан бир неча томчи қўшилади, сўнг пробиркадаги эритмага  $\text{KMnO}_4$  эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Калий перманганат эритмасининг рангсизланиши кузатилади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

- реакцияни кислотали (сулфат ёки сирка кислотали) муҳитда бажарилади;
- эритмани кучсиз иситиш реакцияни боришига ёрдам беради.

4. **Калий (ёки натрий) нитрит  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{NaNO}_2$**  лар ҳам I анионини кислотали муҳитда эркин йодгача оксидлайди.





Калий йодид эритмасининг 1-2 томчисига шунча  $\text{KNO}_2$  эритмасидан қўшилади,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 2N эритмаси билан аралашма кислотали муҳитга келтирилиб, сўнг 1-2 томчи крахмал эритмасидан қўшилади. Эркин  $\text{I}_2$  ҳосил бўлиши ҳисобига крахмал кўкаради (крахмал ўрнига бензол ёки бензин ишлатилса, бинафша ранг ҳосил бўлади).

Реакцияни бажариш шароити:

– тажрибани совуқда кучсиз кислотали муҳитда ўтказилади, чунки иситилганда йод-крахмалли эритма рангсизланади;

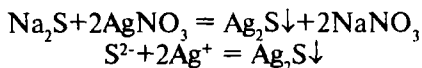
–  $\text{Br}^-$  ионлари айни шароитда нитритлар таъсирида оксидланмайди;

– эркин йод томонидан оксидланадиган қайтарувчиларни бўлиши реакцияга ҳалақит беради.

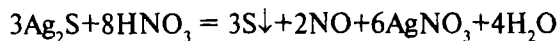
## 15.5. Сульфид аниони $\text{S}^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни амалга оширишда сувда эрийдиган сульфидлар  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{S}$  эритмаларидан фойдаланилади.

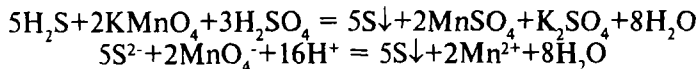
1. **Кумуш нитрат  $\text{AgNO}_3$**  сульфид ионлари билан кумуш сульфиднинг қора чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркадаги 4-5 томчи натрий сульфид эритмасига  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Бу чўкма аммоний гидроксидда эримайди, лекин қайнатилганда суюлтирилган нитрат кислотада эрийди:



2. **Калий перманганат  $\text{KMnO}_4$**  сульфид анионларини эркин олтингугуртгача оксидлайди.



Пробиркага (газ ўтказувчи найли) текшириляётган аралашмадан солиб,  $\text{HCl}$  эритмасидан қуйилади, тезлик би-

лан газ ўтказувчи найли тиқин билан пробиркага оғзи бекитилади ва ажралаётган газни сульфат кислота қўшилган  $\text{KMnO}_4$  эритмаси орқали ўтказилади. Эритманинг пушти-қизил ранги йўқолиб, ажралаётган олитингургурдан лойқаланиш ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

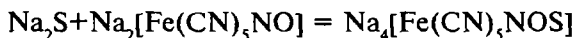
– сульфидларни парчалаш учун 15% ли хлорид кислота эритмаси ишлатилади;

–  $\text{HCl}$  ўрнига нитрат ёки сульфат кислоталарини ишла-тиш тавсия қилинмайди, чунки бу кислоталар таъсирида қўшимча оксидланиш-қайтарилиш реакциялари ҳам юз бериши мумкин;

– қўлланиладиган  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг концентраци-яси етарли даражада юқори бўлиши лозим;

– бошқа қайтарувчилар, жумладан сульфит ангидрид эритмани лойқаланишига олиб келмайди.

3. **Натрий нитропруссид**  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  сульфид  $\text{S}^{2-}$  иони билан қизил-пушти рангли комплекс бирикма  $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{-NOS}]$  ҳосил қилади:



Текшириладиган эритманинг 1 томчисига ишқор эрит-маси ва натрий нитропруссид эритмаларидан 1 томчидан қўшилади. Сульфидлар иштирокида қизил-пушти ранг ҳосил бўлади. Эритма кислотали муҳитга келтирилса, рангсизла-ниш кузатилади.

II гуруҳ анионларидан фақат сульфид-анион натрий нит-ропруссид билан қизил-пушти ранг ҳосил қилади.

## 15.6. Иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

II гуруҳ анионларининг баъзи реагентларга муносабати 18- жадвалда келтирилган. Ҳар бир анионни ўзига хос ана-литик реакциялардан фойдаланиб, иккинчи гуруҳ анион-лари аралашмасидан топиш мумкин.

1. **Дастлабки синовлар.** Текшириладиган эритманинг ай-рим улушидан сульфид-анионини топиш мумкин. Бунинг учун аралашма эритмасидан 3-4 томчи олиб, устига шунча

томчидан ишқор эритмаси ва натрий нитропруссид эритмасидан қўшилади. Қизил-пушти рангнинг ҳосил бўлиши II гуруҳ анионлари аралашмаси таркибида S<sup>2-</sup> анионлари борлигини билдиради.

18-жадвал

### Иккинчи гуруҳ анионларининг муҳим реакциялари

Реагентлар	Анионлар			
	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>
AgNO <sub>3</sub> (HNO <sub>3</sub> иштироки) Кумуш тузларининг NH <sub>4</sub> OH га муносабати.	Оқ чўкма AgCl Комплекс бирикма ҳосил қилиб эрийди	Оч-сарғиш чўкма AgBr сезиларли даражада эрийди.	Сариқ чўкма AgI Амалда эримаيد.	Қора чўкма Ag <sub>2</sub> S Эримаиди.
Кучли оксидловчилар (KMnO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , MnO <sub>2</sub> )	Cl <sub>2</sub> ажралади.	Br <sub>2</sub> ажралади.	I <sub>2</sub> ажралади.	S ажралади.
Хлорли сув (бензол иштирокида)		Br <sub>2</sub> нинг қизил-қўнғир ранги	I <sub>2</sub> нинг бинафша ранги	
NaNO <sub>2</sub> ёки KNO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> иштирокида)			I <sub>2</sub> ажралади крахмалнинг кўкариши	
Pb (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>			Тилларанг кристаллар - PbI <sub>2</sub>	
HCl (15% ли)				H <sub>2</sub> S ажралади (палагда қолган тухум ҳиди)
Натрий нитропруссид Na <sub>2</sub> [Fe(CN) <sub>5</sub> NO]				Na <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>5</sub> NOS] бинафша рангли

2. Хлорид-анионини Br ва I ионларидан ажратиш. Текшириладиган эритмадан 7-8 томчи олиб, устига II гуруҳ анионларининг умумий реагенти AgNO<sub>3</sub> эритмасидан 7-8

томчи ва шунча томчи  $\text{HNO}_3$  нинг 2 N эритмасидан қўшилади. Чўкма ҳосил бўлиши иккинчи гуруҳ анионлари борлигини, бунда қора чўкма тушиши сульфид иони  $\text{S}^{2-}$  борлигини яна бир қарра тасдиқлайди. Шундан сўнг тўлиқ чўктиришга эришиб, чўкмани центрифугада ажратиб олиб, уни дистилланган сув билан ювилади. Таркибида  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  ва  $\text{Ag}_2\text{S}$  сақловчи олинган чўкмага (I) 1-2 мл 12 % ли  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  эритмаси ёки шунча миқдор Фаурголт реактиви (1 литрида 0,25 мол  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 0,25 мол  $\text{KNO}_3$  ва 0,01 мол  $\text{AgNO}_3$  бор эритма) қўшиб, аралашма 1 минутча чайқатилади. Натижада  $\text{AgCl}$  тузи  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  таркибли комплекс бирикма ҳосил қилиб эритмага ўтади,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  ва  $\text{Ag}_2\text{S}$  чўкмада қолади. Чўкма (II) ни центрифугада ажратиблиб, ундан  $\text{Br}^-$  ва  $\text{I}^-$  анионларини топишда фойдаланилади. Центрифугат (II) дан хлор аниони топилади.

**3. Хлорид аниони  $\text{Cl}^-$  ни топиш.** Центрифугат (II) ни икки қисмга бўлинади. Биринчи қисмига бир неча томчи нитрат кислота, иккинчисига бир неча томчи  $\text{KI}$  эритмасидан томизилади. Биринчи пробиркада эритманинг лойҳаланиши ва иккинчи пробиркада сариқ чўкманинг жадал ҳосил бўлиши текшириляётган эритмада хлорид иони  $\text{Cl}^-$  борлигини кўрсатади.

**4. Бромид аниони  $\text{Br}^-$  ни топиш.** Чўкма (II) га 4-5 томчи  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 2N эритмасидан қўшилади ва оз миқдорда рух кукуни солинади. Бунда  $\text{AgBr}$  ва  $\text{AgI}$  рух метали таъсирида парчаланиб,  $\text{Br}^-$  ва  $\text{I}^-$  анионлари эритмага ўтади. Пробиркани ичидагиси билан сув ҳаммомида иситилади. Чўкма(III) (ортиқча рух ва кумуш метали)ни центрифугада ажратиб олинади ва текширилмай ташлаб юборилади. Центрифугат (III) ни икки қисмга бўлинади. Биринчи қисмидан  $\text{Br}^-$  иони топилади. Бромид ион хлорли сув ёрдамида  $\text{I}^-$  иони иштирокида топилиши мумкин, чунки йод ортиқча хлор таъсирида рангсиз  $\text{IO}_3^-$  анионига охидланиши мумкин.

Биринчи қисм эритмага хлорли сув қўшилиб, 3-4 томчи бензол солиб чайқатилади. Натижада бензол қавати ажралиб чиққан бром таъсирдан қизил-қўнғир тусга киради.

**5. Йодид аниони  $\text{I}^-$  ни топиш.** Центрифугат (III)ни иккинчи қисмидан  $\text{I}^-$  иони топилади. Пробиркадаги эритмага крахмал эритмаси,  $\text{KNO}_2$  эритмаси ва сирка кислота эритмасидан 2 томчидан томизилади. Эритманинг кўк рангга бўялиши текшириляётган анионлар аралашмаси таркибида  $\text{I}^-$  аниони борлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш яқунланади.

### 15.7. Биринчи ва иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини систематик анализ қилиш тартиби

Текширилаётган эритманинг (рН=9-10) айрим улушига томчилатиб калций ацетат эритмасидан оқ чўкма ҳосил бўлгунча қўшилади. Пробиркани сув ҳаммомида иситилса чўкма ҳосил бўлиши тезлашади.

Чўкма центрифугада ажратилади.

Чўкма I $\text{CaCO}_3$ , $\text{CaSO}_3$ , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , $\text{CaSiO}_3$	Центрифугат I $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$
--	--

Чўкма(I)дан  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ионлари топилади.

**1. Сульфит аниони  $\text{SO}_3^{2-}$  ни топиш.** Чўкма(I)ни дистилланган сув билан 2-3 марта ювилади. Ювилган чўкмани ярми HCl нинг 2N эритмасида иситиб эритилади. Сўнг ҳосил бўлган эритмага крахмал билан кўк тусга киритилган йод эритмасидан бир неча томчи қўшилади. Эритмани рангсизланиши текширилаётган эритмада  $\text{SO}_3^{2-}$  анионлари борлигини кўрсатади.

**2. Карбонат аниони  $\text{CO}_3^{2-}$  ни топиш.** Чўкма(I)нинг қолган ярмига водород пероксиднинг 8-10%ли эритмасидан қўшилади ( $\text{CO}_3^{2-}$  ни топишга ҳалал берадиган  $\text{SO}_3^{2-}$  ионини оксидлаш учун). Шундан сўнг хлорид кислотанинг 2N эритмасидан 6-8 томчи қўшилади ва чиқаётган  $\text{CO}_2$  газ ўтказувчи най орқали оҳакли сувдан ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойҳаланиши  $\text{CO}_3^{2-}$  иони борлигини билдиради.

**3. Силикат аниони  $\text{SiO}_3^{2-}$  ни топиш.** Чўкма(I) хлорид кислотада тўлиқ эримаса, силикат кислота чўкмаси ҳосил бўлган ва текширилаётган аралашмада  $\text{SiO}_3^{2-}$  аниони борлигини билдиради. Силикат кислота чўкмаси (чўкма II) центрифугада ажратилади ва центрифугат (II) дан  $\text{PO}_4^{3-}$  аниони бор-йўқлиги аниқланади.

**4. Фосфат аниони  $\text{PO}_4^{3-}$  ни топиш.** Центрифугат (II)га таркибидаги  $\text{Ca}^{2+}$  катионларини ( $\text{PO}_4^{3-}$  ни аниқлашга ҳалалит берувчи) чўкмага ўтказиш учун  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  қўшилади. Ҳосил бўлган калций оксалат чўкмаси (III)ни ажратилади ва центрифугат (III)дан  $\text{PO}_4^{3-}$  иони топилади. Пробиркага

аммоний молибдат эритмасидан 7-8 томчи олинади ва  $\text{HNO}_3$ -нинг 6N эритмасидан 6-7 томчи, центрифугатдан 5-6 томчи қўшилади, озгина иситилади.  $\text{PO}_4^{3-}$  анионлари бор бўлса, аммоний молибдофосфатнинг сариқ чўкмаси ҳосил бўлади.

**5. Сульфат аниони  $\text{SO}_4^{2-}$  ни топиш.** Центрифугат (I)дан 2-3 томчиси кислотали муҳитга келтирилади. Бундай шароитда  $\text{BaCl}_2$  бошқа анионлари билан чўкма ҳосил қилмайди. Кислотали муҳитга келтирилган эритмага 1-2 томчи  $\text{BaCl}_2$  эритмасидан қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши текшири-лаётган аралшамда  $\text{SO}_4^{2-}$  аниони борлигини билдиради.

**6. Сульфид аниони  $\text{S}^{2-}$  ни топиш.** Пробиркага 5-6 томчи центрифугат (I)дан солинади ва 1 томчи рух хлориднинг  $\text{NH}_4\text{OH}$  даги эритмасидан қўшилади. Оқ рангли  $\text{ZnS}$  чўкма-сининг ҳосил бўлиши текшири-лаётган аралашмада  $\text{S}^{2-}$  иони мавжудлигини кўрсатади.

Агар  $\text{S}^{2-}$  иони борлиги аниқланса конуссимон пробир-кадаги центрифугат (I)нинг қолган қисмига  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  иони бўлган аммиакли эритмадан чўкма ҳосил бўлиши ту-гагунча томчилатиб қўшилади: чўкма (IV) ажратиб олина-ди ва центрифугат (IV) текширилади.

Чўкма (IV) $\text{ZnS}$	Центрифугат (IV) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , Cl, Br, J
-------------------------	--

**7. Тиосульфат аниони  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ни топиш.** Центрифугат (IV)дан 2-3 томчи олинади,  $\text{HCl}$  нинг 6N эритмасидан бир неча том-чи қўшилиб, кислотали муҳит ҳосил қилинади ва 2-3 минут сув ҳаммомида иситилади. Олтингугуртнинг чўкиши ва  $\text{SO}_2$  нинг ажралиб чиқиши  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  аниони борлигини кўрсатади.

**8. Йодид аниони J ни топиш.** Центрифугат (IV)дан 2-3 томчи олинади ва крахмал эритмаси,  $\text{KNO}_2$  эритмаси ҳамда сирка кислота эритмасидан 2 томчидан қўшилади. Эритма-нинг кўк рангга кириши J аниони борлигини билдиради.

$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ва J ионлари топилган бўлса, бу ионларни центрифугат (IV) дан ажратилади. Бунинг учун центрифугатнинг қолган қисмига  $\text{HNO}_3$  нинг 3N эритмасидан 5-6 томчи ва  $\text{KNO}_2$  нинг тўйинган эритмасидан томчилатиб қўшилади. Йодид ва тиосульфат ионларининг оксидланиши юз беради. Эритмани йодни йўқотиш учун иситилади. Чўкма (V)га тушган олтингугуртни центрифугат (V)дан ажратилади.

Центрифугат (V)га томчилатиб  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан чўкма ҳосил бўлиши тугагунча қўшилади. Чўкма (VI) центрифугатда ажратилади.

Чўкма (VI)ни икки марта дистилланган сув билан ювилади ва ундан Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> ионлари топилади.

**9. Хлорид аниони Cl<sup>-</sup> ни Br<sup>-</sup> ионидан ажратиш.** Ювилган чўкма (VI)га 1-2 мл 12%ли (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> эритмаси ёки шунча ҳажмдаги Фаурголт реактиви (NH<sub>4</sub>OH+AgNO<sub>3</sub>+KNO<sub>3</sub> аралашмаси) қўшиб, чайқатилади. Натижада, AgCl аммиакли комплекс ҳосил қилиб эритмага ўтади. Чўкмада AgBr қолади. Бу чўкма (VII)дан центрифугат (VII) ажратилади.

**10. Хлорид аниони Cl<sup>-</sup> ни топиш.** Центрифугат (VII)ни бир қисмига нитрат кислотадан бир неча томчи қўшилади, қолган қисмига бир неча томчи KI эритмасидан томизилади. Биринчи пробиркада эритманинг лойҳаланиши, иккинчи пробиркада сариқ чўкманинг ҳосил бўлиши текшириладиган аралашмада Cl<sup>-</sup> иони борлигини кўрсатади.

**11. Бромид аниони Br<sup>-</sup> ни топиш.** Чўкма (VII)га 25% ли аммиак эритмаси қўшиб, чайқатилади. Натижада, AgBr аммиакли комплекс [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]Br ҳосил қилиб эрийди. Бу комплекс бирикма эритмасига бир неча томчи нитрат кислота томизилади. Оч сариқ рангли чўкманинг ҳосил бўлиши Br<sup>-</sup> иони борлигидан далолат беради.

## Саволлар

1. Нима сабабдан II гуруҳ анионлари учун AgNO<sub>3</sub> нитрат кислота иштирокида умумий гуруҳ реагенти ҳисобланади?
2. Қайси анионлар суюлтирилган HCl ёки суюлтирилган H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> таъсирида газлар ажратиб чиқаради?
3. Калий перманганат KMnO<sub>4</sub> эритмасини қайси анионлар рангсизлантиради? Реакция тенгламаларини ёзинг.
4. Кислотали муҳитда KI эритмасидан қайси анионлар эркин I<sub>2</sub> ни ажратиб чиқаради? Реакция тенгламаларини ёзинг.
5. II гуруҳ анионларини топишда ишлатиладиган ўзига хос хусусий реакцияларни тавсифланг.
6. Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> ва I<sup>-</sup> ионлари бир эритмада мавжуд бўлганида, уларни бир-биридан ажратиш ва бор-йўқлигини аниқлаш учун қандай реакциялардан фойдаланилади?

7. Иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартибини тушунтиринг.

### Тестлар

1. II гуруҳ катионларига қайси катионлар киритилади?  
А) Нитрат, нитрит, ацетат анионлари;  
В) Йодид, бромид, хлорид, сулфид анионлари;  
С) Сулфат, сулфит, карбонат, фосфат, силикат анионлари;

Д) Нитрат, хлорид, бромид анионлари;  
Е) Ацетат, йодид, сулфид, силикат, фосфат анионлари.

2. Йодид, бромид, сулфид ва хлорид анионларининг гуруҳ реагенти қайси ҳисобланади?

А) Барий хлорид;  
В) Магний хлорид;  
С) Суюлтирилган нитрат кислота иштирокидаги кумуш нитрат;

Д) Гуруҳ реагенти йўқ;  
Е) Калий йодид.

3. Реакцион аралашмага кумуш нитрат таъсир эттирилганда биринчи бўлиб қайси анион чўқади?

А) Йодид аниони;  
В) Бромид аниони;  
С) Хлорид аниони;  
Д) Роданид аниони;  
Е) Сулфид аниони.

4. Галогенидлар ва сулфид анионлари бўлган реакцион аралашмага хлорли сув қўшилганда, анионларнинг оксидланиш жараёнлари қандай кетма-кетликда боради?

А) Сулфид, йодид, бромид;  
В) Йодид, бромид, сулфид;  
С) Бромид, йодид, сулфид;  
Д) Сулфид, бромид, йодид;  
Е) Йодид, сулфид, бромид.

5. Бром аниони сақловчи аралашмага хлорли сув қўшилганда бензол ҳалқаси қандай рангга бўялади?

А) Бинафша;



- В) Лимон рангига;
- С) Рангсиз;
- Д) Қизил-қўнғир;
- Е) Кўк.

6. Йод аниони бўлган аралашмага хлорли сув таъсир эттирилганда бензол ҳалқаси қандай тусга киради?

- А) Рангсиз;
- В) Лимон рангли сариқ;
- С) Қизил-қўнғир;
- Д) Ҳаворанг;
- Е) Бинафша.

7. Эритмада бром ва йод анионлари биргаликда бўлганда уларни қандай очиш мумкин?

- А) Бинафша ранг, сўнг сариқ ранг пайдо бўлиши;
- В) Сариқ ранг, сўнг бинафша ранг ҳосил бўлиши;
- С) Бинафша рангни қизил-қўнғир ранг орқали лимон тусига кириши;
- Д) Лимон рангини бинафша рангига ўтиши;
- Е) Қизил-қўнғир рангнинг рангсизланиши.

8. Йодид аниони кумуш нитрат ёрдамида аниқлашда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Сариқ чўкма тушади;
- В) Реакцион аралашма сариқ рангга киради;
- С) Оч-сариқ чўкма тушади;
- Д) Оқ чўкма тушади;
- Е) Қора чўкма тушади.

9. Бромид анионини кумуш нитрат билан топишда қандай аналитик эффект юз беради?

- А) Оқ чўкма;
- В) Оч-сариқ чўкма;
- С) Тўқ-сариқ чўкма;
- Д) Қора чўкма;
- Е) Эритма сариқ рангга киради.

10. Хлорид ва сулфид анионларини кумуш нитрат билан топишда қандай аналитик эффектлар кузатилади?

- А) Мутаносиб ҳолда қора ва оқ чўкма;

- В) Оқ чўкмалар;
- С) Мутаносиб равишда оқ ва қора чўкма;
- Д) Қора чўкмалар;
- Е) Қизил-қўнғир чўкмалар.

11. Хлорид анионини кислотали муҳитда қўрғошин (IV) оксид билан топишдаги борадиган оксидланиш-қайтарилиш реакциясининг тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 8;
- В) 9;
- С) 7;
- Д) 10;
- Е) 11.

12. Йодид анионини кислотали муҳитда марганец (IV)-оксид ёрдамида топишда борадиган оксидланиш-қайтарилиш реакцияси тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 12;
- В) 9;
- С) 10;
- Д) 11;
- Е) 7.

13. Калий перманганат ёрдамида йодид ионини оксидлаш реакциясининг тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

- А) 41;
- В) 43;
- С) 39;
- Д) 40;
- Е) 28.

14. Сульфид анионини II гуруҳнинг бошқа ионлари иштирокида аниқлашга имкон берувчи реагентни кўрсатинг.

- А) Калий перманганат;
- В) Хлорли сув;
- С) Қўрғошин (II) ацетат;
- Д) Нитритлар;
- Е) Натрий нитропруссид.

## **XVI БОБ. АНИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҶИ**

### **16.1. Учинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи**

Анионларнинг III аналитик гуруҳига нитрат иони  $\text{NO}_3^-$ , нитрит иони  $\text{NO}_2^-$ , ацетат иони  $\text{CH}_3\text{COO}$  ва бошқа ионлар киради. Бу анионларнинг тузлари, жумладан, барийли ва кумушли тузлари ҳам сувда яхши эрийди. III гуруҳ анионларининг умумий гуруҳ реагенти йўқ.

Ўсимликлар учун муҳим озиқланиш элементларидан бири азот ҳисобланади. Тупроқ таркибидаги азот ўсимликлар ўзлаштириши мумкин бўлмаган бирикмалар ҳолида бўлиб, улар ўзлаштира оладиган нитратлар ва аммоний тузлари азотнинг умумий қисмининг 2-3% ни ташкил қилади. Тупроқ таркибидаги нитратлар миқдорини тупроқнинг сувли сўримида аниқлаш йўли билан ўсимликларнинг азот элементи билан таъминланиш даражаси аниқланади.

Нитратлар кўпчилик минерал ўғитлар таркибига киради, чунончи натрийли  $\text{NaNO}_3$ , калийли  $\text{KNO}_3$ , аммонийли  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , калцийли селитра  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  лар, таркибида бўлади.

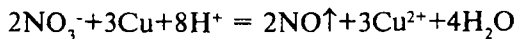
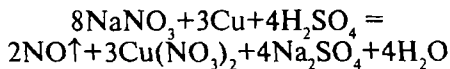
Нитритлар, нитратлардан фарқли ўлароқ, жуда заҳарли ва сувни кишлоқ хўжалик ҳайвонлари ва ўсимликлар учун яроқсиз ҳолга келтиради.

Ацетат анионлари кўпчилик доривор моддалар таркибида учрайди.

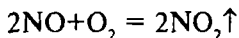
### **16.2. Нитрат аниони $\text{NO}_3^-$ нинг хусусий реакциялари**

Таҷрибаларни бажаришда сувда яхши эрийдиган нитрат тузларининг рангсиз эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Мис метали** концентрланган сулфат кислота иштирокида нитрат-ион  $\text{NO}_3^-$  ни азот (II) оксидгача қайтариши мумкин:



Ҳосил бўлган азот (II) оксиди ҳаво кислороди таъсирида қўнғир тусли азот (IV) оксидгача оксидланади.



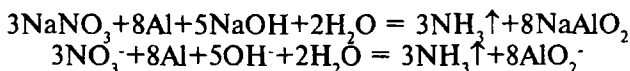
Пробиркадаги 2-3 томчи натрий нитрат эритмасига концентранланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан 1-2 томчи қўшилади, бир бўлак мис метали тушириб, қиздирилади. Қўнғир рангли газ-азот диоксиди ажралиб чиқиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

– мис бўлаклари тозаланган ва ёғсизлантирилган бўлиши керак;

– эритмада нитрит ионлари бўлса, реакцияни ўтказишга ҳалақит беради; бу ионларни  $\text{NH}_4\text{Cl}$  қўшиб қиздириш билан йўқотилади.

2. **Алюминий метали** кучли ишқорий муҳитда нитрат ионларини аммиакгача қайтаради:



Пробиркага 4 томчи натрий нитрат эритмасидан солинади, натрий гидроксиднинг 6N эритмасидан 1-2 томчи қўшиб, бир бўлак алюминий метали солинади ва иситилади. Пробиркага оғзига намланган қизил лакмус қоғози тутилади. Унинг кўкариши кузатилади.

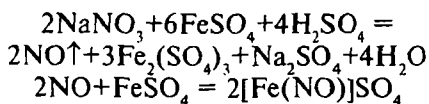
Реакцияни ўтказиш шароити:

– қайтариш жараёни унчалик кучли бўлмаган ишқорий муҳитда (жараён шиддатли бормаслиги учун) бажарилади;

– эритмада  $\text{NH}_4^+$  ионлари бўлса, олдиндан ишқор қўшиб қиздириш йўли билан йўқотилади;

– эритмада  $\text{NO}_2^-$  анионини бўлиши ҳам  $\text{NO}_3^-$  анионини топишга ҳалақит беради.

3. **Темир (II) сульфат** нитрат анион  $\text{NO}_3^-$  билан концентранланган сульфат кислота иштирокида қўнғир рангли комплекс туз  $[\text{Fe}(\text{NO})]\text{SO}_4$  ни ҳосил қилади:



Пробиркага 2 томчи натрий нитрат эритмасидан солиб, устига  $\text{FeSO}_4$  нинг кристаллини туширилади. Сўнгра оқисталик билан пробирка девори бўйлаб 1 томчи концентрланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан қуйилади. Кристалл атрофида комплекс бирикма ҳосил бўлиш ҳисобига қўнғир ҳалқа ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

– реакцияни кучли кислотали муҳитда  $\text{FeSO}_4$  кристалларидан ёки унинг концентрланган эритмасидан фойдаланиб ўтказилади;

–  $\text{FeSO}_4$  билан нитритлар ҳам таъсирлашади. Шу сабабли нитритлар даставвал парчалаб юборилиши керак;

– ҳосил бўладиган комплекс бирикма беқарор ва иситилганда парчаланиб кетади. Шунинг учун реакция совуқда ўтказилади.

4. **Дифениламин**  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$  нитрат ион  $\text{NO}_3$  ни билан тўқ кўк рангли маҳсулот ҳосил қилади. Тоза ва қуруқ соат ойнасига дифениламиннинг концентрланган сульфат кислотасидаги эритмасидан 3-4 томчи томизилади. Унга шиша таёқча билан нитрат эритмасидан 1 томчи қўшиб, аралаштирилади.  $\text{NO}_3$  аниони иштирокида дифениламиннинг оксидланиши ҳисобига эритма тўқ кўк рангга киради.  $\text{NO}_2$  аниони ҳам шундай ранг беради.

Тажрибани бажариш шароити:

– оксидловчилар ва концентрланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  таъсирида  $\text{I}_2$  гача оксидланувчи йодид ионлари реакция ўтказишга ҳалақит беради;

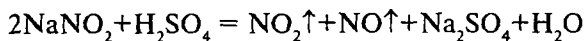
– анион қайтарувчилар  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  ва бошқалар ҳам  $\text{NO}_3$  анионини топишга ҳалақит беради;

– реакция бажариш учун текшириладиган модданинг суюлтирилган эритмаларини олган маъқул.

### 16.3. Нитрит аниони $\text{NO}_2$ нинг хусусий реакциялари

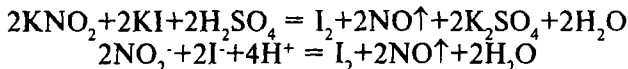
Реакцияларни ўтказишда  $\text{NaNO}_2$  ёки  $\text{KNO}_2$  нинг сувдаги эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Суюлтирилган кислоталар** нитритларни парчалайди, бунда қўнғир азот (IV) оксиди ажралиб чиқади:



Натрий нитритнинг 6-8 томчисига сульфат кислотанинг суюлтирилган эритмасидан 5-6 томчи қўшилади. Қўнғир рангли азот диоксиди ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Калий йодид KI** сульфат кислотанинг суюлтирилган эритмаси иштирокида нитритлар таъсирида эркин йод-гача оксидланади.



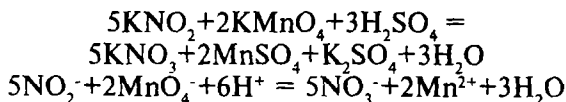
Пробиркага 2-3 томчи калий нитрит эритмасидан солиб, устига  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 2N эритмасидан шунча томчи қўшилади. Сўнг калий йодид эритмасидан 2-3 томчи ва 1-2 томчи бензол (бензин) ёки крахмал эритмаси қўшилади. Ажралиб чиққан йод бензолни бинафша тусга киритади, крахмал эса йод билан қўқ ранг ҳосил қилади.

Реакцияни бажариш шароити:

– реакцияни кучсиз кислотали муҳитда хона ҳароратида ўтказилади, чунки иситилганда йод-крахмалли эритма рангсизланади;

– нитрат аниони айна шароитда Вг ионларини оксидламайди.

3. **Калий перманганат  $\text{KMnO}_4$**  кислотали муҳитда  $\text{NO}_2^-$  ионларини  $\text{NO}_3^-$  ионларигача оксидлайди, бунда эритманинг қизил-пушти ранги йўқолиб, рангсизланади:



Пробиркага 3-5 томчи  $\text{KMnO}_4$  эритмасидан ва суюлтирилган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан 2-3 томчи солиб, аралашма 50-60°C гача сув ҳаммомида иситилади. Кейин 5-6 томчи  $\text{KNO}_2$  эритмаси қўшилади. Бунда  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг рангсизланиши кузатилади.

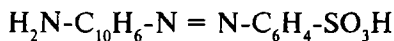
Реакцияни ўтказиш шароити:

– эритманинг рН қиймати 7 дан бир оз кичик бўлиши керак;

– иситиш (қайнагунча эмас) реакциянинг боришига имконият яратади.

– перманганат томонидан оксидланувчи бошқа қайтарувчилар  $\text{NO}_2$  ни топишга ҳалақит беради.

4. **Сулфанил кислота  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{H}$  ва  $\alpha$ -нафтиламин  $\text{C}_{10}\text{H}_7-\text{NH}_2$  нитрит-ионлари билан ўзаро таъсирлашганда қизил рангли бўёқ ҳосил қилади:**



$\text{NO}_2$  -иони бор нейтрал ёки сирка кислотали эритманинг бир томчисини соат ойнасига томизиб, устига бир томчидан сулфанил кислота ва нафтиламин эритмаларидан томизилади.  $\text{NO}_2$  иони иштирокида ўзига ҳос қизил ранг пайдо бўлади.

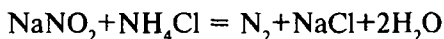
Реакциянинг бориш шароити:

– нитрит  $\text{NO}_2$  ионни оксидлаши мумкин бўлган оксидловчиларнинг эритмада иштироки реакцияни бажаришга ҳалақит беради;

– реакцияни  $\text{NO}_2$  анионининг концентрацияси кам бўлган эритмалар билан ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади;

– бу реакция нитрат аниони  $\text{NO}_3$  учун хос эмас.

5. **Нитрит ион  $\text{NO}_2$  ни йўқотиш**  $\text{NO}_2$  аниони нитрат аниони билан кўп умумий реакцияларга эга. Шу сабабли  $\text{NO}_3$  анионларни топишда кўпгина ҳолларда нитрит ионларини олдин йўқотишга тўғри келади. Бунга нитрит ионлари бўлган эритмага қаттиқ ҳолдаги аммоний хлорид ёки аммоний сульфат қўшиб қиздириш йўли билан эришилади. Ҳосил бўладиган  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  эркин азот ҳосил қилиб тўлиқ парчаланadi:

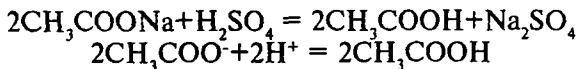


Пробиркадаги нитрит эритмасининг 3–4 томчисига аммоний хлорид кристалларидан солинади ва сув ҳаммомида 5–6 минут иситилади.  $\text{NO}_2$  ионларининг тўлиқ йўқолганлиги калий перманганат билан бўладиган ёки крахмал эритмаси қўшилган  $\text{KI}$  эритмаси билан бўладиган реакция асосида текшириб кўрилади.

## 16.4. Ацетат аниони $\text{CH}_3\text{COO}^-$ нинг хусусий реакциялари

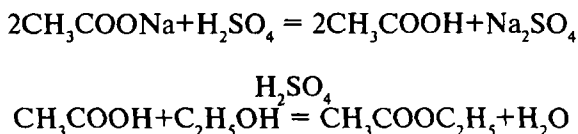
Тажрибалар сувда эрийдиган сирка кислота тузлари билан бажарилади.

1. **Сулфат кислота** ацетатлар билан реакцияга киришиб, улардан эркин сирка кислотани сиқиб чиқаради. Ажралган сирка кислота текширилаётган эритма иситилганда буғланиб, ўзига хос сирка ҳидини ҳосил қилади.



Пробиркага 5-6 томчи натрий ацетат эритмасидан солиб, устига 2 томчи концентрланган сулфат кислота томизилади. Аралашма эҳтиётлик билан иситилади. Ҳосил бўлган сирка кислота ҳидидан билинади.

2. **Этил спирти  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$**  ацетат эритмалари билан концентраланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  иштирокида эфир ҳосил қилади. Ҳосил бўлган эфирни ўзига хос ҳидидан билиш мумкин:



Пробиркага 0,5 мл натрий ацетат эритмасидан солиб, устига 1 мл этил спирти ва 0,5 мл концентрланган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  дан қўшамиз ва пробирка ичидагиси билан иситилади. Ҳосил бўлган этилацетат эфирини хушбуй ҳидидан билиш мумкин.

Реакцияни ўтказиш шароити:

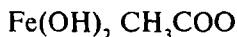
– реакция кучли кислотали муҳитда ўтказилади;  
– эритмани иситиш эфир ҳосил бўлиш реакциясини тезлаштиради;

– эритмада кумуш нитрат ёки сулфат (катализатор) ни иштироки реакцияни жадаллаштиради. Шунинг учун реакция аралашмага бу моддалардан бирортасини кичик кристаллини ташлаш тавсия қилинади.

3. **Темир (III) хлорид  $\text{FeCl}_3$**  ацетат эритмалари билан таъсирлашиб, қизил-чой рангидаги комплекс ҳосил қила-



ди. Бу комплекс суюлтирилганда ва қиздирилганда гидролизга учраб, қизил-қўнғир рангли темир (II) нинг асосли ацетат тузи чўкмасини ҳосил қилади:



Пробиркадаги 5-6 томчи ацетат тузи эритмасига шунча томчи темир (III) хлорид  $\text{FeCl}_3$  эритмасидан қўшилади ва иситилади.

Бунда қизил-қўнғир рангли темирнинг асосли ацетат тузи чўкмага тушади.

Реакциянинг ўтказиш шароити:

- реакция эритма муҳитининг  $\text{pH}=5-8$  бўлганда боради;
- ацетат-анионни бу реакция ёрдамида топишга  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  анионлари ҳалақит беради. Уларни барий хлорид ва кумуш нитрат ёрдамида чўктириб, ажратилади.

## 16.5. Иккинчи ва учинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

1. **Иккинчи гуруҳ анионлари борлигини топиш.** Дастлаб иккинчи гуруҳ анионларининг борлиги аниқланади. Бу мақсадда текшириладиган эритмани 2-3 томчисига  $\text{HNO}_3$  нинг 2N эритмасидан 3-4 томчи ва гуруҳ реагенти  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Чўкма ҳосил бўлиши иккинчи гуруҳ анионлари борлигини кўрсатади. Агар чўкма қора рангда бўлса, унда сульфид  $\text{S}^{2-}$  аниони борлигини билдиради.

Шундан сўнг, текшириладиган эритмадан 25-30 томчи олиб тўлиқ чўктиришга эришилгач, чўкма (I) центрифугаланиб, центрифугат (I) дан ажратилади.

2. **Кумуш хлоридни эритиш ва Cl анионини топиш.** Олинган чўкма (I) таркибида  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$  ва  $\text{Ag}_2\text{S}$  бўлади. Бу чўкмани 1-2 мл 12% ли  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  эритмаси ёки шунча ҳажмдаги Фаурголт реактиви эритмаси таъсир эттирилиб ишлов берилади. Бунда чўкмадаги  $\text{AgCl}$  эритмага комплекс туз-диаминоаргентат хлорид  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  ҳолида ўтади. Центрифугат (II) ни чўкма (II) дан ажратилади. Центрифугат (II) ни икки қисмга бўлиб, биринчи пробиркадаги қисми-

га бир неча томчи нитрат кислота, иккинчи пробиркада-гисига калий йодид эритмаси қўшилади.

Биринчи эритманинг лойиҳаланиши ва иккинчи эритмадан жадал чўкма тушиши хлорид-ионлари борлигидан далолат беради.

**3. Кумуш бромид ва йодидни эритиш ва бромид ҳамда йодид анионларни топиш.** Чўкма (II)га 4-5 томчи  $H_2SO_4$  нинг 2 N эритмасидан ва оз миқдорда рух кукуни қўшилади ва сув ҳаммомида газ чиқиши тўхтагунча иситилади. Чўкма (III) (рухнинг ортиқчаси ва эркин кумуш метали) центрифугада ажратилиб ташлаб юборилади (текширилмайди). Центрифугат (III) таркибидаги бромид ва йодид анионлари аралашмасига бир неча томчи хлорли сув ва бензол қўшилади. Эритма рангининг бинафша ранги бўялиши, сўнг қизил-кўнғир рангга ўтиши текшириляётган аралашмада бромид ва йодид анионлари борлигидан далолат беради.

**4. III гуруҳ анионларини топиш.** Текшириляётган эритмада сульфид  $S^{2-}$  анионлари бўлса, уни III гуруҳ анионларини топишдан олдин йўқотилиши керак. Бунинг учун центрифугат (II)нинг бир неча томчисига (8-9 томчи)  $ZnSO_4$  эритмаси таъсир этирилади. Чўкма (IV) ажратиб олинади ва текширилмайди. Чўкма (IV) устидаги центрифугат (IV) таркибидан (айрим-айрим улушларидан) III гуруҳ анионлари топилади.

**5. Нитрат-анион  $NO_2^-$  ни топиш.** Центрифугат ((IV))дан 5-6 томчи олиб,  $H_2SO_4$  нинг 2 N эритмасидан 2-3 томчи, KI нинг 10% ли эритмасидан 4-5 томчи ва бир неча томчи крахмал клейстридан қўшилади ва аралаштирилади.  $NO_2^-$  иони иштирокида эритма тўқ кўк тусга киради.

**6. Нитрат анион  $NO_3^-$  ни аниқлаш.** Текшириляётган эритмада нитрат иони борлиги аниқланса, уни эритмадан йўқотиш керак бўлади. Бунинг учун пробиркага текшириляётган эритмадан 5-6 томчи солинади, устига  $NH_4Cl$  кристалларидан бир нечаси ташланади ва газ ( $N_2$ ) чиқиши тўхтагунча иситилади. Сўнгра  $NO_3^-$  учун реакция бажарилади. Шиша пластинкага дифениламиннинг концентранланган  $H_2SO_4$  даги эритмасидан 2-3 томчиси жойлаштирилади. Унга шиша таёқча ёрдамида 1-томчи текшириляётган эритмадан қўшилиб, аралаштирилади.  $NO_3^-$  иони бўлса, тўқ кўк ранг пайдо бўлади.

**7. Ацетат анионни  $CH_3COO^-$  ни топиш.** Ацетат аниони хусусий реакциялар ёрдамида (16.4-га қаранг) аниқланади.

## 16.6. I, II ва III гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби

Ишқорий металлларнинг тузларидан ташкил топган, текширилаётган эритмадан 30-томчи (1,5 мл) олиб, анализ қилинади. Эритманинг қолган қисми текширишнинг охиригача ва иш натижаларини топширгунча сақланади.

**I. Дастлабки синовлар:** Эритмани муҳити универсал индикатор қоғози билан ўлчаб кўрилади.

### 1. Биринчи гуруҳ анионлари борлигини текшириш.

Эритманинг муҳити кислотали бўлса, бу Ва (ОН)<sub>2</sub> эритмаси билан нейтраланиб, рН=7-9 га етказилади. Нейтрал ёки кучсиз ишқорий эритмадан 4-5 томчи олиб, шунча ҳажмда барий хлорид эритмаси қўшилади. Чўкма ҳосил бўлиши биринчи гуруҳ анионлари борлигини кўрсатади. Бундай ҳолда биринчи гуруҳнинг ҳар бир аниони учун хуссий реакциялар қилиб кўрилади.

### 2. Иккинчи гуруҳ анионлари борлигини текшириш.

Текширилаётган эритманинг 4-5 томчисига бир неча томчи нитрат кислота ва кумуш нитратнинг эритмасидан 4-5 томчи қўшилади. Чўкма ҳосил бўлса, иккинчи гуруҳ анионлари топилади.

**3. Анион-оксидловчилар борлигини текшириш.** Текширилаётган эритманинг 5-6 томчисига сульфат кислотанинг 2N эритмасидан кислотали муҳит ҳосил қилиш учун қўшилади. Сўнг KI эритмасидан 2-3 томчи ва крахмал клейстридан бир неча томчи қўшилади. Анион-оксидловчи NO<sub>3</sub> бўлса эритма кўк ранга киради.

**4. Анион-қайтарувчилар борлигини синаб кўриш.** Текширилаётган эритманинг 5-6 томчисига H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> нинг 1N эритмасидан 2 томчи қўшилади. Сўнг KMnO<sub>4</sub> нинг суюлтирилган эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Агар калий перманганат эритмаси рангсизланса, текширилаётган эритмада анион-қайтарувчилар — SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> (Cl<sup>-</sup> ҳам) бўлиши мумкин.

**5. Газлар ажралишини синаб кўриш.** Текширилаётган эритманинг 3-4 томчисига H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> нинг 4 N эритмасидан 3 томчи қўшилиб, пробирка секин чайқатилади. Газлар ажралиши сезиларли бўлмаса, эритма оҳиста иситилади. Газ пуфакчаларининг ажралиши эритмада CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> анионлари бўлиши мумкинлигини билдиради. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,

$\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$  газларининг ҳоссалари (ҳиди, ранги)га қараб, уларнинг мумкин бўлган таркибини аниқланади.

Шундай қилиб, дастлабки синовлар асосида, текширилаётган эритма таркибида қандай анионлар бўлиши мумкинлиги тўғрисида хулоса чиқарилади. Шундай кейингина айрим анионларни текширилаётган эритмадан топишга киришилади.

II Айрим анионларни топиш.

1. **Сулфат-ион  $\text{SO}_4^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритманинг айрим улушидан олиб 2-3 томчи олиб, кислотали муҳит ҳосил қилиш учун хлорид кислота қўшилади ва 2-3 томчи барий хлорид эритмасидан қўшилади. Сувда ва суюлтирилган кислоталарда эримайдиган оқ чўкма ҳосил бўлиши  $\text{SO}_4^{2-}$  аниони борлигидан далолат беради.

2. **Сулфит – ион  $\text{SO}_3^{2-}$  ни топиш.** Эритманинг айрим улушидан топилади. Эритманинг 2-3 томчисига  $\text{H}_2\text{SO}_4$  қўшилади ва иситилади. Ажралиб чиқаётган  $\text{SO}_2$  гази калий перманганат эритмаси орқали ўтказилади ва бу эритманинг рангсизланиши  $\text{SO}_3^{2-}$  аниони борлигини кўрсатади.

Агар эритмада  $\text{NO}_2^-$  ва  $\text{S}^{2-}$  анионлари бўлса, уларни йўқотиш зарур, чунки улар  $\text{SO}_3^{2-}$  ионини аниқлашга ҳалақит беради. Ёки текширилаётган эритмадан 4 томчи олиб, шунча томчи  $\text{BaCl}_2$  эритмаси қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма центрифугада ажратиб олинади, сув билан ювилади ва чўкмага 2-3 томчи  $\text{HCl}$  нинг 2 N эритмасидан қўшилади. Ажралиб чиқаётган газни  $\text{KMnO}_4$  эритмасидан ўтказиш орқали  $\text{SO}_2$  гази эканлиги аниқланади.

3. **Карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритманинг айрим улушидан  $\text{CO}_3^{2-}$  аниони топилади. Агар эритмада  $\text{SO}_3^{2-}$  аниони борлиги аниқланган бўлса, уни даставвал  $\text{SO}_4^{2-}$  анионигача оксидлаш керак. Бунинг учун текширилаётган эритманинг 2-3 томчисига 8% ли водород пероксид эритмаси қўшилиб, сув ҳаммомида иситилади. Шундан сўнг  $\text{CO}_3^{2-}$  ни хусусий реакциялари асосида топилади (14.4 - бўйича).

4. **Силикат ион  $\text{SiO}_3^{2-}$  ни топиш.** Текшириладиган эритманинг айрим улушидан  $\text{SiO}_3^{2-}$  анионини топиш учун 3-4 томчи эритмага 3-томчи аммоний хлорид ёки хлорид кислота таъсир эттирилади. Сув ҳаммомида 2-3 минут иситилади.  $\text{SiO}_3^{2-}$  аниони иштирокида оқ ивиқ чўкма ҳосил бўлади.

5. **Фосфат ион  $\text{PO}_4^{3-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритмада иккинчи гуруҳ анионлари бўлса  $\text{PO}_4^{3-}$  анионини топиш

қуйидаги тартибда амалга оширилади. Текширилаётган эритмадан 3-4 томчи олиб, шунча миқдорда  $\text{BaCl}_2$  эритмаси қўшилади. Чўкмани ажратиб олиб, сув билан ювилади ва  $\text{HCl}$  нинг 2N эритмаси қўшилиб, эритилади. Олинган эритмани аммиак билан  $\text{pH} = 7-8$  бўлгунча нейтралланади, сўнг бир неча  $\text{NH}_4\text{Cl}$  кристалларидан қўшилади, озгина иситилади. Агар силикат кислота чўкмаси ҳосил бўлса, эритма филтрлаб, ажратиб олинади. Эритмадан  $\text{PO}_4^{3-}$  анионларини топиш учун молибден суюқлигидан ортиқча қўшилади, сув ҳаммомида иситилади. Эритма таркибида  $\text{PO}_4^{3-}$  анионлари бўлса сариқ чўкма тушади. (14.5 га қаранг).

**6. Сульфид иони  $\text{S}^{2-}$  ни топиш.** Текширилаётган эритмани ишқорий муҳитга келтириб, унинг 1 томчисига натрий нитропруссид эритмасидан 1 томчи қўшилади.  $\text{S}^{2-}$  иони иштирокида бинафша-қизил ранг пайдо бўлади.

Сульфид  $\text{S}^{2-}$  ионлари хлор, бром ва иод ионларини топишга ҳалақит беради. Шу сабабли  $\text{S}^{2-}$  ионларини йўқотиш учун нейтрал ёки кучсиз ишқорий текширилаётган эритмадан 5-6 томчи олиб,  $\text{ZnSO}_4$  эритмаси қўшилади ва иситилади. Ҳосил бўлган рух сульфид  $\text{ZnS}$  чўкмаси центрифугаланиб ажратиб ташланади ва центрифугатдан  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , ва  $\text{I}^-$  ионлари топилади.

**7. Хлорид иони  $\text{Cl}^-$  ни, Бром иони ва Иод ионини топиш.** Қайтарувчи анионлар:  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  ва  $\text{S}^{2-}$  - ионлари  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ , ва  $\text{I}^-$  ионларини топишга ҳалақит бермайди, чунки уларни кумуш нитрат таъсирида чўктирилган чўкмадаги кумуш галогенидлардан 16.5 да кўрсатилган тартибда топилади.

**8. III гуруҳ анионлари  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ларни топиш ҳам 16.5 да кўрсатилган тартибда топилиши мумкин.**

## Саволлар

1. III аналитик гуруҳга қайси анионлар киради ва уларни шу гуруҳга нима асосда киритилган?

2. Учинчи гуруҳ анионларининг нима учун умумгуруҳ реагенти йўқ ҳисобланади?

3. Нитрат анионини қандай хусусий реакциялар ёрдамида топиш мумкин?

4. Ацетат аниони учун хос бўлган реакцияларни тушунтиринг ва реакция тенгламаларини тузинг.

5. Нитрит анионига хос бўлган хусусий реакцияларни тушунтиринг.

6. Нитрат иони қандай қилиб нитрит иони иштирокида топилади? Реакция тенгламаларини ёзинг.

7. Эритмадан  $\text{NO}_2$  анионини қандай қилиб йўқотиш мумкин?

8. Куйидаги реакциянинг молекуляр тенгламасини тузинг.  $\text{MnO}_4^- + \text{NO}_2^- + \text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

9. Учинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартибини тушунтиринг.

10. Қандай қилиб хлорид, бромид ва йодид анионларини сульфид иони иштирокида топиш мумкин?

11. Биринчи гуруҳ анионлари бор-йўқлигини (аралашмада) қандай реакциялар ёрдамида билиш мумкин?

12. Аралашма таркибида иккинчи гуруҳ анионлари борлиги қандай текширилади?

## Тестлар

1. III гуруҳга қайси анионлар киради?

- А) Нитрат, хлорид, йодид, нитрит анионлари;
- В) Сульфат, карбонат, сульфит, сульфид анионлари;
- С) Нитрат, нитрит, ацетат анионлари;
- Д) Нитрат, бромид, хлорид, йодид анионлари;
- Е) Фосфат, нитрит, силикат, карбонат анионлари.

2. Темир (III) хлорид ёрдамида ацетат анионини топиш нимага асосланган?

- А) Эритма рангини ҳосил бўлувчи темир ацетат ҳисобига ўзгариши;
- В) Гидролиз жараёнида темир ацетатнинг асосли тузи ҳосил бўлиши ҳисобига;
- С) Темир ацетатнинг тўлиқ гидролизи натижасида темир гидроксиднинг чўкмаси ҳосил бўлишига;
- Д) Сирка кислотанинг ўзига хос ҳидига;
- Е) Темир (III) ацетатнинг чўкмаси ҳосил бўлишига.

3. Нитрат ва нитрит анионларини дифениламин реагенти ёрдамида топишда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Эритма кўк рангга киради;
- В) Эритма сариқ тусга киради;
- С) Кўк чўкма;
- Д) Сариқ чўкма;
- Е) Кўнғир рангли газ ҳосил бўлади.

4. Нитрат анионини дифениламин билан топишда нитрит анионининг ҳалақит бериш таъсири қандай йўқотилади?

- А) Нитрит анионини йўқотиш учун реакцияон аралашмага кислота қўшиб, иситиш;
- В) Реакцион аралашмага аммоний хлорид кристаллари қўшиб иситиш;
- С) Реакцион аралашмани қайнатиш;
- Д) Реакцион аралашмага кислота ва аммоний хлорид кристаллари қўшиб, қиздириш;
- Е) Реакцион аралашмага ишқор қўшиб иситиш;

5. Нитрит анионини  $\text{NO}_3^-$  иони иштирокида қайси реагент билан топиш мумкин?

- А) Мис метали;
- В) Алюминий метали билан ишқорий муҳитда;
- С) Калий йодид билан ишқорий муҳитда;
- Д) Темир (III) хлорид эритмаси;
- Е) Сульфат кислота ва калий йодид, крахмал эритмаси.

6. Аралашмани муҳитини кислота билан  $\text{pH} < 7$  қилганда эркин йод ажралиб чиқса, реакцияон аралашмада қандай ионлар иштирок этади?

- А) Йодид ва нитрат анионлари;
- В) Йодид ва нитрит анионлари;
- С) Йодид ва хлорид анионлари;
- Д) Йодид аниони;
- Е) Йодид ва ацетат анионлари.

7. Агар натрийли тузи нейтрал муқитга эга бўлса, концентранган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ва мис метали таъсир эттирилса, эритма сариқ тусга кириб, қиздирилганда кўнғир газ чиқса, эритмада қандай анион бўлади?

- А) Нитрат;
- В) Бромид;

- С) Хлорид;
- Д) Йодид;
- Е) Ацетат.

8. Реакцион аралашмага сулфат кислота, калий йодид ва крахмал эритмаси қўшилганда аралашма кўкарса, реакцион аралашмада қандай анион бўлади?

- А) Нитрат;
- В) Сулфид;
- С) Нитрит;
- Д) Хлорид;
- Е) Ацетат.

9. Текширилаётган эритмага сулфат кислота ва калий перманганат эритмаси қўшилганда унинг рангсизланиши кузатилса, дастлабки эритмада қандай анионлар бўлишини аниқланг.

- А) Сулфит аниони;
- В) Карбонат аниони;
- С) Силикат аниони ва фосфат аниони;
- Д) Сулфит, нитрит, хлорид, бромид, йодид анионлари;
- Е) Ацетат ва карбонат анионлари.



## XVII БОБ. ҚУРУҚ МОДДА АНАЛИЗИ

### 17.1. Қуруқ моддани анализ қилишга тайёрлаш ва дастлабки синовлар

Қуруқ моддани, яъни тузлар аралашмасини сифат жиҳатдан анализ қилиш тартибини кўриб чиқамиз. Анализ учун қаттиқ ҳолатдаги моддадан, одатда 0,1-0,3 г олинади. Моддани анализга тайёрлаш уни чинни ҳавончада майдалашдан бошланади, чунки кукун ҳолидаги модда осон эрийди. Агар анализга берилган намуна майда кристаллар ҳолида бўлса, уни майдалашга ҳожат қолмайди, фақат уни шиша таёқча билан яхшилаб аралаштириш лозим. Майдаланган намуна уч қисмга бўлинади: бир қисми катионларни аниқлаш учун, иккинчи қисми анионларни топиш учун ишлатилса, учинчи қисми қисман дастлабки синовларга ишлатилади ва баъзи тажрибаларни қайта бажариш учун захирага қолдирилади.

Дастлабки синовлар баъзи бир ионларни систематик анализгача топишга ёрдам беради ва ишни енгиллаштиради. Дастлабки синовларда алангани бўйш реакциялари қилиб кўрилади. Бу синовларнинг натижалари систематик анализда тасдиқланиши керак.

Берилган намунанинг анализи унинг сувда эришини текширишдан бошланади. Бунинг учун модданинг бир неча заррачалари 10-12 томчи дистилланган сувда, аввал совуқда керак бўлса иситиб, эритиб кўрилади. Агар берилган модда намунаси сувда эримаса ёки ёмон эриса, унда шу модданинг олдин совуқда, кейин иситилган сирка кислотада, сўнг суюлтирилган ва концентрланган  $\text{HCl}$  да эриш-эримаслиги ва ниҳоят зар суви (1 мол конц.  $\text{HNO}_3$  + 3 мол конц  $\text{HCl}$ ) да эриши синаб кўрилади.

Кўпчилик анализ қилинадиган моддалар дистилланган сувда ва суюлтирилган хлорид кислотада эрийди, шу сабабли бу моддаларни концентрланган кислоталарда ёки зар сувида эритишга ҳожат қолмайди.

Модданинг эрувчанлиги текширувдан ўтказилгач, намунанинг биринчи қисми (0,03-0,1 г) конуссимон пробиркага солиниб, устига 1-3 мл. танланган эритувчи қўшиб, эритилади.

Берилган намунани хлорид кислотата эритиладиган бўлса, газлар ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ) ажралиб чиқишига эътибор беринг, чунки уларнинг чиқиши аралашма таркибида бир қатор анионлар ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) борлигини кўрсатади. Шунингдек, ҳосил қилинган эритманинг рангини кузатинг. Кучсиз кислотали эритмаларда  $\text{Fe}^{2+}$  оч-яшил тусга,  $\text{Fe}^{3+}$ -сарғиш,  $\text{Cr}^{3+}$ -яшил,  $\text{Cu}^{2+}$ -ҳаворанг,  $\text{Co}^{2+}$ -пушти,  $\text{CrO}_4^{2-}$ -сарик,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -қизил-олов рангига эга бўлади. Намунани эритишдан ҳосил бўлган эритмалар рангсиз бўлса, бу ионлар бўлмаслиги мумкин.

## 17.2. Куруқ модда таркибидаги катионларни топиш

Куруқ моддани эритилгандан сўнг, дастлаб ундан катионлар топилади, чунки баъзи катионларнинг бўлиши бир қатор анионларни модда таркибида йўқлиги тўғрисида хулоса чиқаришга ёрдам беради.

Куруқ модда эритмаси таркибида  $\text{PO}_4^{3-}$  анионларининг бўлиши катионларни топишга ҳалақит беради. III гуруҳ катионларини  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  таъсирида чўктиришда ишқорий эритмадан бир вақтнинг ўзида II гуруҳ катионлари ва магний катионини фосфатлари ҳам чўкмага тушиб қолади. Шундай қилиб  $\text{PO}_4^{3-}$  аниони иштирокида III гуруҳ катионларини II гуруҳ катионларидан ажратиб бўлмайди. Уларни ажратиш учун эритмадан  $\text{PO}_4^{3-}$  ни йўқотиш керак. Бунинг учун эритмада кислотали муҳит ( $\text{pH}=5$ ) мавжуд қиладиган ацетат буфер аралашма  $\text{CH}_3\text{COO}+\text{CH}_3\text{COONa}$  иштирокида  $\text{Fe}^{3+}$  тузлари билан  $\text{PO}_4^{3-}$  ни  $\text{FePO}_4$  ҳолда чўкмага туширилади.  $\text{PH}$  нинг бундай қийматида  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  ионлари ҳамда  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ва  $\text{Fe}^{2+}$  (яъни барча икки зарядли катионлар) эритмада қолади. Алюминий, хром фосфатлари, аксинча  $\text{FePO}_4$  билан бирга чўкмага тушади. Фосфат анионини тўлиқ чўкмага тушириш учун ортиқча  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари зарур бўлади. Ортиб қолган  $\text{Fe}^{3+}$  ни йўқотиш ва  $\text{FePO}_4$  ни тўлиқ ажратиб олиш учун эритма қайна-

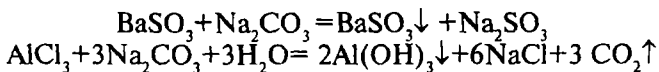
тилади. Бунда ортиқча  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари асосли ацетат ҳолида чўкмага тушади. Чўкма ажратиб олиниб  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  катионлари бор йўқлиги текширилади. Центрифугат таркибидаги бошқа катионлар борлиги I-V гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби бўйича топилади (13.6. бўйича).

### 17.3. Қуруқ модда таркибидаги анионларни топиш

Қуруқ модда эритмасидан катионларни топиш жараёнида йўл-йўлакай у ёки бу анионларнинг бор-йўқлиги тўғрисида маълумотга эга бўлиш мумкин. Қуруқ модда суюлтирилган хлорид ёки нитрат кислотада эритилган бўлса, ва бу эритмадан  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , ёки  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари аниқланган бўлса, ўз-ўзидан равшанки, текширилаётган эритмада  $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари бўлмайди. Нейтрал ёки ишқорий муҳитли эритмадан  $\text{Ba}^{2+}$  катионлари топилган бўлса, ишонч билан текширилаётган эритмада I гуруҳ анионларининг ҳаммаси йўқ деб айтиш мумкин бўлади. Чўкмаси бўлмаган эритмадан  $\text{Ag}^+$  катионлари топилса, II гуруҳ анионлари йўқлигини кўрсатади.  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  ва  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  анионлари борлиги катионларни анализ қилиш йўлида эритмани кислотали муҳитга келтиришда газлар ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ) ажралиб чиқишга қараб топилиши мумкин.

Текширилаётган қуруқ модда эритмасида айрим анионларнинг бор-йўқлиги ҳақида хулоса чиқарилгандан, унда бўлиши эҳтимоли тутилган анионларни топишга ўтилади.

Анионларни топиш учун қуруқ моддани махсус тайёрлаб олиш лозим. Анионларни фақат эритмада  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  ва  $\text{NH}_4^+$  катионлари иштирокидагина осон аниқлаш мумкин. Бошқа катионлар, яъни «оғир металлар»нинг катионлари –II-V гуруҳ катионлари  $\text{Mg}^{2+}$  катиони билан биргаликда анионларни аниқлашга ҳалақит беради. Эритмада бу катионларнинг баъзиларини рангли бўлиши, оксидлаш-қайтариш хоссалари борлиги, бир қатор анионлар билан биркиб, чўкма беришга қобил эканлиги анионларни топишга ҳалақит беради. Шунинг учун «оғир металлар»нинг катионларини йўқотиш ва ҳамма тузларни натрий тузларига айлантатириш мақсадида текширилаётган модда натрий карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмаси қўшиб қайнатилади. Бунда II-V – гуруҳ катионлари карбонатлар ёки гидроксидлар ҳолида чўқади:



Тахминан 0,1г қуруқ модда тигелда 0,4г кимёвий тоза сувсиз натрий карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  билан аралаштирилади, устига 50-60 томчи дистилланган сув қўшилади, аралашма 5 минут давомида (буғланган сувни ўрнини тўлдириб туриш учун сув қўшиб турган ҳолда) қайнатилади.

Тигелдаги бўлган аралашма конуссимон пробиркага ўтказилади, центрифугаланиб, чўкмаси ажратилади. Олинган эритма «содали сўрим» номи билан аталиб унинг таркибидаги I-III гуруҳ анионлари 16.6 бандда кўрсатилган тартибда топилади. Анализ қилишдан олдин «содали сўрим» натрий карбонатнинг ортиқчасини йўқотиш мақсадида сирка кислота билан нейтралланади. Бу ишни жуда эқтиётлик билан бажариш лозим, кислотадан кўпроқ қўшилса  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  ва баъзи бир анионларни йўқотиб юбориш мумкин. Шуни эътиборга олиш керакки,  $\text{CO}_3^{2-}$  аниони сўрим тайёрлашда эритмага кириб қолади. Шу сабабли  $\text{CO}_3^{2-}$  аниони қуруқ модданинг озгина улушидан хлорид кислота таъсир эттириб топилади.

Қуруқ модда эритмаси таркибидаги катионлар ва анионлар аниқланиб бўлгач, текширилаётган намунани-туз таркиби тўғрисида хулоса чиқарилади. Масалан, агар  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  катионлари ва  $\text{NO}_3^-$  аниони топилган бўлса, намуна калийли, натрийли ва аммоний нитратлари аралашмасидан иборат бўлади. Бордию,  $\text{K}^+$  катиони, шунингдек  $\text{SO}_4^{2-}$  ва  $\text{NO}_3^-$  анионлари топилган бўлса, унда қуруқ модда икки туз –  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ва  $\text{KNO}_3$  аралашмаси бўлиб чиқади ва ҳоказо.

## Саволлар

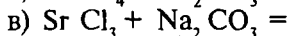
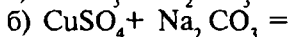
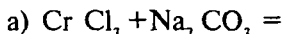
1. Қуруқ модда намунаси билан ўтказиладиган дастлабки ишлар нималардан иборат?
2. Берилган қуруқ модданинг эрувчанлиги қайси тартибда текширилади, эритувчилар қандай аниқланади?
3. Эритмага ўтказилган моддани анализ қилишга киришилганда аввал нимага эътибор қилинади?
4. Қандай катионлар текшириладиган эритмага ранг беради?

5.  $\text{PO}_4^{3-}$  аниони иштирокида III гуруҳ катионларини қандай йўллар билан II гуруҳ катионларидан ажратиш мумкин?

6. Қуруқ модданинг «содали сўрими» қандай йўл билан тайёрланади?

7. “Содали сўрим” тайёрлашдан қандай мақсад кўзда тутилади?

8. Қуруқ модда таркибида қуйидаги тузлар бўлса, содали экстракт тайёрлашда қандай реакциялар содир бўлиши мумкин?



9. Текширилаётган қуруқ модда эритмаси таркибига кирувчи катион ва анионлар топилгач, қандай хулоса чиқарилади?

10. Модданинг сифат таркиби асосида элементнинг миқдорий таркиби ҳақида хулоса чиқариш мумкинми?

## Тестлар

1. Модданинг сифат анализи нимадан бошланади?

А) Дистилланган сувда эритишдан;

В) Кучсиз кислотада эритишдан;

С) Кучли кислотада эритишдан;

Д) Кислоталар аралашмасида эритишдан;

Е) Ҳар хил эритувчиларда кетма-кет эритишдан.

2. Қандай катионлар эритмага ранг беради?

А) Симоб (I), мишяк, никел катионлари;

В) Мис, кобалт, никел, темир (III), хром (III), хром (VI) катионлари;

С) қўрғошин, стронций, хром катионлари;

Д) Кадмий, кобалт, симоб (II) катионлари;

Е) Натрий, кобалт, барий катионлари.

3. Эритма муҳити нейтрал бўлиши нимани билдиради.

А) Кучли кислоталар тузлари иштирокини;

В) Кучли асосли тузлар борлигини;

С) Кучли кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган тузлар борлигини;

- Д) Ионланиш константаси яқин бўлган кучсиз кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар борлигини;  
Е) С ва Д банддаги жавоблар биргаликда,

4. Эритманинг кислотали муҳити нимадан далолат беради?  
А) Кучли кислоталар тузи борлигидан;  
В) Эркин кислоталар борлигидан;  
С) Кучли кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар борлигидан;  
Д) Кучсиз кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар борлигидан;  
Е) А,В ва С бандда кўрсатилган тузлар борлигидан.

5. Эритма муҳити ишқорий бўлиши нима ҳисобига келиб чиқади?  
А) Кучли кислота ва кучли асослар тузлари борлигидан;  
В) Кучли асос ва кучсиз кислота тузлари иштирокидан;  
С) Гидроксидлар иштирокидан;  
Д) А ва С банддаги жавоблар биргаликда;  
Е) В ва С банддаги жавоблар биргаликда.

6. Куйидаги тузлардан қайси бири нейтрал муҳитда баърий хлорид билан оқ чўкма ҳосил қилади?  
А) Натрий сульфид;  
В) Калий сульфат;  
С) Калий карбонат;  
Д) Натрий нитрит;  
Е) Калий ацетат.

7. Тузнинг сувдаги эритмаси ишқорий муҳитга эга бўлиб, йод эритмаси ва калий перманганат эритмаси рангини ўзгартирса, кислота таъсир эттирилса газ ажралса, қайси туз анализ қилинаётган бўлади?  
А) Натрий сульфит;  
В) Калий сульфат;  
С) Калий карбонат;  
Д) Натрий нитрит;  
Е) Натрий силикат.

8. Тузнинг сувдаги эритмаси ишқорий муҳитда бўлса, йод ва калий перманганат эритмалари рангини ўзгартирса,

ва кислота таъсирида ўткир ҳидли газ ажралса, қандай туз анализ қилинаётган бўлади?

- А) Натрий карбонат;
- В) Натрий нитрат;
- С) Натрий сульфат;
- Д) Натрий сульфат;
- Е) Натрий силикат.

9. Модда сувда эриса ва унинг эритмасига натрий карбонат, барий хлорид, қумуш нитрат таъсир этрилганда чўкмалар ҳосил бўлмаса, текширилаётган модда таркиби қандай бўлади?

- А) V гуруҳ катионлари ва I гуруҳ анионларидан иборат;
- В) III гуруҳ катионлари ва II гуруҳ анионларидан ташкил топган;
- С) I гуруҳ катионлари ва III гуруҳ анионларидан иборат;
- Д) Стронций катиони ва III гуруҳ анионларидан иборат;
- Е) II гуруҳ катионлари ва II гуруҳ анионларидан иборат.

## У Ч И Н Ч И Қ И С М

### МИҚДОРИЙ АНАЛИЗ

#### XVIII БОБ. МИҚДОРИЙ АНАЛИЗНИНГ МОҲИЯТИ ВА УНИНГ МЕТОДЛАРИ

##### 18.1. Миқдорий анализ ва унинг кимёвий методлари

Миқдорий анализ моддаларнинг миқдорий таркибини аниқлашга имкон берадиган методларни ўрганеди.

Миқдорий анализнинг вазифалари бирикмалардаги кимёвий элементлар (ёки уларнинг гуруҳлари) таркибини миқдорий жиҳатдан аниқлашдир. Миқдорий анализ ёрдамида ҳар хил аниқлашларни ўтказиш мумкин. Мураккаб модда (кислоталар, тузлар ва бошқалар) таркибига кирувчи элементларнинг массалари орасидаги нисбатни, эритмадаги моддалар миқдорини, моддалар аралашмаси таркибига кирувчи элементлар (нефтдаги углерод ва водород) миқдорини ёки рудалар, минераллар, ўғитлардаги у ёки бу компонентларнинг таркибий қисмини аниқлаш мумкин.

Миқдорий анализ фойдали қазилмаларни излаб топиш, металлургия ва кимёвий технология, биокимё ва агрокимё, тупроқшунослик, ўсимликлар физиологияси, доришунослик, тиббиёт ва бошқа соҳалар билан узвий боғлиқдир.

Ривожланиб бораётган халқ ҳўжалигининг турли соҳалари, чунончи, саноат ва деҳқончилик каби соҳалар миқдорий анализ зиммасига янги муаммолар қўймоқда, Масалан, кам учровчи ва тарқоқ элементлар (уран, титан, цирконий, ванадий, молибден, волфрам кабилар) ни ажратишнинг янги методларини ва миқдоран аниқлашнинг тезкор методларини яратиш вазифалари; электроника учун қўлланиладиган юқори тозалikka эга бўлган металллар таркибидаги жуда ҳам оз миқдордаги қўшимчаларни аниқлашнинг замонавий методларини топиш каби вазифаларни қўймоқда.



Миқдорий анализ ўсимликлар ва ҳайвонлар аъзоларининг таркиби тўғрисидаги маълумотларга эга бўлишга, айрим элементларни уларнинг ўсишига, ривожланишига ва маҳсулдорлигига таъсирини ўрганишга имкон беради.

Республикамиз ҳудудида учрайдиган ер ости ва ер усти минерал хом ашёлар таркибидаги халқ хўжалигини ривожлантириш учун зарур бўлган металлар, металмаслар миқдорини аниқлашда, пахтачилик ва ғаллачилик бўйича ҳосилдорликни ошириш учун тупроқни озиқ моддалар билан таъминланиш даражасини аниқлашда ва бошқа шунга ўхшаш соҳаларда миқдорий анализ методларидан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга.

Миқдорий анализнинг ҳозирги замон методлари ўлчанадиган кўрсаткичлар (хоссалар): модда массаси, реагент эритмаси ҳажми, элементларнинг спектр чизиқларининг интенсивлиги, кўринадиган, инфрақизил ва ултрабинафша нурларининг ютилиши, сорбентларнинг адсорбацион хоссалари, эритмаларнинг электр ўтказувчанлиги, электрод потенциали, диффузион ток қиймати, радиоактив импульслар сони ва бошқалар асосида турларга ажратилади.

Миқдорий анализнинг методларини 3 қисмга бўлинади: кимёвий, физикавий ва физик-кимёвий методлар.

Кимёвий методларга гравиметрик (тортма) анализ, титриметрик (ҳажмий) анализ ва газоволүметрик анализлар киради.

Физикавий ва физик-кимёвий методларни шартли равишда инструментал методлар номи билан юритилади. Уларнинг қисқача асослари кейинги 25-бобда баён қилинади.

## **18.2. Анализнинг кимёвий методлари**

**Гравиметрик анализ.** Бу анализнинг моқияти шундан иборатки, текшириладиган намунанинг тортими эритмага ўтказилади, керакли компонент маълум таркибли қийин эрувчан бирикма ҳолида чўктирилади, чўкмани ажратиб олиб, қўшимчалардан тозаланади, қуритилиб тортилади. Чўкманинг массасини ўлчаб, текширилаётган модда таркибидаги айни компонентнинг процент таркибини ҳисоблаб чиқарилади. Масалан, хлоридлар таркибидаги хлорнинг

миқдорини аниқлашда эритмадан  $\text{Cl}^-$  анионлари  $\text{Ag}^+$  катионлари томонидан чўктирилади ва кумуш хлорид чўкмасининг массаси асосида керакли ҳисоблаш қилинади.

Гравиметрик анализ нисбатан аниқ метод, лекин унинг қўлланиши чегараланган, чунки амалда эримайдиган аорганик моддаларнинг сони кўп эмас. Чўктирувчи сифатида органик моддаларнинг қўлланила бошланиши бу эски методнинг фойдаланиш кўламини анча кенгайтди.

**Титриметрик анализ.** Ўзаро таъсир этувчи эритмалар ҳажмини ўлчашга асосланган бўлиб, реагент эритмасининг концентрацияси аниқ бўлиши керак. Титриметрик анализда текшириляётган эритмага реагент эритмасидан моддалар эквивалент миқдорларда реакцияга киришгунча қўшилади. Реакциянинг тамом бўлиши индикаторлар ёки бошқа усуллар билан аниқланади. Реакцияга сарф бўлган реагент эритмаси концентрацияси ва ҳажмини билган ҳолда, аниқлаш натижалари ҳисобланади. Чунончи, сарф бўлган ишқор миқдори асосида текшириляётган эритмадаги кислота миқдори топилади.

**Газоволюметрик анализ** аниқланувчи газсимон моддаларнинг ҳажмини газлар аралашмасини қаттиқ ёки суюқ ҳолатдаги ютгичлар орқали ўтказиб, ўлчашга асосланган. Масалан, газлар аралашмасидаги углерод (IV) - оксиди  $\text{CO}_2$  миқдорини аниқлашда, углерод диоксидни ютувчи калий гидроксиднинг концентранган эритмаси орқали газлар аралашмасини ўтказиб, чайқатилади. Газлар ҳажмининг камайиши асосида  $\text{CO}_2$  нинг фоиз миқдори ҳисобланади. Лабораторияларда табиий оқактош таркибидаги калций карбонат миқдорини, намунани хлорид кислота эритмаси билан таъсиридан ажралиб чиқётган углерод (IV) оксид  $\text{CO}_2$  ҳажмини ўлчаш йўли билан топилади.

Миқдорий анализнинг кимёвий методлари турли-туман моддаларнинг таркибини аниқлашга имкон беради. Лекин кимёвий методлар ишлаб чиқаришни назорат қилишнинг талабларини баъзи ҳолларда қаноатлантиролмайди. Масалан, текшириляётган моддалар таркибидаги баъзи бир қўшимчаларни аниқлашда кимёвий методларнинг сезгирлиги етарли даражада бўлмайди. Бундан ташқари, гравиметрик аниқлашлар кўп вақт талаб қилса, титриметрик анализларни қўлланилиши ҳам чегарали ҳисобланади. Шу

сабабли, ҳозирги даврда анализнинг янги, сезгирлиги юқори бўлган ва тез бажариладиган методларини яратишга эътибор берилмоқда. Бу жиҳатдан физик-кимёвий ва физикавий методлар истиқболли ҳисобланади.

### **18.3. Текшириладиган компонент концентрациясини ошириш**

Назария ва амалиёт томонидан, кимёгар томонидан олинадиган натижаларнинг сезгирлиги, аниқлиги ва тўғрилиги доимо талаб қилинади. Амалиётда кўпинча шу кузатиладики, аниқланувчи компонентни миқдори шунчалик кам бўладики, уни кимёвий ва ҳаттоки физик-кимёвий методлар ёрдамида аниқлаб бўлмайди. Масалан, тупроқ сўримида, табиий сувларда ва бошқаларда баъзи ионлар жуда кам концентрацияда бўлиши сабабли, улар миқдорини бевосита мавжуд бўлган методлар билан аниқлаш қийин бўлади. Шунинг учун, бундай намуналарни анализ қилишга киришишдан олдин аниқланувчи ионни ажратиш ва концентрациясини оширишга ҳаракат қилинади. Концентрациясини ошириш зарурлигини сабаби, кўпинча спектрал ва масс-спектрал анализларда жуда оз массадаги - 5-50 мг массадаги намуналардан фойдаланилади.

Қилинадиган анализнинг сезгирлигини, аниқлигини ва селективлигини оширишни турли методлари маълум: кимёвий методлар - экстракция, чўктириш, биргаликда чўктириш; физик-кимёвий методлар — хроматография, электрокимёвий ажратиш ва ҳоказо; физик методлар - ҳайдаш, дистиллаш сублимация, буғлатиш ва бошқалар. Бу методлар ичида экстракциялаш ва хроматографик методлари кўп ишлатилади. Бу методларнинг қулайлиги шундан иборатки, улар ёрдамида нафақат текширилувчи эритма ҳажмини камайтирибгина қолмай, шу билан бирга аниқланувчи моддани кўпчилик қўшимчалардан ажратиб олиш мумкин. Экстракция методи бир-бири билан аралашмайдиган суяқ фазалар орасида эриган модданинг ҳар хил тақсимланишига асосланган. Экстракцияда сувли эритмадан моддани сув билан аралашмайдиган органик эритувчилар (хлороформ, углерод (IV) хлорид, бензол) ёрдамида ажратиб

олишдир. Баъзи бир ажратиб олинувчи моддалар сувга нисбатан органик эритувчиларда яхши эрийди.

Экстракциялаш методи билан концентрлаш ўтказилса, бунда экстракцион системада модда сувли эритманинг ҳажми ( $V$  мл) дан жуда кам ҳажмли ( $V_1$  мл) органик эритувчи ёрдамида ажратиб олинади. Модданинг концентрацияси бу ҳолатда ( $V/V_1$  марта) ошади. Масалан, 5 мл экстрагент (органик эритувчи) ёрдамида 1-2 литр эритмадан  $10^{-8}$  г моддани ажратиш мумкин, яъни концентрацияни 200-400 марта ошириш мумкин.

Аниқланувчи компонентнинг концентрациясини оширишда хроматографиядан фойдаланиш мумкин. Хроматографик методлар: ион алмашиниш, тақсимланиш, адсорбцион, чўктириш хроматографиялари каби турларга эгадир. Шулардан, масалан, ион алмашиниш хроматографиясида ионит орқали суюлтирилган эритманинг кўп ҳажмдагиси ўтказилади, сўнгра, сорбиланган ионлар «элюент» (органик эритувчилар, аорганик эритувчилар, кислота эритмалари ва бошқалар)нинг минимал ҳажми ёрдамида ажратиб олинади.

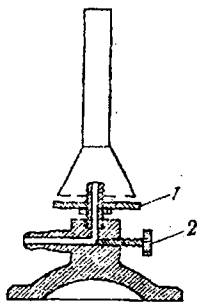
Концентрлаш - бу анализнинг биринчи босқичи ҳисобланади. Бундан кейинги ва асосий босқич эса мос келадиган метод ёрдамида компонентнинг миқдорий таркибини аниқлашдир.

#### **18.4. Миқдорий анализда қўлланиладиган лаборатория жиҳозлари ва идишлар**

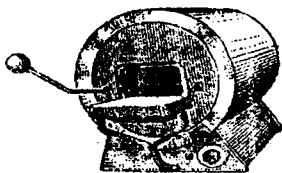
Миқдорий анализ бўйича лаборатория ишларини бажариш учун махсус жиҳозлар, шунингдек, кимёвий идишлар керак бўлади. Кўпгина тажрибаларни бажаришда қиздириш асбобларидан фойдаланилади. Ўқув лабораториялари газ билан таъминланган бўлса,  $1500^{\circ}\text{C}$  гача ҳарорат бера оладиган Теклю горелкаси (15-расм) дан фойдаланилади.

Олинган чўкмаларни қаттиқ қиздириш ва моддаларни доимий массага келтиришда  $800-1000^{\circ}\text{C}$  гача иссиқлик бера оладиган муфел печлари (16-расм) ишлатилади.

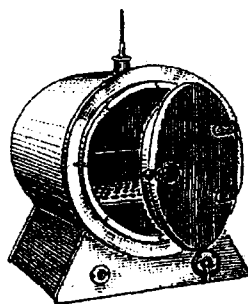
Чўкмалар, бюкслар ва турли идишлар электр истгич ва ҳароратни автоматик бошқарувчи билан таъминланган қуриш шкафида (17-расм) қурилади.



15-расм. Газ горелкаси:  
1-ҳаво оқимини бошқариш;  
2-газ келишини бошқариш.



16-расм. Муфел печи.



17-расм. Қуритиш шкафи.

Микдорий анализда қўлланиладиган идишлар шишанинг махсус навларидан тайёрланиб, бу идиш кимёвий таъсирга чидамли, яъни кислота ва ишқорлар билан ўзаро таъсирлашмайди, ҳароратнинг кескин ўзгаришига чидамлидир.

Кўпинча ишлатиладиган кимёвий идишлар қуйида келтирилади.

**Кимёвий стаканлар** - 1000, 800, 600, 400, 300, 150 ва 100 мл ҳажмли бўлади. Улардан чўктириш реакцияларини ўтказишда, эритмалар тайёрлашда, суюқликларни қуйиб олишда фойдаланилади.

**Шиша тайёқчалар** - ҳар хил узунликда бўлиб, уларнинг диаметри 4-6 мм бўлади. Бу тайёқчалар ёрдамида моддаларни чўктириш вақтида эритмалар аралаштириб турилади, эритмалар филтрга қуйилади. Шиша тайёқчанинг бир учига 10 мм узунликда бўлган резина қалпоқ кийгизиб, бундан стакан деворларини чўкма қолдиқларидан тозалашда фойдаланиш мумкин.

**Шиша воронкалар** (60° бурчакли ва юқори диаметри ҳар хил бўлганлари) филтрлаш учун ишлатилади.

**Соат ойналари** билан чангдан ва тасодифий механик ифлосланишлардан сақлаш учун стаканлар, чинни косачалар ва бошқа идишларнинг юқори қисми бекитилади.

**Шиша бюкслар**, яъни шлифли қопқоқга эга бўлган стаканчалар ҳавода ўзгарадиган (гигроскопик ёки учувчан) моддаларни сақлаш ва тортиш учун хизмат қилади. Баланд-

лиги 25 мм ва диаметри 46 мм бўлган ёки баландлиги 50 мм, диаметри 35 мм бўлган бюкслар фойдаланиш учун қулай ҳисобланади (18-расм).

**Ювгичлар** чўкмаларни миқдоран филтрга ўтказишда, чўкмаларни ювишда қўлланилади. Ювгичнинг колбаси ҳажми 250-500 мл бўлиши мумкин.



18-расм. Бюкслар.



19-расм. Эксикатор.

**Чинни косачалар** эритмаларни буғлатиш ва қолган қуруқ қолдиқни қуритиш учун ишлатилади. Кўпинча диаметри 6-9 см бўлган чинни косачалардан фойдаланилади.

**Чинни тигелларда**, асосан чўкмалар қиздирилади. Тигеллар газ алангасида, муфел печларида қиздирилади. Тигелларни печдан эксикаторга тигел қисқичлари ёрдамида олиб қўйилади.

**Эксикатор** - шиша идиш бўлиб, шлифли қопқоққа эга бўлади. Қопқоқнинг тегиб турадиган қисмларига вазелин суркалади. Эксикаторнинг ўртасида тигеллар жойлаштириладиган тешиклари бўлган токчаси бўлиб, эксикаторнинг пастки қисмини намни тортувчи модда, одатда қиздириб сувсизлантирилган калций хлорид билан тўлдирилади. Эксикаторда қиздирилган бюкс ёки тигеллар совутилади, гигроскопик моддалар сақланади, баъзибир моддалар секин қурилади. Эксикатор қопқоғини очиш учун эксикатор чап қўл билан ушланиб, қопқоғи ўнг қўл билан горизантал ҳолда бир томонга сурилади, шундан сўнг қопқоқ осон олинади. Эксикаторни бир жойдан бошқа жойга ўтказишда унинг қопқоғи бош бармоқлар билан зич сиқилган ҳолда кўтарилади (19-расмда кўрсатилгандек).

**Ўлчов цилиндрлари** билан суюқликлар ҳажми ўлчанади (20-расм).

**Ўлчов колбалари** (21-расм) асосан титриметрик анализда аниқ концентрацияли эритмалар тайёрлаш учун ишлати-

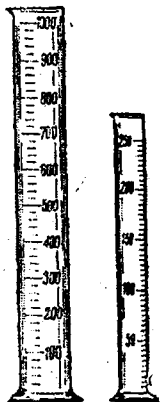
лади. Кўпинча 100, 200, 250, 500 ва 1000 мл ҳажмли ўлчов колбаларидан фойдаланилади.

**Пипеткалар** ёрдамида эритманинг аниқ ҳажмдагиси ўлчаб олинади ва бир идишдан бошқасига ўтказилади. Пипеткалар ҳар хил ҳажмли бўлади: 1, 5, 10, 20, 25, 50 ва 100 мл (22-расм). Пипетканинг юқори қисмида ҳалқали белгиси бўлади. Пипетка ёрдамида суюқлик ўлчаш учун, пипеткани ўнг қўлнинг бош бармоғи, ўрта ва кўрсаткич бармоқлари билан ушлаб, пипетканинг пастки қисми эритмага чуқур туширилади. Эритма пипетканинг юқори қисмидан ҳалқали белгидан 10-20 мм баландликкача сўрилади. Кўрсаткич бармоқ билан пипеткани юқори тешиги бекитилади ва эҳтиётлик билан ортиқча эритмани пипеткадан менсикнинг пастки қисми чизиқча (белги) билан тенглашгунча туширилди. Сўнг пипетканинг юқори тешиги кўрсаткич бармоқ билан зич бекитилиб, пипеткани вертикал ушлаган ҳолда ундаги эритма бошқа колбага ўтказилади. Пипеткадаги суюқликни тўлиқ оқиб бўлгунча кутилади. Пипетка ичида қолган охириги томчи суюқликни тушириш учун пипетка учи стакан ёки колба деворига тегизилади ва 15 секунд кутилади. Бошқача усулда охириги томчини тушириш учун, суюқлик пипеткадан оқиб бўлгач, унинг юқорига тешиги бармоқ билан бекитилиб, пипетканинг кенгайган қисми чап қўлнинг кафти билан иситилади. Кенгайиш ҳисобига ҳаво пипеткадан суюқлик қолдиқларини сиқиб туширади.

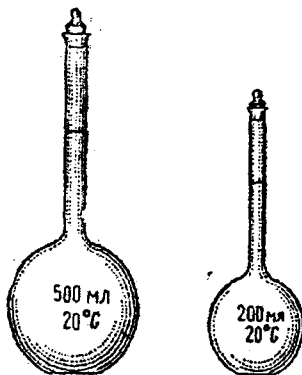
Пипеткани фойдаланишдан аввал сув билан тозаланган пипетка қурилади ёки текширилаётган эритма билан 2-3 марта чайилади. Пипеткадан суюқликнинг оқиб чиқиш тезлиги секундига 1-2 мл.дан ошмаслиги керак, оқиш тезлигининг ортиши бундай пипеткада керакли ҳажмни ўлчашда хатоликка олиб келади.

**Бюреткалар** титрлаш учун хизмат қилади ва цилиндрсимон тузилишдаги шиша най бўлиб, бир учи ингичка қилиб чўзилган бўлади ва унга резина най орқали учи ингичка қилиб чўзилган шиша най уланади (23-расм). Бюреткалар билан титрлашга сарф бўлган эритмалар ҳажми ўлчанади. Одатда 25 ва 50 мл. ҳажмли бюреткалар ишлатилади.

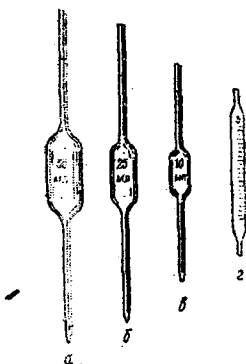
Бюреткалар ишлаш вақтида штативнинг қисқичига вертикал тарзда ўрнатилади. Бюреткадан фойдаланиш олди-дан, уни яхшилаб ювилади. Тоза ювилган бюретканинг ички



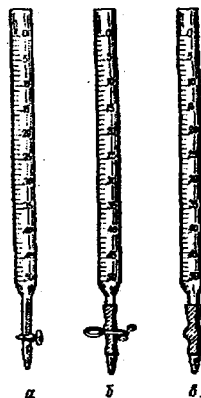
20-расм. Ўлчов цилиндрлари.



21-расм. Ўлчов колбалари.



22-расм. Пипеткалар:  
а, б, в-50, 25 ва 10 мл  
ҳажмли оддий пипеткалар;  
г-5 мл ҳажмли ўлчов  
пипеткаси.



23-расм. Бюреткалар:  
а-жумракли бюреткалар;  
б-металл қисқичли бю-  
ретка; в-резина найи ичи-  
да шиша шарчаси бўлган  
бюретка.

деворида сув томчилари ушланиб қолмаслиги керак, акс ҳолда идишнинг тоза эмаслигини кўрсатади. Бюретка тоза ювилгач, уни ишлатиладиган эритма билан 2-3 марта чайилади, бунда эритма бюретканинг пастки қисмидан чиқариб юборилади. Сўнг бюреткани штативга ўрнатиб, воронка орқали эритма билан нол нуқтасидан бир оз юқориқоқ-



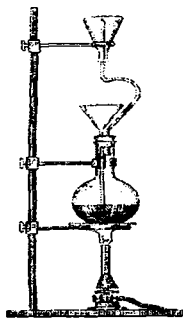
гача тўлатилади. Агар бюретканинг пастдаги капилляр найида ҳаво пуфаклари бўлса, уларни йўқотиш лозим. Бунинг учун капилляр най учи юқорига кўтарилиб, най орқали бюреткадаги эритма ўтказилади, шунда ҳаво пуфаги йўқолади. Шундай кейин бюреткадаги эритма нол белгисигача тўлғизилди. Ҳар бир титрлашни фақат нол нуқтасидан бошлаб ўтказилиши керак. Бинобарин, бир титрлашдан иккинчи титрлашга ўтишда, албатта, бюреткадаги айни эритмадан яна қўшимча қўйилиб нол нуқтасига етказилади.

Микдорий анализнинг натижалари кўп даражада ишлатиладиган идишларнинг тозалигига боғлиқдир. Шу сабабли анализни бошлашдан олдин идишларни яхшилаб тоза ювиш талаб қилинади. Шиша идиш тоза ювилган бўлса, унинг ички деворидан сув текис, томчилар қолдирмай оқиб тушади. Томчиларнинг деворда ушланиб қолиши, юзанинг ёғ билан ифлосланганлигини билдиради. Идишлар водопровод суви билан ювилганда тоза бўлмаса, уларни совуннинг иссиқ сувдаги эритмаси билан ёки сода эритмаси билан ювилади, сўнг водопровод суви билан ювилади, 1-2 марта дистилланган сувнинг оз ҳажми (5-10 мл) билан чайилади, керак бўлса қуригилади.

Юқоридаги йўл билан идиш деворидаги ёғни йўқотиб бўлмаса, идишни хромли аралашма (дихромат  $K_2Cr_2O_7$  нинг концентранган  $H_2SO_4$  даги эритмаси) билан тўлғизиб, бир мунча вақт кутилади. Сўнг хромли аралашма қайтадан ўз идишига тўкилиб, ювилаётган идиш водопровод суви билан яхшилаб ювилади, дистилланган сув билан меъёрида чайилади.

Кимёвий идишларни қайноқ сув буғи билан буғлаш ҳам идишларни тозалашда яхши натижа беради. Бу мақсадда воронкаси бўлган оддий колбадан фойдаланса бўлади (24-расм). Колбадаги сувни бир текис қайнаши учун сувга 3-4 доначинни бўлакларидан ташлаб қўйилади. Буғланишни шиша идишнинг девори тиниқ ҳолга етганда тамом бўлди деб ҳисоблаш мумкин. Бордию идишнинг ички деворларида оқиб тушмайдиган сув томчилари туриб қолса, идишни яна ювувчи эритма билан қайта ювилиб, буғлашни такрорланади.

Чинни идишларни ҳам шиша идишларни қайси йўл билан тозаланса, шундай ювилиб, кейин ишлатилади. Чинни тигеллар хромли аралашма ёки иссиқ хлорид кислота билан тозаланган бўлса, уларни водопровод суви ва дисдистилланган сув билан ювилгач, яхшилаб қиздирилади. Шундан сўнг улардан анализ ўтказишда фойдаланиш мумкин бўлади.



24-расм. Колбани сув буғи билан тозалаш.

## Саволлар

1. Миқдорий анализнинг вазифалари нималардан иборат?
2. Миқдорий анализнинг мамлакатимиз халқ хўжалиги учун аҳамияти нималар билан ифодаланади?
3. Миқдорий анализда қўлланиладиган методлар қандай турларга бўлинади?
4. Анализнинг кимёвий методларидан газ анализининг моҳияти, Гравиметрик анализнинг моҳиятини тушунтиринг.
5. Титриметрик анализнинг моҳияти нимадан иборат?
6. Текшириладиган компонентнинг концентрлашни нима мақсадда бажарилади?
7. Концентрлашнинг экстракциялаш методи қандай амалга оширилади?
8. Аниқланувчи компонентнинг концентрациясини оширишда қўлланиладиган хроматографик усул қандай бажарилади?
9. Миқдорий анализда қўлланиладиган иситиш жиҳозларини тавсифлаб беринг.
10. Тортма анализда қўлланиладиган кимёвий идишларни номлари ва улар қандай мақсадларда ишлатилади?
11. Пипеткалар нима учун хизмат қилади ва ундан фойдаланиш қоидаси қандай?
12. Бюреткалардан фойдаланиш қандай амалга оширилади?
13. Кимёвий идишларни ювиш тартибини тушунтиринг.
14. Чинни идишлар қандай ювилади?

## **ХІХ БОБ. ГРАВИМЕТРИК (ТОРТМА) АНАЛИЗ**

### **19.1. Гравиметрик анализнинг моҳияти**

Гравиметрик анализ асосида модда таркибига кирувчи элементлар массалари нисбатлари доимо бир хиллигини ифодаловчи таркибнинг доимийлик қонуни ва реакцияда иштирок этувчи элементлар массаларининг бир-бирига нисбати ўзгармаслигини ифодаловчи эквивалентлар қонуни ётади. Гравиметрик анализ текшириладиган намуна таркибидаги қандайдир элемент, радикал ёки кимёвий бирикманинг массаси ва таркибини процентларда аниқлайди. Қидирилаётган таркибий қисм ё тоза ҳолда, ёки маълум бирикма ҳолида ажратиб олинади.

Аниқлаш текшириладиган модданинг тортимини олиб, уни эритмага ўтказишдан бошланади. Сўнг аниқланувчи компонентни эритмадан қандайдир қийин эрувчан бирикма ҳолида чўктирилади (чўктириладиган шакл). Ҳосил бўлган чўкмани эритмадан ажратиб, бегона қўшимчалардан тозаланади ва қуриштириш ҳамда қиздириш ёрдамида маълум таркибли барқарор бирикмага айланттирилади (тортма ёки гравиметрик шакл). Бу бирикманинг массасини аниқлаб, изланаётган компонентнинг намуна таркибидаги массаси ва процент миқдорини осон ҳисоблаб топиш мумкин бўлади.

Гравиметрик аниқлашларда қуйидаги ишлар кетма-кет изчилликда бажарилади:

- 1) Ўртача намуна олиш ва уни анализга тайёрлаш.
- 2) Тортим олиш.
- 3) Олинган намунани эритиш.
- 4) Аниқланувчи элементни чўктириш.
- 5) Чўкмани филтрлаб ажратиб олиш ва уни ювиш.
- 6) Чўкмани қуриштириш ва қиздириш.
- 7) Гравиметрик шаклни тортиш ва анализ натижаларини ҳисоблаш.

## 19.2. Моддани анализга тайёрлаш, унинг тортимини олиш ва эритиш

Модда таркибини миқдорий текширишдан олдин ўртача намуна - дастлабки модданинг кичик улушини тўғри танлай билиш керак. Ўртача намунада ҳамма компонентларнинг миқдорий таркиби текшириладиган модданинг ҳамма массасидаги уларнинг таркибига мос келиши лозим. Тузлар, кислоталар, ишқорлар эритмаларининг, гомоген қотишмаларнинг ўртача намунасини танлаш осон, чунки айни моддаларнинг таркиби уларнинг хоҳлаган ҳажмида ва жойида бир хил бўлади. Бир жинсли бўлмаган (рудлар, тошкўмир каби) моддаларнинг ўртача намунасини танлаш мураккабдир. Шу сабабли ҳар бир турдаги модда учун давлат стандартларига мос келадиган ўртача намуна танлашнинг кўрсатмаси бўлади.

Модданинг танлаб олинган ўртача намунаси зич (герметик) бекитиладиган идишларда сақланади, керак бўлганда ундан анализ учун модданинг зарур миқдори олинади. Бордию модданинг ўртача намунаси қаттиқ ҳолатда бўлса, у ҳавончада майдаланади, сўнг анализ учун мос келадиган тортими олинади. Анализни бажариши учун зарур бўлган модда миқдори тортим деб аталади. Модданинг агрегат ҳолатига ва аниқлаш хусусиятига қараб, модда тортими олишда ҳар хил идишлар қўлланилади. Қаттиқ модда тортимини соат ойнасида, суюқ ва учувчан моддалар тортимини эса бюксларда олиш мумкин, қаттиқ моддалар шпателлар ёки шиша, чинни қошиқчалар ёрдамида, суюқ моддаларни кичик пипеткалардан фойдаланиб олинади. Модда тортимининг миқдори ўтказиладиган аналитик аниқлашнинг хусусиятига боғлиқ бўлади. Агар аниқлаш гравиметрик метод билан олиб борилса ва аморф чўкма ҳосил бўлса, модда тортими шундай ҳисоб бўйича олинадики, чўктириладиган шакл қиздирилгандан кейин ҳосил бўладиган тортма шаклнинг массаси 0,1–0,3 г бўлиши керак. Кристаллик чўкмалар учун тортим массаси 0,5 г атрофида, намликни аниқлаш учун модда тортими 1–2 г миқдорда бўлиши лозим.

Текшириладиган модданинг тортими тегишли идишларда олинади. Аввал тоза ва қуруқ идиш аналитик тарозидо тортиб олинади. Сўнгра ҳисобдаги тортимга яқин масса-

даги модда техник тарозида тортиб олинади ва олдиндан тортилган идишга солинади ва аналитик тарозида аниқ тортилади. Бўш идишнинг массасини ва идишнинг ичидаги моддаси билан биргаликдаги массасини билган ҳолда, улар орасидаги фарқ асосида модданинг тортими массасини аниқланади. Сўнгра моддани миқдоран эритиш учун ишлатиладиган идишга солинади. Эритишни совуқда, зарур бўлса иситиб олиб борилади. Эритувчи сифатида кўпинча сув ёки кислоталар ишлатилади.

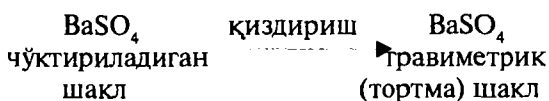
Олинган тортимни эритишда текшириладиган модданинг 0,5-1% ли эритмаси ҳосил бўладиган миқдорда сув қўшилади. Эритиш ҳажми 200-300мл бўлган кимёвий станда бажарилади.

### 19.3. Аниқланувчи компонентни чўктириш

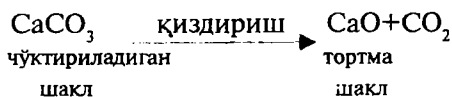
Чўктириш гравиметрик анализнинг муҳим босқичларидан ҳисобланади. Чўктиришни бажаришда чўктирувчи реагентни тўғри танланиши, унинг миқдори тўғри ҳисобланиши, чўктиришнинг шароитларига тўлиқ амал қилиниши, компонентнинг эритмадан тўлиқ чўкиши кабилар зарур ҳисобланади.

Чўктиришда маълум шароитларга амал қилинмаса чўкмаларнинг шакли турлича ҳосил бўлади. Нотўғри чўктиришда майда кристаллик чўкмалар ҳосил бўлиб қолиши мумкин, майда кристаллар филтрдан ўтиб кетади, шунингдек, чўкманинг ифлосланишига сабабчи бўлиши мумкин.

Олинган чўкмаларнинг анализи боришида қиздирилиши мумкин, бунда чўкмаларнинг кимёвий таркиби ўзгариши мумкин. Шу сабабли гравиметрик анализда чўкма шакллари икки хил бўлиши кузатилади: чўктириладиган ва гравиметрик (тортма) шакллар. Баъзи ҳолларда чўктириладиган ва тортма шакллар ўз таркиблари жиҳатидан бир хил бўлади:



Бошқа ҳолларда чўктириладиган ва тортма шакллар бир-биридан кимёвий таркиби билан фарқ қилади:



Чўктириладиган шакл ҳам, гравиметрик (тортма) шакл ҳам маълум талабларга жавоб бера олишлари лозим.

Чўктириладиган шаклга қўйиладиган талаблар:

1. Кам эрувчан бўлиши керак. Эрувчанлик  $1 \cdot 10^{-7} - 10^{-8}$  мол/л дан ошмаслиги.

2. Чўкма йирик кристалли ҳолда бўлиши;

3. Чўктириладиган шакл етарли даражада осон тортма шаклга айлана олиши лозим.

Гравиметрик (тортма) шаклга қўйиладиган талаблар:

1. Тортма шаклнинг таркиби кимёвий формуласига аниқ мос бўлиши:

2. Етарли даражада кимёвий барқарор бўлиши керак. Тортма шакл ҳаводаги карбонат ангидрид, сув буғларини ютмаслиги, ҳаво кислороди таъсирида оксидланмаслиги, юқорироқ температураларда парчаланмаслиги керак.

3. Тортма шаклдаги аниқланувчи элементнинг миқдори мумкин қадар кам бўлиши лозим, чунки бундай ҳолда тортишдаги йўл қўйилган хатоликлар анализнинг натижаларига камроқ таъсир кўрсатади.

Чўкмаларга қўйиладиган талаблар ўз навбатида чўктирувчи реагентга қўйиладиган талабларни келтириб чиқаради:

1. Чўктирувчи реагент текшириладиган компонент билан эрувчанлиги жуда кичик бўлган чўкма ҳосил қила олиши лозим. Масалан, олайлик, калций ионини чўктириш керак бўлсин. Уни миқдорий аниқлашда калцийнинг бошқа тузларига нисбатан қийин эрувчан калций оксалат  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ҳолида чўктириш аниқ натижалар беради.

2. Чўктирувчи реагент учувчан бўлиши мақсадга мувофиқ бўлади. Ҳосил бўладиган чўкма эритмадаги бўлган бегона ионлар томонидан, шу жумладан чўктирувчи ионлари томонидан ифлослантирилиши мумкин. Бу ионлари ювиб йўқотишга тўғри келади, лекин ювиш орқали тўлиқ йўқотиб бўлмайди, қиздирилганда эса қолган қисми учиб кетади.

3. Танлаб олинган чўктирувчи реагент ўзига хос (селектив) бўлиши, яъни чўктириладиган ионга таъсир этиб, бошқа ионлар билан таъсирлашмаслиги лозим. Акс ҳолда, аниқланувчи ионни чўктиришга ҳалақит берувчи бошқа ионлар, даставвал эритмадан йўқотилади. Масалан  $Al^{3+}$  ионини миқдорий аниқлаш учун уни аммиак билан  $Al(OH)_3$  ҳолида чўктирилади, кейин бу чўкмани қиздириб, ҳосил бўлган  $Al_2O_3$  ни тортилади. Лекин эритмада  $Fe^{3+}$  ионларини иштирокида бундай йўл билан аниқлаш мумкин бўлмайди, чунки  $Fe^{3+}$  ионлари ҳам аммиак томонидан чўкмага тушади. Чўктириш жараёнида ҳисобланган, аниқ миқдордаги чўктирувчи реагентдан фойдаланиш керак. Чўктирувчининг миқдори биринчи галда текшириладиган эритмадаги аниқланувчи ионнинг миқдorigа боғлиқ, ионнинг миқдори ўз навбатида анализ қилинувчи модданинг тортими массасига боғлиқдир. Тортим массаси қанча катта бўлса, ўтказиладиган анализнинг аниқлиги шунча юқори бўлади. Аммо кўп миқдордаги чўкма олиш фойдали эмас, чунки кўп миқдордаги чўкма ни қўшимчалардан ювиб тозалаш қийин, анализ учун кўп вақт талаб қилинади. Шу билан биргаликда, жуда оз тортим олиш эса нисбий хатоликнинг катта бўлишига сабабчидир. Масалан, чўкманинг умумий массаси 0,5 г бўлиб, йўқотиш 0,0005 г ни ташкил қилса, хатолик 0,1% ни ташкил қилади. Чўкманинг массаси 0,05 г бўлиб, йўқотиш 0,0005 г ни ташкил қилса, хатолик 10 марта ошиб, 1% га тенг бўлади. Кўп тажрибалар асосида амалиётда аниқланиши бўйича чўкманинг массаси - кристалл чўкмалар олинганда 0,5 г атрофида, аморф чўкмаларнинг массаси 0,2-0,3 г атрофида бўлиши мақсадга мувофиқдир.

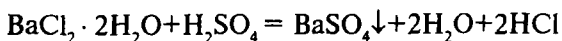
Шу қийматлардан келиб чиқиб, тортимнинг оптимал массасини ҳисоблаб чиқариши мумкин. Масалан, барий хлорид кристаллогидрати  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  таркибидаги барийни процент миқдорини аниқлаш керак бўлсин. Текшириладиган  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  нинг тортимининг массаси қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

$$233,43 \text{ г } BaSO_4 \text{ олиш учун } 244,31 \text{ г } BaCl_2 \cdot 2H_2O \\ 0,5 \text{ г } BaSO_4 \gg \gg m \text{ г } BaCl_2 \cdot 2H_2O$$

$$m_{\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,5 \cdot 244,31}{233,43} \approx 0,52\text{г}$$

Барий хлорид кристаллогидратининг тортими 0,5-0,6 г атрофида бўлиши мумкин, ўз-ўзидан равшанки, тортиб олинувчи модданинг массаси тўрттинчи белгигача маълум бўлиши лозим. Олайлик,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  нинг олинган тортими 0,5234 г бўлсин. Бу массада келиб чиқиб, чўктирувчи реагентнинг зарур миқдорини ҳисоблаш қийин эмас:

Реакция тенгламаси:



бўйича

244,31 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  учун 98,06 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  сарф бўлади  
0,5234 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  учун  $m$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  сарф бўлади.

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,5234 \cdot 98,06}{244,31} \approx 0,2101\text{г}$$

Сулфат кислотанинг массасидан унинг эритмаси ҳажмига ўтамыз. Лабораторияда  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 2N эритмаси бор бўлса, бу эритманинг қанча ҳажмида 0,2101 г сульфат кислота борлигини ҳисоблаб топамиз.

98,06 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2N эритманинг 1000 мл да бўлади.

0,2101 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2N эритманинг V мл да бўлади.

$$V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,2101 \cdot 1000}{98,06} \approx 2\text{мл}$$

Шундай қилиб, 0,5234 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  дан барийни чўктириш учун сульфат кислотанинг 2N эритмасидан 2 мл. керак бўлади. Назарий ҳисобланган бу ҳажмдаги  $\text{H}_2\text{SO}_4$  барий ионларини тўлиқ чўктириш етарли бўлмайди. Абсолют эримайдиган моддалар мавжуд бўлмаганлиги сабабли, барий сульфат  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси устида эритмадаги чўктирилмаган  $\text{Ba}^{2+}$  ионлари маълум миқдорда бўлади. Бинобарин, эритмада қолган  $\text{Ba}^{2+}$  ионлари концентрациясини камайтириш ва



уларни чўктириш учун,  $\text{SO}_4^{2-}$  анионлари концентрацияси-ни ошириш, яъни ортиқча чўктирувчи  $\text{H}_2\text{SO}_4$  таъсир эттириш керак. Тажриба йўли билан ионни тўлиқ чўктириш учун чўктирувчи реагентдан бир ярим баробар ортиқча миқдор керак бўлиши аниқланган. Юқоридаги кўриб чиқилган ҳолатда барий ионини тўлиқ чўктириши учун  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2N эритмасидан 2 мл эмас, балки 3 мл керак бўлади. Чўктирувчи реагентдан кўп ортиқча қўшиш комплекс бирикмалар, нордон тузлар ҳосил бўлиши ва бошқалар ҳисобига чўкманинг эрувчанлигининг ошишига олиб келади.

Чўкма ҳосил бўлиш жараёни мураккаб физик-кимёвий жараён бўлиб, ҳосил бўладиган чўкмалар кристалл ва аморф ҳолида бўлиши мумкин. Чўктириладиган бирикмалар, ўзи чўктириладиган муҳитда амалда эримаслиги керак, шундагина текшириладиган моддани эритмадан чўкмага миқдоран ўтказиш мумкин.

Эритмада чўкма ҳосил бўлиши турли жараёнларни бирга йўналиши билан мураккаблашади. Ҳосил қилинадиган чўкмаларнинг ифлосланиши биргалашиб чўкиш ҳисобига бўлади.

Айни шароитда ишлатилаётган реактив билан чўкма бермайдиган бегона моддаларнинг чўктириладиган бирикма билан биргалашиб чўкмага тушиши биргалишиб чўкиш деб аталади. Масалан, нисбатан яхши эрийдиган  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  кам эрувчи  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  билан,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  эса кам эрувчи  $\text{BaSO}_4$  билан биргалашиб чўқади.

Биргалашиб чўкишнинг асосий сабаблари қуйидагилар ҳисобланади:

1. Чўктириладиган модда билан эритмадаги қўшимчалар ўртасида кимёвий бирикмалар ҳосил бўлиши.
2. Бир хил шаклда кристалланувчи чўктириладиган модда ва қўшимчаларнинг аралаш кристаллар ҳосил қилиши.
3. Окклюзия - ҳосил бўладиган чўкма томонидан айни муҳитда эриган қўшимчаларни ички қисмига бириктириб олишидир. Окклюзия жараёнининг бўлишига адсорбция мувозанатини нотекислигидан бошқа баъзи бир қолдиқлар ва эритувчиларни чўкма ҳосил бўлиши вақтида уни ички қатламига ўрнашиб олиши сабаб бўлади.
4. Чўкмага қўшимчаларнинг ўтиб қолиши адсорбция ҳисобига бўлиши мумкин. Чўкманинг заррачалари юзаси томонидан эритмадаги қўшимчаларнинг адсорбиланиши

хамма қаттиқ моддаларга хосдир. Чўкманинг юзаси қанчалик катта бўлса, қўшимчаларнинг адсорбиланиши шунчалик кучли бўлиб, чўкманинг ифлосланиш даражаси ортади. Бинобарин, катта юзага эга бўлган чўкмалар, яъни майда кристалл ва аморф чўкмалар йирик кристалли чўкмаларга нисбатан кўпроқ ифлосланади.

Биргалашиб чўкиш ҳодисаси гравиметрик анализда ҳатининг асосий манбаларидан бири ҳисобланади, чунки таркибида бошқа аралашмалар бўлган чўкма тоза модда бўлмайди ва аниқ формулага мос келмайди. Шунинг учун бегона қўшимчаларнинг чўкма билан бирга чўкишини камайтириш учун зарур чоралар кўрилади.

Тоза чўкмалар олишнинг ишончли воситаси чўкмаларни дистилланган сув ёки бошқа эритувчилар билан ювиш, шунингдек қайта чўктириш (олинган чўкмани эритиб, уни иккинчи марта қайтадан чўктириш) ҳисобланади.

Биргалашиб чўкиш анализда ижобий аҳамиятга ҳам эга. Аниқланаётган компонентнинг эритмадаги концентрацияси жуда кам бўлиб, уни чўктириш мумкин бўлмайдиган ҳоллар ҳам учрайди. Бундай пайтларда аниқланаётган микрокомпонентни бирор мос **коллектор** (ўзи билан чўкмага олиб тушувчи модда) билан бирга чўктириш мумкин. Масалан, сувдаги  $Pb^{2+}$  ионларининг концентрацияси шунчалик камки, уни чўктириш учун  $Pb^{2+}$  нинг эритмадаги концентрациясини ошириш керак. Текширилаётган сувга  $Na_2CO_3$  эритмаси қўшилганда ҳосил бўладиган  $CaCO_3$  чўкмаси коллектор вазифасини ўтайди.  $CaCO_3$  билан сувдаги  $Pb^{2+}$  ионларининг амалда ҳаммаси бирга чўқади. Ҳосил бўлган чўкмани ажратиб олиб, мумкин қадар камроқ  $CH_3COOH$  да эритилса, бу эритмада  $Pb^{2+}$  ионларининг концентрацияси текширилаётган сувдагига қараганда бир неча юз марта ортиқ бўлади ва бу эритмадаги  $Pb^{2+}$  ни аниқлаш мумкин. Йирик кристалл ва тоза чўкма ҳосил бўлиши гравиметрик анализда аниқ натижалар олиш имкониятини яратади. Йирик кристалл чўкмалар майда кристалл ва аморф чўкмаларга нисбатан анча тоза бўлади, чунки унинг юзаси камроқ бўлиб, бегона ионларни кам адсорбилайди. Йирик кристалл чўкмалар осон филтрланади. Майда кристалл чўкмалар филтр қоғози тешикчаларидан ўтиб, бу тешикчаларни бекитиб қўйиши ва филтрланиш тезлигини жуда камайтириб юбориши мумкин.

Ишлаш қулай йирик кристаллик шаклдаги чўкмалар ҳосил қилиш учун:

– чўктиришни нисбатан суюлтирилган эритмаларда олиб бориш керак;

– чўктиришни иссиқ эритмалардан олиб бориш лозим. Яхшироқ эриганлиги туфайли иссиқда майда кристалларнинг ҳосил бўлиши камаяди;

– чўктирувчи регентни доимо аралаштириб турган ҳолда оз-оздан қўшилиши лозим, бундай қилинганда ўзаро таъсирлашувчи ионлар концентрацияси юқори бўлмайди ва ионлар кристалл панжарага жойлашишга улгуради;

– олинган чўкмалар бир мунча вақт тинч қолдирилиши керак. Бунда чўкма етилади; майда кристаллар эриб, йирик кристаллар ўсади (рекристаллизация). Тўлиқ чўктиришга эришилгандагина чўктириши жараёни охирига етди деб ҳисобланади. Тўлиқ чўкишга эришилганига ишонч ҳосил қилиш учун чўкма устидаги эритмага бир неча томчи чўктирувчи реагентдан томизилади. Чўкма стакан тагига тўлиқ тушса ва унинг устидаги суюқлик тиниқ бўлиб қолгандагина чўктириш охирига етган ҳисобланади.

Чўкадиган кристалларни йириклаштириш учун кўрилган бир қатор чораларга қарамай, барибир қандайдир миқдорда майда кристаллар ҳам ҳосил бўлиб, улар филтрдан ўтиши мумкин. Стакан тагига тушган чўкмани бир неча соат (2-24 соат) тинч қолдириш лозим. Чўкма тинч қолдирганда унинг заррачалари йириклаши билан борадиган чўкманинг етилиши жараёни кетади. Ҳароратнинг кўтарилиши чўкманинг етилиш даврини қисқартиради. Шунини ҳисобга олиб, тажриба ўтказилаётган стакан иссиқ жойда, ёки иссиқ сув ҳаммомида тинч қолдирилади.

Чўктириш жараёнида аморф чўкмалар ҳам ҳосил бўлади. Аморф чўкмаларнинг ҳосил бўлиши жараёни бошқача бўлади. Чўктирувчининг ҳар бир қисмини қўшиш, суюқлик ичида жуда кўп миқдордаги майда бошланғич кристалларнинг ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Бу майда заррачалар уларнинг сиртига кейинги ҳосил бўлган майда кристаллар ўтириши натижасида катталашмасдан, ўзаро бирикиб йирик агрегатлар ҳосил қилиш натижасида катталашади ва оғирлик кучи таъсирида идиш тубига чўкади. Бошқача айтганда, бу ҳолда дастлаб ҳосил бўлган коллоид эритма коа-

гуляцияга учрайди. Ҳосил бўлган аморф чўкмаларнинг умумий сатҳи жуда катта бўлади ва шунинг учун улар эритмадаги ҳар хил бегона моддаларни ўзига йирик кристалл чўкмаларга нисбатан анча кўпроқ адсорбилайди.

Иккинчи томондан ҳосил бўлаётган агрегатларда бошланғич кристаллар орасидаги боғланиш анча бўш бўлгани учун, бу агрегатлар яна парчаланиб коллоид эритма ҳосил қилиши мумкин. Аморф чўкмани коллоид эритма ҳолатига ўтиш жараёни **непгизация** дейилади. Бинобарин, аморф чўкмаларни бирор қулай электролит – коагулятор иштирокида чўктириш керак. Коагулятор сифатида, одатда, аммоний тузлари ёки кислоталар (уларнинг иштирокида чўкманинг эрувчанлиги ошиб кетмаса) ишлатилади. Аморф чўкмаларни чўктиришда қуйидагиларга амал қилинади:

– чўктириш фақат концентрланган эритмалар билан олиб борилади;

– чўктиришни сув ҳаммомида иситиш билан олиб борилади;

– чўктирувчи реагентнинг концентрланган эритмаси ишлатиб, уни тез қўшилади;

– аморф чўкма ҳосил бўлгач, уни иссиқ ҳолда тинч қолдирмай тез филтрланади.

Аморф ва кристалл чўкмалар ҳосил бўлгач, уларни филтрлаб ажратишдан олдин текширилаётган компонентнинг тўлиқ чўкканлигини аниқлаш зарур. Чўкма устидаги эритма тиниқ бўлгандан кейин чўкмани лойқатмай, стакан девори бўйлаб 2-3 томчи чўктирувчи реагент эритмаси томзилади. Томчи тушаётган жойда эритма лойқаланмаса компонент тўлиқ чўккан бўлади.

#### **19.4. Чўкмани эритмадан ажратиш ва уни ювиш**

Текширилаётган компонент чўкмасини устидаги эритмадан ажратишда кулсиз филтр қоғозлар ишлатилади. Бундай филтрлар тайёрлашда филтр қоғозини кетма-кет фторид кислота, хлорид кислота ва сувда ювилади. Бунда филтр қоғоздаги кўпчилиқ минерал моддалар бу кислоталарда эриб филтрдан чиқиб кетади. Бундай ишлов берилган филтр қоғозлар куйдирилганда жуда оз кул ҳосил бўлади, уни

ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Филтр қоғози кулининг масса-си филтр ўралган қоғозга ёзиб қўйилади.

Лабораторияда диаметри 6,7,9,11 см, зичлиги турлича бўлган кулсиз филтр қоғозлар ишлатилади. Филтр қоғозлар зичлигини фарқлаш учун улар зичлигига мос равишда турли рангдаги қоғоз билан ўралган бўлади.

**Қора (ёки қизил) тасма** билан ўралган филтр қоғозларнинг зичлиги энг кам, чўкмали эритма тез филтрланади. Аморф чўкмалар ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  кабилар) ана шундай филтр қоғозлар ёрдамида ажратилади.

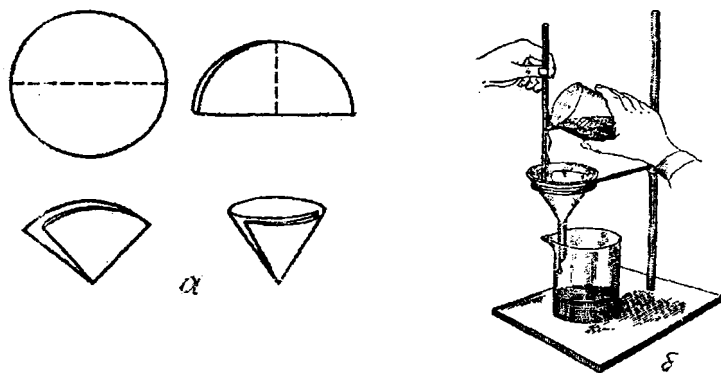
**Оқ рангли тасма** билан ўралган филтр қоғозлар ўртача зичликка эга бўлиб, улар кристалл чўкмаларни филтрлаш учун ишлатилади.

**Кўк рангли тасма** билан ўралган филтр қоғозлар энг зич бўлиб, улар майда кристаллардан иборат чўкмалар ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  кабилар)ни филтрлаш учун қўлланилади.

Филтрлашни бошлашдан олдин чўкма миқдори ва унинг қандай (аморф, кристалл) чўкмалигига қараб тегишли ўлчам ва зичликдаги филтр қоғоз танланади. Чўкма миқдори филтр қоғознинг ярмидан кам ҳажмини эгаллайдиган бўлиши керак, бу чўкмани ювишни осонлаштиради. Танланган филтр қоғози буқланиб, бурчаги  $60^\circ$  бўлган воронка деворларига зич тегиб турадиган қилиб жойлаштирилади. Жойлаштирилган филтр қоғози воронканинг четидан 5-15 мм пастда туриши лозим. Шундан сўнг, филтр қоғозни дистилланган сув билан ҳўлланади, ҳўлланган филтр қоғози воронканинг ички деворига зич ёпишиб туради.

Намланган филтр қоғозли воронка штативнинг кичик ҳалқасига ўрнатилади ва тагига филтратни йиғиш учун тоза стакан қўйилади. Воронканинг қия учи стакан деворига тегиб туриши керак. Филтрлашдан олдин чўкмали стаканнинг тумшугига ташқи томонидан озгина вазелин суртилса, филтрланадиган суюқлик стаканнинг ташқи деворига оқиб тушмайди.

Филтрлаш, чўкма устидаги суюқликни чўкмани лойқалатмасдан (декантациялаш) шиша таёқча орқали филтр қоғозга қуйишдан бошланади (25-расм). Филтрланувчи суюқликни филтр қоғози четига 4-5 мм етар-етмас қилиб қуйилади; сўнг чўкма устига суюқлик қуйилади, шиша таёқча билан аралаштирилади, тиндирилган суюқлик филтрга ўтказилади. Бундай декантациялашни 3 марта такрорлана-



25-расм. Кулсиз филтр қоғозни буклаш (а)  
ва чўкмани филтрлаш (б).

ди ва фақат кейингина чўкмани филтр қоғозга ўтказилади. Бунинг учун ювувчи суюқликнинг оз улушлари билан чўкма лойқатилади ва филтр қоғозга қуйилади. Стакан деворига ёпишиб қолган чўкма заррачалари ювгич ёрдамида филтрга ювиб туширилади. Шиша таёқчага ёпишиб қолган чўкма заррачалари филтр қоғози бўлаги билан артиб олинади ва у филтрга жойлаштирилади.

Шундан кейин, филтр қоғоздаги чўкмани ювишга киришилади. Чўкмани ювишдан мақсад, унинг сиртига адсорбиланган бегона қўшимчаларни ва чўкмага шимилган эритмани йўқотишдир. Чўкмаларни ювишда қандай суюқлик билан ювиш муҳимдир. Камдан-кам ҳолларда ювувчи суюқлик сифатида дистилланган сув қўлланилади. Чўкманинг эрувчанлиги туфайли йўқолиши, коллоид эритмаларнинг ҳосил бўлиши ва гидролизланиши хавфи бўлмаган ҳолларда чўкма дистилланган сув билан ювилади. Одатда, чўкма таркибидаги ионга ўхшаш иони бор суюлтирилган эритма, аммоний тузлари суюлтирилган аммиак эритмаси, нитрат кислота ёки бирор бошқа электролит эритмалари билан чўкмалар ювилади.

Ювувчи суюқлик танлашда чўкмани ювилаётганда унинг эрувчанлиги, гидролизланиши ва чўкмани филтр тешигидан ўтишга мойиллигини ҳам ҳисобга олиш керак. Чўкмани ювиш даврида унинг эрувчанлигини камайтириш учун, одатда, ювгичдаги суюқликка чўкма иони билан умумий

бўлган озроқ электролит қўшилади. Гидролизланувчи чўкма-ларни чўктирувчи реагент эритмаси билан (бунда гидролизланиш камаяди) ёки органик эритувчилар (кўпинча, спирт) билан ювилади. Пептизацияланувчи чўкмалар аммоний тузлари ёки бирор электролитнинг суюлтирилган эритмалари билан ювилади. Чўкма устига юувчи суюқликни озгина улуши томчилатиб қўйилади ва унинг филтрдан оқиб тушиши кутилади. Чўкма 4-5 марта ювилгандан кейин унинг тўлиқ ювилганлиги текшириб кўрилади. Бунинг учун воронкадан ўтган филтратнинг 5-6 томчиси пробиркага йиғилади ва унга чўкма таркибида бўлиши мумкин бўлган бегона ион ўзига хос реакция берадиган реагент эритмасидан 5-6 томчи қўшилади. Масалан,  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси таркибида хлорид  $\text{Cl}^-$  ионларини тўлиқ ювилганлигини текшириб кўриш учун филтратдан 1–2 мл олиб, унинг муҳити  $\text{HNO}_3$  ёрдамида кислотали муҳитга келтирилиб,  $\text{AgNO}_3$  эритмасидан томизилади. Филтратда оқ лойқа ҳосил бўлмаслиги чўкманинг тоза ювилганлигини билдиради.

Шуни ҳисобга олиш керакки, чўкмани филтрлаш ва ювиш жараёнларини бир машғулотни ўзида узоқ узилишларсиз тамомлаш зарур, акс ҳолда чўкма қуриб, зич массага айланиб қолади ва уни яхши ювишнинг иложи қолмайди.

### 19.5. Чўкмани қуритиш ва қиздириш

Ювишдан кейин филтрда тоза чўкма қолади ва фақат массасини аниқлаш лозим бўлади. Филтрлаш ва чўкма ювилгандан кейин воронка устига чўкма формуласи ва тажриба бажарувчининг фамилияси ёзилган филтр қоғози ёпиб, қоғознинг четлари воронка атрофига қайриб қўйилади. Сўнг ювгич билан филтр қоғози қўлланади, қоғознинг қўлланган чатлари воронканинг ташқи деворига зичланади. Чўкмани ҳар хил ифлосликлар тушишидан сақловчи қопқоқ ҳосил бўлади.

Воронкани ичидаги чўкмаси билан шундай ҳолатда қуритиш шкафига жойлаштирилади ва 80-90°C ҳароратда қуритилади. Филтр қоғоз қуруқ ҳолга келгач, чўкмани қиздиришга ўтиш мумкин. Чўкмани қиздириш олдиндан қиздириб, доимий массага келтирилган тигелда олиб борилади. Бўш чинни тигелнинг массаси ёзиб олинади. Шу тигел-

га воронкадан олинган чўкмаси бор филтр қоғози жойлаштирилади. Филтр қоғозининг четлари яхшилаб букланади. Сўнг чўкмаси бор тигел мўрили шкаф ичидаги штатив ҳалқасидаги чинни учбурчакка ўрнатилади. Тигелни газнинг кичик алангаси билан қиздирилади. Бунда қолган нам йўқолади, сўнг филтр қоғози куя бошлайди. Бунда филтр қоғозини ёнишига йўл қўймаслик керак, чунки ёнганда чўкманинг бир қисми йўқолиши мумкин.

Филтр қоғози куйгач ва тутун чиқиши тугагач, тигел қисқич ёрдамида муфел печига ўтказилади. Қиздиришдан кейин тигел чўкмаси билан эксикаторга жойлаштирилади ва совугач тортилади. Тигелни моддаси билан қиздиришни ва тортишни доимий массага келгунча такрорланади.

Қиздириш вақти ҳар хил бўлиб, чўкманинг тузилишига боғлиқ бўлади. Масалан, барий сульфат  $\text{BaSO}_4$  чўкмаси маълум ҳароратда 45 минут қиздирилади, калций оксалат  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  чўкмаси 60 минут қиздирилади.

## 19.6. Гравиметрик анализдаги ҳисоблашлар

Юқорида (19.3 да) тортим миқдорини, чўктирувчи миқдорини ҳисоблаш келтирилган эди. Бу ҳисоблашлардан кўриниб турибдики, текширилаётган моддадаги у ёки бу таркибий қисмининг миқдорини аниқлаш учун бу модданинг тортими массасини, олинган чўкма массасини ва унинг кимёвий формуласини билиш керак. Одатда, массани аниқлаш натижалари дастлабки моддага нисбатан процентларда ифодаланади.

Кўпгина ҳолларда, гравиметрик анализда модда массасини аниқлашдаги ҳисоблашларда қайта ҳисоблаш омили ёки аналитик кўпайтма ( $f$ ) лардан фойдаланилади.

Қайта ҳисоблаш омили ёки аналитик кўпайтма аниқланувчи модда (элемент)нинг молекуляр (атом) массасини чўкма(тортма шакл)нинг молекуляр массасига нисбати билан ифодаланади. Ҳисоблашларда ўзгарувчан ва доимий қийматлардан фойдаланилади. Ўзгарувчан қийматларга, масалан, тортим массаси, чўкма (гравиметрик



шакл) массаси киради, доимий қийматларга бажариладиган иш шароитига боғлиқ бўлмаган атом ва молекуляр массалар таалуқлидир, Доимий қийматлар нисбати ҳам доимий катталиқ бўлиб, уни олдиндан ҳисоблаш ва унга доимий қийматлар нисбатини алмаштириш мумкин.

Қайта ҳисоблаш омили, агар тортма шакл ҳам, аниқланувчи модда ҳам ўзгармаган ҳоллардагина доимий қийматга эга бўлади. Барийни гавриметрик метод билан барий сульфат ҳолида аниқлашда аналитик кўпайтма қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$f = \frac{A_{Ba}}{M_{BaSO_4}} = \frac{137,40}{233,40} = 0,5887$$

бу ерда,  $A_{Ba}$  – барийнинг атом массаси;

$M_{BaSO_4}$  -барий сульфатнинг молекуляр массаси.

Аналитик кўпайтмалардан фойдаланиб, тайёр формулалар ёрдамида ҳисоблашлар қилинади. Масалан, моддадаги таркибий қисм миқдорини процентларда топишда қуйидаги формулани қўллаш мумкин:

$$\% = \frac{P \cdot f}{q} \cdot 100\%$$

бу ерда,  $p$  - қиздирилган чўкма (гравиметрик шакл) массаси, г;

$q$  - текширилаётган модда массаси, г.

Масалан, барий хлорид  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  таркибидаги барийнинг процент миқдорини аниқлашда олинган  $BaSO_4$  нинг (тортма шакл) массаси 0,4665 г ва анализ учун олинган барий хлорид кристаллогидратининг тортими 0,4888г бўлса, у ҳолда барийнинг проценти қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$\%Ba = \frac{P \cdot f}{q} \cdot 100 = \frac{0,4665 \cdot 0,5887}{0,4888} \cdot 100 = 56,17\%$$

# ГРАВИМЕТРИК АНАЛИЗГА ДОИР ЛАБОРАТОРИЯ МАШҒУЛОТЛАРИ

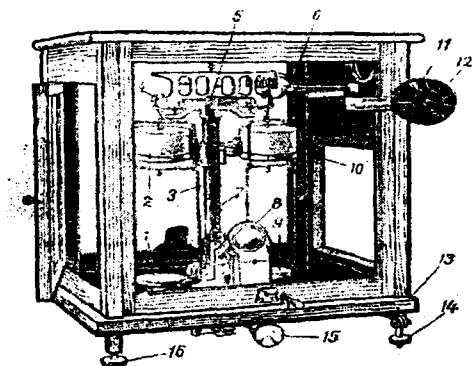
## 19.7. Аналитик тарози ва унда тортиш қодалари

Аналитик тарози жуда аниқ ўлчов ускунаси бўлиб, ким-вий метод билан ўтказиладиган анализларнинг бирортасини ундан фойдаланмай бажариб бўлмайди.

Модданинг миқдорини аниқлаш учун, аввал 0,0001 г аниқлик билан тортишга имкон берадиган аналитик тарози қисмлари билан танишиш ва бу тарозида тортиш қодаларини билиш керак.

Аналитик кимё лабораторияларида кўпроқ ишлатиладиган аналитик тарозилари АДВ-200, ВЛА-200 г-М русумдагилари ҳисобланади. Бу тарозилар демпферли, вейтографли аналитик тарозилар бўлиб, 200 граммгача тортиши мумкин. Тарози чанг, намдан сақлаш учун ойнали филоф ичида сақланади. Филофнинг олд томонида кўтариладиган ва икки ён томонида суриладиган ойнаванд эшикчалари бўлади. Филоф металл асосга маҳкамланган бўлади (26-расм). Асос (13)да колонка (3) ўрнатилган. Колонкага ҳаво тинчлантиргич - демпферлари (2,10) бўлган иккита кронштейн маҳкамланган. Колонканинг юқори қисмига агат ёки пўлат пластинка маҳкамланган бўлиб, унга шайиннинг марказий қисмидаги пўлат ёки агат призмаси (5) қирраси билан таяниб туради. Шайиннинг икки учиде махсус эгарлар (4) да қирралари юқорига қараган юк кўтарувчи призмалар маҳкамланган бўлиб, уларга зираклар ўрнатилган. Зиракларнинг юқори илгагига тарози паллалари осилади, пастки илгакларига демпфер стаканлари илинади. Тарози ўнг зиракка маҳкамланган планкага осилладиган 10 дан 500 мг гача тошлар жойлаштирилган механизм билан таъминланган. Тошларни бошқариш филофнинг ўнг томонида жойлаштирилган айланувчи лимблар ёрдамида ричаглар (6) орқали бошқарилади.

Кичик лимб (12) айлантирилганда ўнли миллиграммлар қўйилади ёки олинади, катта лимб (11) айлантирилганда эса юзли миллиграммлар планкага қўйилади ёки олинади. Лимбларнинг айланиши бир-бирига боғлиқ бўлмайди:



26-расм. Демпферли аналитик тарози. 1,9-паллалар; 2,10-демпферлар; 3-колонкаси; 4-эгар; 5-шайиннинг марказий призмаси; 6-ричаглар; 7-мил (стрелка); 8-оптик шкала; 11-катта лимб; 12-кичик лимб; 13-асоси; 14,16-бошқариладиган оёқчалар; 15-арретир тутқичи.

шайинга мил(стрелка) (7) ўрнатилган бўлиб, милнинг пастки қисмига икки томони 0 дан 10 мг гача даражаларга бўлинган микрошкала ўрнатилган. Микрошкала оптик қурилма ёрдамида тарози колонкасининг олд қисмида жойлаштирилган экранга туширилади. Оптик шкала - вейтограф (8)нинг бўлакчалари қиймати 0,1 мг га тенг.

Аналитик тарози асосида орқа бошқарилмайдиган оёқча ва икки ён томондаги бошқариладиган оёқчалар (14,16) билан таъминланган, бу оёқчалар ёрдамида тарози асосида жойлаштирилган шовунга қараб столга нисбатан горизонтал ўрнатилади.

Тарозининг сезгирлиги кўп даражада шайиннинг учала призмасининг қирралари ўткирлигига боғлиқ бўлади. Призмаларнинг тез ўтмас ҳолга тушмаслиги, демак, тарозининг сезгирлиги камаймаслиги учун тарози шайинни кўтарувчи ва туширувчи мослама — арретир тутқичи (15) билан таъминланган. Тарози арретирланган (ишламайдиган) ҳолатда призмалар таянч пластинкаларга тегмайди, бинобарин, улар ейилмайди. Тарозидан фойдаланилмаганда ва тарози паллаларига тошлар ёки тортилувчи буюмлар қўйилаётганда арретир ҳолатида бўлиши керак. Арретир тутқичи бошқа томонга буралса, тарози арретир ҳолатидан иш ҳолатига ўтади.

Аналитик тарозида тортишда махсус қутичада жойлаштирилган тошлар тўпламидан фойдаланилади. Тошлар қутисидаги пинцет (қисқич) ёрдамида тошлар тарози палласига қўйилади ёки палладан олинади.

Аналитик тарозида тортишда қуйидаги қоидаларга амал қилиш лозим:

– тортишдан олдин тарозининг ҳолатини текшириб, горизонтал ҳолда ўрнатилади;

– ҳеч қачон тарози белгиланган меъёрдан ортиқ масса-ни тортиш учун ишлатилмаслиги керак;

– тортиладиган буюмни тарози палласига қўйишдан олдин унинг сиртида ифлосликлар йўқлигига ишонч ҳосил қилиш лозим;

– тарозини ўрнатилган жойидан қўзғатмаслик керак;

– буюмлар ёки тошларни паллага қўйишдан аввал тарозини арретир ҳолатига ўтказиш лозим. Арретир тутқичини секин ва эҳтиёткорлик билан бураш керак;

– тарози паллаларига иссиқ буюмларни қўйиш мумкин эмас. Тортиладиган буюм тарозининг ҳароратигача совутилиши ёки иситилиши лозим;

– моддалар махсус идишлар – тигел, соат ойнаси, бюксларда тортилиши зарур;

– тортилишда фақат ён томондаги эшикчалардан фойдаланилади. Олдинги эшикча доимо берк туриши талаб қилинади;

– тошларни фақат қисқич ёрдамида олинади;

– буғланувчи моддалар фақат зич беркиладиган идишлар (бюкслар) да тортилади;

– тортиш тугаллангач, тарози арретирланиб, эшикчалари бекигилиши, кичик ва катта лимблар нол белгиси ҳолатига қўйилиши, ёритгични электр тармоғидан узиш керак.

Буюмларни демпферли тарозида тортиш қуйидагича амалга оширилади:

– тарозида тортишдан аввал унинг ёритгичи электр тармоғига уланади;

– тарози иш ҳолатига ўтказилади. Бунинг учун арретир тутқичи охиригача буралади. Бунда ёритгичнинг лампаси автоматик тарзда ёниб, вейтограф экранда ҳаракатланаётган шкала тасвири кўринади. Тезда демпферлар ҳисобига тарози милининг тебраниши тўхтаб, вейтограф экрандаги

ҳаракатланмайдиган вертикал чизиқ шкаланинг нол нуқтасини кўрсатади. Агар бундай мутаносиблик кузатилмаса, унда экраннинг бошқарувчи мурувватини у ёки бу томонга бураш билан микрошкаланинг нол бўлинмаси экрандаги вертикал чизиқ билан устма-уст туширилади;

– тарозига юк ёки тошларни қўйиш ёки ундан олиш пайтида тарози арретирланган ҳолатда бўлиши керак;

– тортиладиган жисм олдиндан техно-кимёвий тарозидида 0,01 г аниқликкача ўлчаб олинади, сўнг аналитик тарозидида аниқ тортилади.

Тарозининг чап палласига тортиладиган намуна ёки идиш, ўнг палласига тошлар қўйилади, тортиладиган нарсанинг массаси, одатдаги усулда 1 г гача аниқлик билан тортилади. Граммнинг ўндан бир ва юздан бир улушларини арретирланган ва эшиклар беркитилган тарози филофи сиртига ўрнатилган катта ва кичик лимбларни бураш йўли билан бажарилади. Лимбдаги сонлар планкага илинган тошчалар массасини кўрсатади. Агар катта лимбда кўрсаткичнинг рўпарасида 6 рақами, кичик лимбда 9 рақами турса массаси 690 мг ёки 0,69 г бўлади.

Намуна массаси юқорида кўрсатилгандек, 0,01 г гача аниқлик билан ўлчангандан сўнг арретир тутқичи охиригача бурилади ва мувозанат ҳолатида микрошкаланинг қайси бўлинмаси экрандаги чизиқ билан мос келиши кузатилади. Микрошкаладаги йирик бўлақларнинг мусбат (+) ёки манфий (-) ишорали рақамлари бор, улар граммнинг мингдан бир улушларини ҳисоблаш учун хизмат қилади. Мусбат ишора мазкур массани тарозига қўйилган тошлар массасига қўшиш кераклигини, манфий ишора эса, мазкур массани тошлар массасидан айриб ташлаш зарурлигини билдиради. Масалан, тарозига 1,69 г массадаги тошчалар қўйилган бўлсин, унда экран чизиғи + 4 ва + 5 рақамлари ўртасидаги майда бўлинма устида турса, бунда тарозига қўйилган 1,69 граммга 0,0045 граммни қўшиш керак, тортиладиган модда намунасининг массаси:  $1,69+0,0045=1,6945$ г бўлади. Шкаланинг манфий кўрсаткичи бўлганда намуна массаси:  $1,69-0,0045=1,6855$  г бўлар эди.

Модда намунасининг массаси ўлчаниб бўлингач, намуна ва тошчалар тарози паллаларидан олинади. Тарозининг катта ва кичик лимблари нол нуқтасига келтирилиб, тарози арретирлаб қўйилади.

Аналитик тарозининг қисмлари ўрганилиб, унда тортиш қоидалари билан танишгандан сўнг ҳар бир талаба бирорта шиша идиш (соат ойнаси, бюкс, тигел ва бошқалар)ни тортишни машқ қилиб, тортган идишнинг массасини иш дафтарига вергулдан кейин тўртта хонагача (масалан, 1,6855г) аниқлик билан ёзиб қўйиши лозим.

### **19.8. Барий хлорид кристаллогидрати таркибидаги кристаллизацион сувни аниқлаш**

Тортма анализ бўйича нисбатан осон ишлардан кристаллогидратлар таркибидаги қиздирилганда осон йўқотиладиган кристаллизацион сув миқдорини аниқлашдир.

Модда таркибидаги кристаллизацион сув кристаллогидратни доимий массага қадар қуритиш йўли билан аниқланади. Оксалат кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  қуритиладиган температура 110 - 112°C;  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  учун 120-125°C;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  учун 140-150°C ва ҳоказо.

Анализни бажариш тартиби:

**1) Тортим олиш.** Тозалаб ювилган бюкс қуритиш шкафида қуритилади, сўнг эксикаторда 20 минут совутиб (бюкс қопқоғини очиқ ҳолда қуритилади ва совутилади), аналитик тарозида массасини ўлчанади. Тортиш вақтида бюкс қопқоғи бекитилган ҳолда бўлиши керак. Бюкснинг массаси доимий массага келгунча бу иш такрорланади. Сўнг қайта кристаллаб тозаланган ва ҳавода қуритилган барий хлорид кристаллогидратидан 1,5 г техно-қимёвий тарозида тортиб олиб, уни массаси аниқ ўлчанган бюксга солинади. Шундан сўнг бюкс қопқоғи бекитилиб, аналитик тарозида 0 дан кейинги тўртта белгигача аниқлик билан тортилади.

**2) Қуритиш.** Барий кристаллогидрати солинган бюкснинг қопқоғини олиб, қирраси билан бюкс оғзига кўндаланг қўйилади. Бюкс қуритиш шкафига қўйилади. Қўйишда бюкс тагига бир варақ қоғоз тўшалди. Шундай ҳолатда бюксни қуритиш шкафида 120-125°C ҳароратда 1,5–2 соат қолдирилади. Шунча вақт ўтгач бюксни қопқоғи билан тигел қисқичи ёрдамида эксикаторга жойлаштирилади. Бюкс эксикаторда 20 минут давомида совигач, қопқоғи бекитилиб, аналитик тарозида тортилади. Шундан кейин бюкс яна қуритиш шкафига биринчи галдагидек жойлаш-

тирилиб, 1 соат ушлаб турилади, эксикаторда қайтадан совитилиб, яна тортилади. Агар иккинчи тортишдаги бюкс массаси биринчи тортишдаги массадан 0,0002 граммдан кўп фарқ қилмаса, бунда кристаллизацион сув тўлиқ йўқотилган бўлади. Борди-ю, иккинчи тортишдаги масса биринчи тортишдагидан 0,0002 граммдан кўпгина фарқ қилса, бу ҳолда қуриштишни доимий масса олингунча давом эттирилади. Қайта тортишдаги қийматлар талабанинг лаборатория иш дафтарига ёзиб борилади.

**3) Ҳисоблаш.** Аналитик тарозида тортиш натижалари ва анализнинг бажарилиши тартиби машғулотлар дафтарига ёзиб борилади, сўнгра олинган натижаларга асосланиб ҳисоблаш бажарилади.

### Ёзиш тартиби

#### Кристаллогидратни қуриштишга қадар ўлчашлар

1. Бюкснинг биринчи тортишдаги массаси	12,4234 г
2. Бюкснинг иккинчи тортишдаги массаси	12,4232 г
3. Бюкснинг доимий массаси	12,4232 г
4. Бюкснинг $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ билан массаси	13,9602 г
5. Барий хлорид тортими массаси	1,5368 г

#### Кристаллогидратни қуриштиш жараёнидаги ўлчашлар

6. Бюкснинг модда билан биринчи қуриштишдаги массаси	13,7352 г
7. Бюкснинг модда билан иккинчи қуриштишдаги массаси	13,7342 г
8. Бюкснинг модда билан учинчи қуриштишдаги массаси	13,7340 г
9. Бюкснинг модда билан қуришилгач доимий массаси	13,7340 г

#### Тортимдаги кристаллизацион сувнинг процент миқдори

$$13,9602 \text{ г} - 13,7340 = 0,2262 \text{ г}$$

1,5368 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  таркибидаги 0,2262 г  $\text{H}_2\text{O}$  бор.

100 г  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  таркибида  $m$   $\text{H}_2\text{O}$  бор.

$$m_{H_2O} = \frac{0,2262 \cdot 100}{1,5368} = 14,72\% \text{ ёки } 14,72\%$$

Ўтказилган анализнинг тўғрилигини текшириб кўриш. Кристаллизацион сувнинг топилган қийматини кристаллогидрат таркибидаги назарий ҳисобланган сув миқдори билан солиштирилади.

244,3 г  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  таркибида 36,03 г  $H_2O$  бор  
100 г  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  таркибида  $m$  г  $H_2O$  бор

$$m_{H_2O} = \frac{36,03 \cdot 100}{244,3} = 14,75\% \text{ ёки } 14,75\%$$

Анализнинг абсолют хатоси  $14,72 - 14,75\% = -0,03\%$  ни ташкил этади. Анализнинг нисбий хатосини куйидагича топилади:

$$D_0 = \frac{(-0,03) \cdot 100}{14,75} \approx -0,20\%$$

Бу хато моддани тортиш пайтида қилинган хатодан иборат. Анализ ҳисоби назарий ҳисоблашдан (абсолют хато)  $\pm 0,05\%$  дан ошмаса, у тўғри бажарилган ҳисобланади.

## 19.9. Тупроқнинг намлик даражасини аниқлаш

Моддаларнинг намлик даражасини аниқлаш учун текшириладиган бирикмадан ўртача намуна олиниб, яхшилаб майдаланади ва ундан тарозида 0,5г – 2 г тортиб олиниб, бюксга солинади ва доимий массага келгунча маълум температурада қуритилади.

Анализни бажариш тартиби.

**1. Тортиш олиш.** Майдоннинг турли жойларидан 15–20 см чуқурликдан тупроқ намунасида 0,5 г дан олиниб, уни қопқоғи зич бекиладиган, массаси аниқ, тоза ва қуруқ бюксга солинади, сўнгра бюкс билан биргаликдаги массаси аниқланади.

**2. Қуритиш.** Тупроқ солинган бюкс массаси аниқлангач 100–105°C гача қиздирилган қуритиш шакафига қўйилади. Бунда бюкс қопқоғини олиб қуритиш шакафидаги айни бюкс ёнига қўйилади. Бюкслар сони бир нечта бўлса, ҳар бир бюкс ва унинг қопқоғига бир хил рақам ёзиб қўйилади.



Тупроқли бюкс 3–4 соат давомида қиздирилгандан кейин бюкс ва унинг қопқоғини тигел қисқичи билан қуритиш шкафидан олиниб эксикаторга қўйилади ва 20–25 минут совитилади. Совутилган тупроқли бюкснинг қопқоғи бекитилиб, аналитик тарозида массаси топилади. Тупроқ бюкси билан яна қуритиш шкафида 1 соат давомида қуритилади, эксикаторда совитилиб, массаси ўлчанади. Агар қайта тортишда қуритилган тупроқли бюкснинг биринчи ва иккинчи марта ўлчанган массалари ўзаро тенг бўлса ёки 0,0001 г га фарқ қилса тупроқни қуритишни тугалланган деб ҳисобланади.

**3. Ҳисоблаш.** Тупроқдаги намликнинг фоиз миқдорини ҳисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\text{тупроқнинг намлиги, \%} = \frac{m_k}{m_n} \cdot 100\%$$

бу ерда,  $m_k$  – қуритилган тупроқ массаси, г;

$m_n$  – нам тупроқ массаси, г.

Анализ натижаларни жадвал шаклида ёзиш мумкин:

Бюкснинг массаси, г			Тупроқнинг массаси		Тупроқнинг намлиги, %
Тупроқсиз	Нам тупроқли	Қуритилган тупроқли	Нам ҳолда	Қуритилган	

### 19.10. Темир(III) хлорид таркибидаги темирнинг фоиз миқдорини аниқлаш

Темирни гравиметрик метод билан аниқлаш аморф чўкмалар билан ишлашга яхши мисол бўла олади.

Аниқлашни ўтказиш тартиби.

**1) Чўктириш.** Кимёвий тоза стаканга озгина  $\text{FeCl}_3$  эритмасидан олиб, унга 3–5 мл  $\text{HNO}_3$  нинг 2N эритмасидан қўшилади ва секинлик билан қайнатиб юбормасдан истилади. Қайноқ эритмага томчилатиб аммоний гидроксиднинг 10% ли эритмасидан қўшилади. Текширилаётган эритмадан сезиларли даражада аммиак ҳиди кела бошлагандан кейин  $\text{NH}_4\text{OH}$  қўшиш тўхтатилади. Шундан сўнг стакан ичидаги

эритмани шиша таёқча билан аралаштириб, бегона моддаларни чўкмага адсорбиланишини камайтириш мақсадида 100 мл қайноқ дистилланган сув қўшилади. Кейин стакандаги аралашма 4-5 минут тинч қолдирилади, сўнг тўлиқ чўкишни 1–2 томчи  $\text{NH}_4\text{OH}$  қўшиш билан синаб кўрилади.

**2) Филтрлаш ва чўкмани ювиш.** Чўкишни тўлиқ бўлганлиги синаб кўрилгач, чўкма дарров филтрланади. Филтрлаш ўрта зичликдаги — оқ тасмали филтр қоғози билан бажарилади. Чўкма устидаги суюқлик филтрга қуйилгач, стакандаги чўкма аммоний нитратнинг 2-фоизли эритмаси билан 2–3 марта ювилади. Шундан кейин чўкма миқдоран филтрга ўтказилади ва чўкма филтратда  $\text{Cl}^-$  ионлари йўқолгунча ювилади.

**3) Чўкмани қуритиш ва қиздириш.** Чўкмали филтр қоғоз қуритиш шкафида озгина қуритилади, сўнг уни олиб, филтр қоғоз четлари букланиб, олдиндан доимий массага келтириб қўйилган тигелга солинади. Сўнг филтрли тигел чинни учбурчакка ўрнатилиб, газ алангасида қуритилади ва филтр қоғоз куйдирилади. Тутун чиқиши тўхтагач, тигел чўкмаси билан муфел печига жойлаштирилиб, 900-1000°C ҳароратда доимий массага келгунча қиздирилади. Доимий массага келгач, ҳисоблаш бажарилади.

### Ёзиш тартиби

#### Чўкмани қиздириш жараёнидаги ўлчашлар

1. Тигелнинг бўш ҳолдаги доимий массаси	16,1530 г
2. Тигелнинг чўкма билан биринчи тортишдаги массаси	16,3242 г
3. Тигелнинг чўкма билан иккинчи тортишдаги массаси	16,3234 г
4. Тигелнинг чўкма билан учинчи тортишдаги массаси	16,3232 г
5. Тигелнинг чўкма билан доимий массаси	16,3232 г
6. Соф чўкманинг доимий массаси	0,1702 г

#### Темир (III) хлорид намунаси массасини ҳисоблаш

1 мол чўкма  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2 мол  $\text{FeCl}_3$  дан ҳосил бўлиши сабабли

1 мол = 159,68г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  га 2 мол=324,42г  $\text{FeCl}_3$  тўғри келса,

0,1702г Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> га                      m г FeCl<sub>3</sub>

$$m_{FeCl_3} = \frac{324,42 \cdot 0,1702}{159,68} = 0,3458g$$

Темир (III) хлорид таркибидаги темирнинг процент миқдори

162,21 г FeCl<sub>3</sub> таркибида 55,85 г Fe бор.

0,3458 г FeCl<sub>3</sub> таркибида m г Fe бор

$$m_{Fe} = \frac{55,85 \cdot 0,3458}{162,21} = 0,1191g$$

Топилган масса неча процентни ташкил этиши топилади:

0,3458 г FeCl<sub>3</sub>    -    100 % бўлса  
0,1194 г Fe        -    x % бўлади

$$x\% = \frac{0,1191 \cdot 100}{0,3458} = 34,42\%$$

## Саволлар

1. Гравиметрик (тортма) анализнинг моҳияти нимадан иборат?
2. Модда анализга қандай тайёрланади?
3. Текшириладиган моддадан тортим олишда нималарга асосланилади?
4. Олинган тортим қандай қилиб эритмага ўтказилади?
5. Чўкманинг чўктириладиган ва гравиметрик (тортма) шакллари ва уларга қўйиладиган талаблар нималардан иборат?
6. Чўктирувчи реагент қандай талабларга мос келиши лозим?
7. Йирик кристаллик чўкмалар ҳосил қилиш учун қандай шароитлар яратилиши керак?
8. Аморф чўкмалар ҳосил қилишда нималарга амал қилинади?

9. Чўкмани филтрлашда қандай филтр қоғозлардан фойдаланилади?

10. Чўкмани филтрлаб, ажратиш қандай амалга оширилади? Декантация нима?

11. Чўкмани ювиш жараёни нима учун бажарилади, ювувчи суюқлик танлашда нималарга эътибор берилади?

12. Чўкмани қуритиш ва қиздириш қандай амалга оширилади?

13. Бюкс ёки тигелни доимий массага келгунча қиздириш жараёни нима?

14. Қайта ҳисоблаш омили ёки аналитик кўпайтма қандай қиймат ҳисобланади?

## Тестлар

1. Гравиметрик анализ асосида қандай қонунлар ётади?

- A) Таркибнинг доимийлик қонуни;
- B) Массанинг сақланиш қонуни;
- C) Эквивалентлар қонуни;
- D) Массалар таъсири қонуни;
- E) Юқорида санаб ўтилган ҳамма қонунлар.

2. Барий ионини барий сульфат ҳолида аниқлаш учун барий хлорид кристаллогидрати тортимининг массаси қанча бўлиши керак?

- A) 0,1 г;
- B) 0,52 г;
- C) 1-1,5 г;
- D) Ҳоҳлаганча;
- E) 0,05 г.

3. Чўкмани тўлиқ чўкишига қандай омиллар таъсир кўрсатади?

- A) Чўктирувчи миқдори;
- B) Эритманинг рНи;
- C) Чўктирилган бирикманинг эрувчанлиги;
- D) Эритма рНи, чўктирувчи реагент миқдори, чўкманинг эрувчанлиги;
- E) Чўктирувчи миқдори ва эритманинг рН қиймати.

4. Анализ учун чўктирувчи реагент эритмасидан қанча ҳажм олиш тавсия этилади?

- A) Эквивалент;
- B) Ҳоҳлаганча ортиқча;
- C) Ҳисоблагандагидан бир ярим марта кўп;
- D) Уч марта ортиқча;
- E) Ҳисоблаган ҳажмдан камроқ.

5. Чўктиришдан кейин кристалл чўкма нима учун тинч қолдирилади?

- A) Чўкманинг етилиши учун;
- B) Тўлиқ чўкиш учун;
- C) Биргаликда чўкиш учун;
- D) Биргаликда чўккан заррачаларнинг десорбцияси учун;
- E) Кўшимчалар адсорбиланиши учун.

6. Чўкманинг етилиши жараёни нима билан ифодаланади?

- A) Заррачаларнинг йириклашиши;
- B) Майда кристалларнинг эриши;
- C) Кўпроқ тўлиқ чўкиши;
- D) Майда кристалларнинг эриши ҳисобига заррачаларнинг йириклашиши;
- E) Адсорбциянинг кучайиши.

7. Чўкмали тигелни доимий массага келтиришда қайси навбатдаги тортишдан кейин қиздириш тамомланади?

- A) 10,3639 г;
- B) 10,3633 г;
- C) 10,3629 г;
- D) 10,3626 г;
- E) 10,3624 г.

8. 0,3664 г барий хлорид кристаллогидрати эритмасидан барий ионларини чўктириш учун сульфат кислотанинг 5% - ли эритмаси ( $\rho=1,03$  г/мл) дан неча миллитр олиш керак?

- A) 0,88 мл;
- B) 1,16 мл;
- C) 4,3 мл;
- D) 2,86;
- E) 10 мл.

9. 10 г  $\text{NaSO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  сакловчи эритмадан сульфат ионларини барий хлорид кристаллогидратининг 9% - ли эритмасидан ( $\rho=1,07$  г/мл) қанча ҳажм кераклигини чўктирувчидан бир ярим баравар ортиқча олинисини назарда тутиб ҳисобланг.

- A) 103 мл;
- B) 155 мл;
- C) 78,7 мл;
- D) 118 мл;
- E) 39,35 мл.

10. Эритмада 0,5324 г барий хлориднинг дигидрати эриган бўлса, шу эритмадан барий ионларини чўктириш учун  $\text{C}(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 1$  мол/л бўлган сульфат кислота эритмасидан неча миллилитр кераклигини чўктирувчи ҳисоблагандан бир ярим баравар ортиқча олинисини назарда тутиб ҳисобланг.

- A) 6,6 мл;
- B) 4,4 мл;
- C) 2 мл;
- D) 5,4 мл;
- E) 7,2 мл.

11. Барий ионини барий сульфат ҳолида аниқлашдаги аналитик кўпайтирувчи нечага тенг?

- A) 1,698;
- B) 0,5887;
- C) 1,177;
- D) 0,2493;
- E) 0,2944.

12. Темирни гравиметрик анализда гравиметрик шакл  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ҳолида аниқлашдаги қайта ҳисоблаш омили қайси қийматга тенг бўлади?

- A) 1,39;
- B) 0,362;
- C) 0,6994;
- D) 2,78;
- E) 0,3497.

13. Барий хлорид кристаллогидрати таркибидаги сувнинг назарий ҳисобланган масса қисми неча процентга тенг бўлади?

- A) 36%;
- B) 56,25%;
- C) 18%;
- D) 11%;
- E) 14,75%.

14. Ҳақиқий массаси 0,2000г темир тутган эритма анализ қилинганда темирнинг массаси 0,2050 г деб топилган бўлса, анализнинг нисбий хатоси неча фоизга тенг?

- A) 0,005%;
- B) 0,5%;
- C) 1,025%;
- D) 2,5%;
- E) 1,5%.

15. Тортими 0,5000г бўлган қотишма эритилиб, чўқтирилганда 0,2861г кумуш хлорид ҳосил бўлган бўлса, қотишмадаги кумушнинг масса улуши нимага тенг бўлади?

- A) 21,5%;
- B) 43%;
- C) 14,1%;
- D) 76,1%;
- E) 24,9%.

16. Барий сульфатнинг гравиметрик шаклининг массаси 0,4665 г бўлса, барий хлорид кристаллогидратининг массаси 0,4888г бўлган тортимидаги барийнинг масса улуши қанча бўлади?

- A) 10,5%;
- B) 17%;
- C) 56,14%;
- D) 62%;
- E) 43,86%.

17. Тортими массаси 0,5015 г бўлган оҳақтошдан анализда гарвиметрик шаклининг массаси 0,3248 г калций оксид

олинган бўлса, калцийнинг оҳактошдаги масса қисми нечага тенг бўлади?

- А) 42,29%;
- В) 96,54%;
- С) 25,9%;
- Д) 36,26%;
- Е) 57,71%.

18. 0,3672 г калций хлорид кристаллогидрати  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  дан неча грамм калций оксид олиш мумкин?

- А) 0,01701 г;
- В) 0,09399 г;
- С) 0,1799;
- Д) 0,30 г;
- Е) 0,1719 г.

19. Темирни  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ҳолида аниқлаш учун (чўкма миқдорини 0,2 г деб ҳисобга олинса) темир (II) сульфат кристаллогидрати  $\text{Fe}_4\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  дан қанча тортим олиш керак?

- А) 0,65 г;
- В) 0,62 г;
- С) 0,5 г;
- Д) 0,7;
- Е) 0,2 г.

20. Натрий хлорид таркибидаги гигроскопик сувнинг процент миқдорини қуйидаги маълумотлардан фойдаланиб ҳисобланг: бюкснинг массаси 6,1282 г; бюкснинг тортим билан массаси 6,7698 г; бюкснинг тортим билан қуритилгандан кейинги массаси 6,7506 г.

- А) 0,30%;
- В) 1,505%;
- С) 1,03%;
- Д) 30,1%;
- Е) 2,99%.



## XX БОБ. ТИТРИМЕТРИК АНАЛИЗ

### 20.1. Титриметрик анализнинг моҳияти ва ўзига хос хусусиятлари

Титриметрик анализ миқдорий анализ методларидан бири ҳисобланиб, унда миқдорни топиш эритмалар ҳажмларини ўлчаш йўли билан бажарилади.

Титриметрик анализнинг моҳияти қуйидагичадир: текшириладиган модданинг тортимидан тайёрланган эритмага (ёки бу эритманинг ўлчанган маълум қисмига) секин-асталик билан ўзаро таъсирлашувчи моддалар тўлиқ реакциясига киришиб бўлгунча аниқ маълум концентрацияли эритма қўшилади; қўшилган реагент эритмасининг ҳажмини аниқ ўлчаш асосида текширилаётган намунадаги аниқланувчи таркибий қисмнинг миқдори ҳисобланади.

Ўзаро таъсир этувчи моддаларнинг тўлиқ реакцияга киришган ҳолати-реакциянинг тамом бўлиш вазияти—**эквивалент нуқта** дейилади, чунки бу вақтда реакцияга киришган моддаларнинг миқдори қатъий эквивалент массада бўлади.

Титриметрик аналитик аниқлашлар учун, гравиметрик методдагидек ҳар қандай кимёвий реакциялардан фойдаланиб бўлмайди. Титриметрик методда қўлланиладиган реакциялар қуйидаги қўйиладиган талабларга мос келиши зарур:

1. Реакция амалда қайтмас бўлиши керак. Бу шарт титриметрик методда гравиметрик анализдагидан янада муҳимроқ, чунки бу ерда реакциянинг мувозанатини реагентнинг ортиқча миқдорини қўшиш билан силжитиш имконияти йўқ.

2. Реакциянинг тамом бўлиш вазияти (эквивалент нуқта) яхши белгиланиши лозим. Эквивалент нуқтада ё реакцияга киришаётган моддалар эритмаларининг ранги ўзгариши ёки бўлмаса, олдиндан текширилаётган эритмага жуда оз миқдорда қўшилган бегона моддалар — индикаторларнинг ранги ўзгариши керак.

3. Титриметрик анализда қўлланиладиган реакциялар тез, амалда бир зумда бориши лозим.

4. Реакция бажариладиган ташқи шароитнинг ўзгариши реакциянинг боришига ва охириги маҳсулотлар хоссаларига таъсир қилмаслиги керак.

5. Титриметрик аниқлашда қўшимча реакциялар бормаслиги керак.

6. Эквивалент нуқтани аниқлашга ва асосий реакциянинг боришига ҳалақит берувчи моддалар олдиндан йўқотилиши лозим.

Анализнинг титриметрик методи гравиметрик методга нисбатан фарқ қиладиган томонлари бор ва улар қуйидагилардан иборат:

– аниқлашларни бажаришда массани ўлчаш ҳажми ўлчаш билан алмаштирилади. Аналитик тарозиларда тортишдан фақат текшириладиган модданинг тортимини олишда ва иш эритмалари тайёрлашда фойдаланилади;

– кимёвий реакциянинг маҳсулотлари миқдорини аниқ ўлчашга асосланган гравиметрик анализдан фарқли ўлароқ, титриметрик методда бошланғич моддалар миқдори топилади;

– бир эритма бошқасига мўл миқдорда эмас, балки қатъий эквивалент миқдорда қўшилади.

Шу билан бирга, қўлланиладиган ускуналарнинг ташқи кўриниши билан, иш услуби билан фарқ қилишига қарамай титриметрик анализни гравиметрик анализга қарши қўйиб бўлмайди, чунки иккала методларнинг моҳияти битта ва айнан ўхшаш. Миқдорий анализнинг гравиметрик ва титриметрик методлари эквивалентлар қонуни билан ифодаланиладиган стехиометрик нисбатларга асослангандир.

Титриметрик методнинг асосий афзаллиги аниқлашларнинг тез бажарилишидир, чунки ҳажми ўлчаш, массани ўлчашга нисбатан анча кам вақтни эгаллайди. Титриметрик анализда узоқ давом этадиган чўкмани қуриштириш, қиздириш ва доимий массага келтириш жараёнлари бажарилмайди. Масалан, сульфат кислотанинг концентрациясини гравиметрик метод билан аниқлаш учун 10 соат сарф бўлса, бу аниқлашни титриметрик метод билан бажариши учун атиги 15–20 минут керак бўлади. Шунинг учун кимёвий лабораторияларда кўпчилик анализлар титриметрик метод билан бажарилади.

Бундан ташқари, чўкмалар ҳосил бўлиши билан борадиган реакцияларнинг камлиги ҳисобига қўлланилиш со-

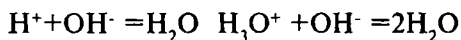
ҳаси тор бўлган гравиметрик методдан фарқли ўлароқ, титриметрик методда ҳар хил турдаги реакциялар: оксидланиш-қайтарилиш, нейтралланиш, комплекс ҳосил қилиш реакцияларини қўллаш мумкин. Шулар билан бир қаторда, гравиметрик методдагидек, титриметрик методда ҳам чўкма ҳосил бўлиш билан борадиган бир қатор аналитик реакциялардан фойдаланиш мумкин.

Титриметрик методнинг аниқлиги гравиметрик методни аниқлик даражасидан камроқ бўлишига қарамай, унинг аниқлик даражаси техник мақсадлар, шунингдек, илмий мақсадлар учун етарлидир.

## 20.2. Титриметрик анализ методлари

Титриметрик анализда қўлланиладиган асосий реакцияга биноан титриметрик анализ методларини тўртта гуруҳга бўлиш мақсадга мувофиқдир.

**1. Кислота-асосли титрлаш(нейтраллаш) методи** нейтраллаш реакциясига асосланган



Бу метод эритмалардаги кислота ёки ишқорлар концентрацияларини аниқлаш билан бирга гидролизланувчи тузлар концентрацияларини ҳам аниқлашга имкон беради. Нейтраллаш методида эквивалент нуқтани индикаторлар (лакмус, метилзарғалдоғи, метил қизил, фенолфталеин ва бошқалар) рангининг ўзгаришига қараб аниқланади.

**2. Оксидланиш - қайтарилиш (редоксиметрик) методи** аниқланувчи модда эритмаси билан ишчи титрланган эритма орасида борадиган оксидланиш – қайтарилиш реакцияларига асосланган. Бу методдан эритмалардаги турли қайтарувчилар ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  кабилар) ёки оксидловчилар ( $\text{C}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  кабилар) ни миқдоран аниқлашда фойдаланилади. Редоксиметриянинг айрим методларининг номи аниқлашда қўлланиладиган ишчи титрланган эритмалар номланишидан келиб чиқади. Бу методлардан кенг қўлланиладиганлари қўйидагилардир:

**Перманганометрияда** оксидловчи сифатида калий перманганат  $KMnO_4$  нинг ишчи титрланган эритмаси ишлатилади.

**Йодометрия** эркин йод  $J_2$ нинг реакцияларда оксидловчи,  $J^-$  ионининг эса қайтарувчи сифатида иштирок этишига асосланган. Индикатор вазифасини крахмал бажаради.

**Хроматометрияда** моддалар калий дихромат  $K_2Cr_2O_7$  нинг титрланган ишчи эритмалари таъсирида титрланади.

Шунингдек, броматометрия — оксидловчи калий бромат  $KBrO_3$ , ванадатометрия — оксидловчи аммоний ванадат  $NH_4VO_3$ , цериметрия — оксидловчи церий (IV) бирикмалари ва бошқалар.

**3. Чўктириш методи** алмашилиш реакцияларига асосланган бўлиб, бу реакцияларда аниқланувчи элемент (ион) қандайдир қийин эрувчан бирикма ҳолида чўкмага тушади. Эквивалент нуқта ҳар хил усуллар билан аниқланади. Ишчи титрланган эритма сифатида қандай реагент эритмаси қўлланишига боғлиқ ҳолда чўктириш методи мутаносиб ном билан юритилади. Масалан, агар титрлаш учун кумуш нитрат  $AgNO_3$  эритмаси қўлланилса, метод аргентометрия, роданид  $NH_4SCN$  қўлланилса роданометрия номи билан аталади.

**4. Комплекс ҳосил бўлиши (комплексометрия) методи** кам ионланувчи комплекс ионлар (ёки молекулалар) ҳосил бўлишга асосланган титриметрик аниқлашларни ўз ичига олади. Бу методлар ёрдамида комплекс ҳосил қилиш реакцияларига кириша олиш хоссаларига эга бўлган ҳар хил катионлар ( $Mg^{2+}, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Hg^{2+}, Al^{3+}$ ) ва анионлар ( $CN^-, F^-, Cl^-$ ) миқдорини аниқланади. Кейинги вақтларда катионларнинг органик реагентлар - комплексонлар билан ўзаро таъсирига асосланган анализ методлари кенг тарзда қўлланилмоқда.

Ўтказиладиган аниқлашларнинг хусусиятига боғлиқ ҳолда титрлашни ҳар хил усуллар билан бажариш мумкин:

— тўғри титрлаш ёки бевосита титрлаш усулида аниқланувчи модда ишчи титрланган эритма билан тўғридан-тўғри титрланади. Бу усул билан анализ қилишда битта ишчи стандарт эритма етарли ҳисобланади;

— қайта титрлаш (ёки уни қолдиқ бўйича титрлаш деб ҳам юритилади) усулида текшириладиган эритмага реагент эритмасидан бир мунча мўл қўшилади ва ортиқча қўшилгани бошқа реагент эритмаси билан титрлаб топилади. Бу

усулда иккита асосий ва ёрдамчи титрланган (концентрацияси аниқ бўлган) ишчи эритмаларидан фойдаланилади. Бу усул титриметрик анализнинг ҳар хил методларида, жумладан роданометрияда қўлланилади;

– алмашлаб титрлаш усули (ёрдამчи эритма билан титрлаш) аниқланувчи ион ишчи эритма билан бевосита таъсирлашмаса ёки у билан стехиометрик бўлмаган нисбатларда реакцияга киришса, ёхуд индикаторлар билан реакция бермаган ҳолларда қўлланилади. Бу усул бўйича аниқланувчи модда устига реакцияга киришувчи махсус реагент қўшилади. Маҳсулотлардан бирини ишчи эритма билан титрланади. Масалан, йодометрик методда аниқланувчи мис тузи эритмасига мўл миқдорда КJ қўшилади. Бунда ажралиб чиққан йод ёрдამчи натрий тиосульфатнинг титрланган эритмаси билан титрлаб топилади.

Титриметрик аниқлашларни қандай усулда бажарилишидан қатъий назар ҳамма вақт ишчи титрланган эритмалар, реакцияга киришувчи моддалар эритмалари ҳажмини аниқ ўлчаш, эквивалент нуқтани аниқ белгилаш, анализ натижаларини тўғри ҳисоблаш зарур бўлади.

### **20.3. Титрланган ва стандартлаштирилган эритмалар тайёрлаш**

Эритмалар концентрацияларини ифодалаш усуллари аорганик кимёда ўрганилган. Аналитик кимёда кўпгина ҳолларда концентрацияси титр ва нормаллик билан ифодаланган эритмалар ишлатилади.

1 мл эритмада эриган модданинг граммлар миқдорига шу эритманинг титри деб аталади.

Титр  $T$  ҳарфи билан белгиланади ва уни қуйидаги формула бўйича топиш мумкин:

$$T = \frac{m}{V} \text{ г / мл}$$

бу ерда,  $m$  - олинган модда массаси;  $V$  - эритма ҳажми.

Бир литр эритмада эриган модданинг эквивалентлар сони билан ифодаланадиган концентрация нормал концентрация деб аталади. Эритманинг нормаллиги (N) маълум бўлса, унда айти эритманинг титри қуйидаги формула бўйича топилади:

$$T = \frac{N \cdot \text{Э}}{1000}$$

бу ерда, N — эритманинг нормаллиги; Э — эриган модданинг эквивалент масасаси.

Аниқ маълум концентрацияли эритмаларни ишчи титрланган эритмалар - титрантлар деб аталади. Титрланган эритмаларни турли усуллар билан тайёрлаш мумкин. Тайёрлаш усулига боғлиқ ҳолда уларни титрланган ва стандартлаштирилган эритмаларга ажратилади.

Керакли модданинг аниқ массали тортимини олиб, маълум ҳажмли ўлчов колбасига ўтказиб, дистилланган сувда эритилса ва ўлчов колбасининг белгисигача дистилланган сув қуйиб, колба тиқинини беркитиб, яхшилаб чайқатилса эритма ҳосил бўлади. Бу усулда тайёрланган эритмаларни стандарт эритмалар ёки тайёрланган титрли эритмалар деб юритилади.

Тайёрланган титрли эритмалар ҳосил қилишда ишлатиладиган моддалар бошланғич моддалар деб номланади. Бу моддалар маълум талабларга жавоб бериши лозим. Бу моддалар кимёвий тоза бўлиши, улар эритмада ва қуруқ ҳолда сақланганда ҳам барқарор бўлиши, таркиби кимёвий формуласига қатъиян мос келиши керак. Шундай моддаларга натрий тетрабарот  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  натрий карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , оксалат кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , натрий оксалат  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , қаҳрабо кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_4$ , калий хлорид KCl, натрий хлорид NaCl, калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ва бошқалар мисол бўла олади.

Стандарт эритмалар (керакли концентрациядаги маълум ҳажмли) тайёрлашдаги модданинг тортими массаси ушбу формуладан ҳисоблаб топилади.

$$m = \frac{N \cdot \text{Э} \cdot V}{1000}$$

бу ерда, m — модда тортимининг массаси, г; N — тайёрланадиган эритма нормаллиги; Э — модданинг эквивалент массаси, г; V — эритманинг аниқ ҳажми, мл.

Бошланғич модданинг тортимини эритиш билан ишчи эритмаларнинг титрини топиш учун стандарт эритмалар ҳосил қилинади.

Аналитик тарозиларда модданинг назарий ҳисобланган миқдорини тортиб олиш жуда кўп вақтни олади. Шу сабабли тортимдан титрланган эритма тайёрлашда қатъиян белгиланган нормалликдаги эритма тайёрлашга уринилмайди. Бунинг ўрнига эритманинг нормаллигига тузатиш коэффициенти ҳисобланади. Масалан 0,1N эритма тайёрлаш учун моддадан тарозида 0,5312г тортим олинди. Тортимнинг назарий ҳисобланган массаси 0,5300 граммга тенг бўлсин. Бундай ҳолда тузатиш коэффициенти қуйидаги қийматга эга бўлади.

$$K = \frac{\text{тортимнинг амалдаги массаси } 0,5312}{\text{тортимнинг назарий ҳисобланган массаси } 0,5300} = 1,00226$$

Бинобарин, тайёрланган эритма концентрацияси тайёрланиши лозим бўлган эритма концентрациясига нисбатан 1,00226 марта катта. Шундай қилиб, тайёрланган эритманинг концентрацияси  $0,1 \cdot 1,00226 = 0,100226N$  бўлади.

Тузатиш коэффициенти бошқача ном билан нормаллик омили ёки эритманинг нормаллигига киритиладиган тузатиш деб юритилади. Ишлаб чиқариш корхоналари лабораторияларида тузатиш коэффициентидан фойдаланилади.

Титрланган ишчи эритмалар сифатида кўпинча минерал кислоталар, ишқорлар, калий перманганат, натрий тиосульфат эритмалари ишлатилади. Бу моддалар стандарт моддаларга қўйиладиган талабларни қаноатлантирмайди. Уларнинг аниқ концентрацияли эритмаларини тортимларидан тайёрлаб бўлмайди. Масалан,  $H_2SO_4$  (конц) намни кучли ютади, учувчанлиги туфайли  $HCl$  нинг ҳам таркиби ўзгариб туради, ўювчи ишқорлар эса ҳаво таркибидаги  $CO_2$  ва сувни ютиб ўз массасини ўзгартиради ва ҳоказо. Шу сабабли, бундай моддаларнинг тахминий миқдордаги тортими керакли ҳажмдаги сувда эритилади ва мос келадиган стандарт модда эритмаси билан титрланади. Стандарт эритманинг маълум концентрацияси ва сарф бўлган ҳажми асосида тайёрланган эритманинг нормаллиги ҳисобланади ва

титри аниқланади. Масалан, натрий гидроксид эритмасининг титри оксалат кислотанинг стандарт эритмаси ёрдамида, хлорид кислота эритмаси титри эса натрий тетраборатнинг стандарт эритмаси билан топилади.

Титри, торгимининг аниқ массаси бўйича эмас, балки у ёки бу стандарт модданинг аниқ концентрацияли эритмаси билан топиладиган эритмалар, титри аниқланган ёки стандартлаштирилган эритмалар деб аталади.

Тахминий концентрацияли эритма титрини аниқлашда ва бу эритма ёрдамида анализни бажаришда битта ва айни ўлчов идишларидан фойдаланиш талаб қилинади.

Аналитик кимё лабораторияларида кўпинча титрланган эритмалар «фиксанал»лардан тайёрланади. Фиксанал, бошқача айтганда, стандарт-титр, ҳажми 1 литр 0,1 ёки 0,01N эритма тайёрлаш учун керакли модданинг аниқ тортиб олинган миқдори ёки ўлчаб олинган ҳажмини қуруқ ёки эритма ҳолида сақловчи шиша ампуладир. Фиксаналдан титрланган эритмалар тайёрлаш учун 1000 мл ўлчов колбасига воронка ўрнатилади ва воронкага шиша бигиз жойлаштирилади. Фиксианал-ампуласи сирти оддий сув ва дистилланган сув билан яхшилаб ювилади. Сўнг фиксанал ампуласи чуқурчаси бор томони билан бигизга ўрнатилади ва ампулани бигизга енгил уриш билан тешилади. Шиша таёқча ёрдамида ампуланинг юқорисидаги тешиги очилади. Ампуладаги модда ўлчов колбасига ўтказилади, бунда ампуладаги модда колбага тўла ўтмагунча воронка устидан олинмайди. Ампуланинг ички қисми ва воронка дистилланган сув билан бир неча марта такрор ювилади. Агар колбага ўтказилган модда тўла эримаган бўлса, иссиқ дистилланган сувда тўла эритилади ва эритма хона ҳароратигача совутилади. Сўнгра воронка олиниб, ўлчов колбаси белгисигача, дистилланган сув қуйилиб, колба оғзи тиқин билан бекитилади ва эритма яхшилаб чайқатилади.

Шундай қилиб, титрланган эритмаларни бажарадиган вазифасига қараб ишчи ва бошланғич стандарт эритмаларга ажратилади. Ишчи эритмалар ёрдамида титриметрик (ҳажмий аналитик) аниқлашлар ўтказилади, эритмадаги текширилаётган модда миқдори топилади. Бошланғич стандарт эритмалар ёрдамида эса ишчи эритмаларининг титри ва нормаллиги аниқланади.



Титриметрик аниқлашларда титрлаш икки усулда ба-  
жарилади.

А) **Айрим тортимлар усули.** Бу усулда аниқланувчи (ёки бошланғич) модданинг қиймати бир-бирига яқин бир неча (2–3) тортими олинади. Ҳар бир тортимни титрлаш учун ишлатиладиган алоҳида колбага солинади, дистилланган сувнинг маълум миқдорида эритилади ва ҳосил бўлган эрит-  
малар титрланади.

Б) **Пипетка усули** — аниқланувчи (ёки бошланғич) мод-  
данинг аниқ торtimi ўлчов колбасига солинади, дистиллан-  
ган сувда эритилади, эритмани сув қўшиб колба белгисигача  
етказилади, яхшилаб аралаштирилади. Сўнг пипетка билан эрит-  
мадан маълум қисми олиниб титрлаш колбасига ўтказилади ва  
концентрацияси аниқ реагент эритмаси билан титрланади.  
Титрлашни 3–4 марта такрорлашиб, ўртача қиймат олинади.

Шуни таъкидлаш лозимки, айрим тортимлар усули  
нисбатан бир-бирига яқин натижалар беради, чунки ҳажм-  
ни ўлчаш фақат бир марта бюретка бўйича ўтказилади.

Пипетка усули, биринчи усулга нисбатан камроқ  
аниқликка (ҳажмни уч қарра ўлчанади) эга бўлишига қара-  
масдан, қулайлиги ва аниқлашнинг тез бажарилиши  
(тортиш сони кам бўлиши) билан афзал ҳисобланади.

## 20.4. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар

Миқдорий анализ амалиётида кўпинча эритмалар кон-  
центрацияларини ифодалашнинг бир усулидан иккинчи усу-  
лига ўтиш билан боғлиқ бўлган, титрлаш натижаларини  
аниқлашга доир ҳисоблашларни ўтказишга тўғри келади.

1 **Эритмаларни тайёрлаш ва уларни суюлтириш билан  
боғлиқ ҳисоблашлар.**

1-мисол. Хлорид кислотанинг 0,1 N эритмасидан 10  
литр тайёрлаш учун конц. HCl ( $\rho=1,19$  г/мл) дан неча  
миллилитр керак?

Ечиш:

Хлорид кислотанинг эквиваленти массасини топамиз.

$$Э_{HCl} = \frac{M_{HCl}}{1} = \frac{36,46}{1} = 36,46г$$

0,1N 10 л эритма тайёрлаш учун зарур бўладиган HCl массаси қуйидаги формуладан ҳисоблаймиз:

$$m_{\text{HCl}} = \frac{N \cdot \mathcal{E} \cdot V}{1000} = \frac{0,1 \cdot 36,46 \cdot 10000}{1000} = 36,46\text{г}$$

Маълумотномадаги жадвалдан зичлиги 1,19 г/мл бўлган HCl нинг фоиз концентрациясини 38,30% эканлигини топиб 36,46г HCl шундай кислота эритмасининг неча грамида бўлишини ҳисоблаймиз.

100 г эритмада 38,30 г HCl бор  
X г эритмада 36,46 г

$$X = \frac{100 \cdot 36,46}{38,30} = 95,20\text{г эритмада.}$$

Ва ниҳоят шунча миқдор массадаги эритманинг ҳажмини ҳисоблаб топамиз.

$$V_{\text{HCl}} = \frac{m}{\rho} = \frac{95,2}{1,19} = 80\text{мл}$$

Бинобарин, 10 литр 0,1 N эритма тайёрлаш учун 80 мл конц. HCl ( $\rho=1,19\text{г мл}$ ) ўлчаб олиб унинг ҳажмини дистилланган сув қўшиб, ҳажмини 10 литрга етказилади.

**2-мисол.** 0,2N 1 литр эритма тайёрлаш учун натрий карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дан неча грамм керак бўлади?

**Ечиш:** Натрий карбонатнинг эквивалент массасини уни молекуляр массасини ( $M_2(\text{Na}_2\text{CO}_3)=106$ ) билган ҳолда ҳисоблаймиз:

$$\mathcal{E}_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106}{2} = 53\text{г}$$

Эквивалент массаси қийматидан фойдаланиб, 1 литр 0,2N эритма тайёрлашга керак бўладиган  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  тортими массасини ҳисоблаймиз:

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{N \cdot \mathcal{E} \cdot V}{1000} = \frac{0,2 \cdot 53 \cdot 1000}{1000} = 10,6\text{г}$$

Демак, аналитик тарозидида 10,6 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  тортими ўлча-  
ниб, 1 литрли ўлчов колбасида дистилланган сувда эритилади.

**3-мисол.** 0,2N эритма ҳосил қилиш учун хлорид кисло-  
танинг 0,8N 100 мл эритмасига қанча сув қўшиш керак?

**Ечиш:** 0,8N 100 мл HCl эритмасидан неча мл 0,2N эрит-  
ма тайёрлаш мумкинлигини ҳисоблаймиз:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{0,8 \cdot 100}{0,2} = 400 \text{ мл}$$

400 мл 0,2N эритма тайёрлаш учун HCl нинг 0,8N 100  
мл эритмасига қанча сув қўшиш лозим эканлигини қуйи-  
дагича топамиз:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_2 - V_1 = 400 - 100 = 300 \text{ мл}$$

**4-мисол.** 40-процентли 800г эритма ҳосил қилиш учун  
сулфат кислотанинг 90%-ли ва 10%-ли эритмаларни қан-  
дай массаларда аралаштириш керак?

**Ечиш:** Бу ҳолда «диагонал қоида»нинг график усули-  
дан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Бу қоидага асосан, қуйидаги график кўринишни тузамиз:

$\begin{array}{ccc} 90 & & 30 \\ & \diagdown & / \\ & 40 & \\ & / & \diagdown \\ 10 & & 50 \end{array}$	$40 - 10 = 30$ масса қисм
	$90 - 40 = 50$ масса қисм

Демак, 90% ли ва 10% ли эритмалар нисбати:

$$m_A(90\%) : m_B(10\%) = 30 : 50$$

Шундан сўнг 800 г ни бу нисбатга асосан, икки қисмга  
ажратамиз:

$$m_A = \frac{800 \cdot 30}{30 + 50} = \frac{24000}{80} = 300 \text{ г}$$

$$m_B = \frac{800 \cdot 50}{30 + 50} = \frac{40000}{80} = 500 \text{ г}$$

Бинобарин, 90%-ли эритмадан 300г ва 10%ли эритмадан 500г олиш керак.

2. Титрлаш натижалари билан боғлиқ ҳисоблашлар. Эритмалар концентрациялари нормаллик билан ифодалангандаги аналитик ҳисоблашларда икки усул қўлланилади: пипетка усули ва айрим тортимлар усули. Анализнинг қандай усулда ўтказишга боғлиқ ҳолда ҳисоблаш тартиби турлича бўлади.

**Пипетка усулини қўлланилгандаги ҳисоблашлар.** Бу усулда маълум бўлган тенгламадан фойдаланилади:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

**Мисол.**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг тортими 250,0 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан пипеткада 25,0 мл олиб, уни титрлаш учун хлорид кислотани 0,1010N эритмасидан 20,20 мл сарфланган бўлса, олинган  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  тортими массасини ҳисобланг.

**Ечиш:** Тенглама  $V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$  дан фойдаланиб, натрий карбонат эритмаси нормаллигини топамиз:

$$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}$$

Бу ердан,

$$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{20,20 \cdot 0,1010}{25,00} = 0,08160$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  эритмаси нормаллиги топилгач, бу эритма титри ҳисобланади:

$$T_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{N(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot \mathcal{E}(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{1000} = \frac{0,08160 \cdot 53,00}{1000} = 0,004325 \text{ г / мл}$$

Титр қийматидан фойдаланиб 250,0 мл эритмадаги эритилган  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  массаси топилади:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = T \cdot V = 0,004325 \cdot 250 = 1,081 \text{ г}$$

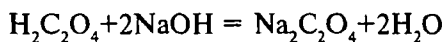
Бундай ҳисоблашларни мутаносиб аниқлик билан олиб бориш лозим: бюретка билан ҳажмни ўлчашда 0,02 мл гача

аниқликда, нормаллик ва титр қийматлари тўртта рақамдан кам бўлмаслиги керак.

**Айрим торгимлар усули билан титриметрик анализ қилингандаги ҳисоблашлар.** Бу усулдаги ҳисоблашларда эквивалентлар қонунига асосланади.

**Мисол.** Оксалат кислота  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  нинг 0,1590г тортимини (маълум миқдордаги сувда эритилган) титрлашда 24,60 мл натрий гидроксид эритмаси сарфланган бўлса, натрий гидроксид эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисобланг.

**Ечиш:** Реакция тенгламасини ёзамиз:



$$\mathcal{E}_{H_2C_2O_4} = \frac{126,06}{2} = 63,03г$$

Оксалат кислота тортими (0,1590г)нинг эквиваленти  $\frac{0,1590}{63,03}$  га тенг бўлади. Бошқа томондан натрий гидроксид

эритмасининг нормаллигини  $N(NaOH)$  билан белгиласак:

$$\frac{N(NaOH) \cdot 24,60}{1000}$$

келиб чиқади.

Натрий гидроксиднинг эквивалент миқдори оксалат кислотанинг эквивалентлар миқдорига тенг бўлади (эквивалентлар қонунига биноан):

$$\frac{N(NaOH) \cdot 24,60}{1000} = \frac{0,1590}{63,03}$$

Бу ердан,

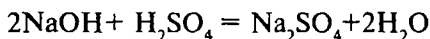
$$N(NaOH) = \frac{1000 \cdot 0,1590}{24,60 \cdot 63,03} = 0,1026$$

$$T(NaOH) = \frac{N(NaOH) \cdot \mathcal{E}(NaOH)}{1000} = 0,004105г / мл$$

**2. Эритманинг концентрацияси ишчи эритманинг титри билан ифодалангандаги ҳисоблашлар.**

**Мисол.** Сулфат кислота эритмасининг 25,00 мл ни титрлаш учун титри  $T(\text{NaOH})=0,004316$  г/мл бўлган NaOH эритмасидан 27,15 мл сарфланди. Сулфат кислота эритмасининг 500,0 мл да неча грамм  $\text{H}_2\text{SO}_4$  борлигини ҳисобланг.

**Ечиш:** Реакция тенгламаси тузилади:



Реакция учун сарф бўлган NaOH массаси топилади:

$$m(\text{NaOH}) = T(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,004316 \cdot 27,15 = 0,1172 \text{ г}$$

Моддалар эквивалент нисбатда реакцияга киришганлиги учун:

49,04г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  билан 40,01г NaOH реакцияга киришди.

$m_2$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  билан 0,1172 г NaOH реакцияга киришди.

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1172 \cdot 49,04}{40,01} = 0,1437 \text{ г}$$

Бу ердан,

$$T(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,1437}{25,00} = 0,005748 \text{ г/мл}$$

500 мл эритмадаги эриган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  массаси топилади:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = T(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{эритма}) = 0,005748 \cdot 500,0 = 2,874 \text{ г.}$$

**4. Эритма концентрацияси аниқланувчи модда бўйича титр билан ифодалангандаги ҳисоблашлар.**

Бу усул эритмадаги модда миқдорини оммавий анализларда аниқлаш учун қулай. Аниқланувчи модда бўйича титр деб, айни модданинг 1 мл ишчи эритма билан реакцияга кириша оладиган граммлар миқдорига айтилади. Аниқланувчи модда бўйича титр қуйидаги формуладан топилади:

$$T = \frac{N \cdot \Xi}{1000},$$

бу ерда,  $T$  – ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри;

N – ишчи эритма нормаллиги;

Э – аниқланувчи модда эквиваленти.

**Мисол.** Сирка кислота эритмасининг 25,00 мл ини титрлаш учун NaOH 0,1145N эритмасидан 20,50 мл сарфланган бўлса, 500 мл эритмада неча грамм сирка кислота бор?

**Ечиш:** а) Натрий гидроксиднинг  $\text{CH}_3\text{COOH}$  бўйича титрини топамиз:

$$\begin{aligned} T_{(\text{NaOH} / \text{CH}_3\text{COOH})} &= \frac{N(\text{NaOH}) \cdot \text{Э}(\text{CH}_3\text{COOH})}{1000} = \\ &= \frac{0,1145 \cdot 60,05}{1000} = 0,006876 \text{ г / мл} \end{aligned}$$

Маълум ҳажмдаги эриган аниқланувчи модда массаси ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри асосида қуйидаги тенгламадан топилиши мумкин;

$$m_{(\text{аниқ эритма})} = T_{(\text{ишчи эритма/аниқ,модда})} \cdot V_{\text{ишчи эритма}} \cdot \frac{V_{\text{улчов.колба}}}{V_{\text{пипетка}}}$$

бу ерда,  $m$  – эритмадаги аниқланувчи модда массаси, г;

$T$  – ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри, г/мл;

$V_{\text{ишчи эритма}}$  – титрлаш учун сарфланган ишчи эритманинг ҳажми, мл;

$V_{\text{улчов колба}}$  – аниқланувчи модда эритмасининг умумий ҳажми, мл;

$V_{\text{пипетка}}$  – титрлаш учун пипеткада ўлчаб олинган аниқланувчи модда эритмасининг ҳажми, мл.

б) Сирка кислотанинг умумий миқдорини топилади:

$$\begin{aligned} m(\text{CH}_3\text{COOH}) &= T(\text{NaOH} / \text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot \frac{V_{\text{улчов.колб.}}}{V_{\text{пипетка}}} = \\ &= 0,006876 \cdot 20,50 \cdot \frac{500}{25} = 2,819 \text{ г} \end{aligned}$$

## Саволлар

1. Титриметрик анализнинг моҳияти нимадан иборат?
2. Титриметрик анализда қўлланиладиган аналитик реакцияларга қандай талаблар қўйилади?
3. Титриметрик методнинг миқдорий анализнинг гравиметрик методдан фарқи нимада?
4. Гравиметрик методдан титриметрик анализнинг авфзаллиги нималардан иборат?
5. Титриметрик анализ методларини неча гуруҳга бўлиш мумкин ва методларнинг моҳияти қандай?
6. Титрлашнинг қандай усуллари мавжуд?
7. Аналитик кимёда қўлланиладиган эритмалар концентрацияларини ифодалаш усуллари қандай бўлади? Титр деб нимага айтилади ва у қандай формулалар билан ифодаланади?
8. Титрланган стандарт эритмалар қандай тайёрланади?
9. Стандарт бошланғич моддалар қандай талабларни қаноатлантириши лозим?
10. Тузатиш коэффициенти (нормаллик омили) қандай ҳисобланади?
11. Стандартлаштирилган эритмаларни тайёрлаш қандай амалга оширилади?
12. Фиксанал нима эканлигини тушунтириш ва фиксаналдан стандарт эритмалар тайёрлаш тартибини тавсифланг.
13. Ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титр қандай таърифланади ва у қайси формула бўйича топилади?
14. Аниқланувчи модда бўйича титр асосида ҳисоблашнинг қандай афзал томони бор деб ҳисоблайсиз?

## Тестлар

1. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар асосида қандай қонун ётади?
  - А) Массанинг сақланиш қонуни;
  - В) Эквивалентлар қонуни;
  - С) Таркибнинг доимийлик қонуни;
  - Д) Каррали нисбатлар қонуни;
  - Е) Массалар таъсири қонуни.



2. Реакцияга киришувчи моддалар миқдорлари эквивалент бўлгандаги титрлаш дақиқаси қандай номланади?
- A) Нейтраллаш нуқтаси;
  - B) Титрлашнинг охириги нуқтаси;
  - C) Эквивалент нуқта;
  - D) Титрлаш кўрсаткичи;
  - E) Титрант.
3. Тортимни исталган ҳажмдаги сувда эритиб, яхлит титрлаш ўтказиладиган титриметрик метод қандай номланади?
- A) Пипеткали титрлаш;
  - B) Бевосита титрлаш методи;
  - C) Тескари титрлаш методи;
  - D) Айрим тортимлар методи;
  - E) Тўғри титрлаш.
4. Титри бошланғич стандарт модда эритмаси билан титрлаб топиладиган титрланган эритма қандай номланади?
- A) Тайёрланган титрли эритма;
  - B) Титри аниқланган эритма;
  - C) Стандарт-титрдан тайёрланган эритма;
  - D) Фиксиал эритма;
  - E) Нормал эритма.
5. Ишчи эритманинг 1 миллилитри билан эквивалент нисбатда ўзаро таъсирлаша оладиган аниқланадиган модданинг граммлардаги массаси қандай номланади?
- A) Эритма титри;
  - B) Ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри;
  - C) Эквивалентнинг моляр концентрацияси;
  - D) Моляр концентрация;
  - E) Тузатиш коэффициенти.
6. Ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри қандай таърифланади?
- A) 1 мл. ишчи эритмада бўлган модданинг граммларда ифодаланган массаси;
  - B) Массаси 1г бўлган аниқланувчи моддага эквивалент бўлган ишчи эритманинг ҳажми;

С) 1 мл. ишчи эритмага эквивалент бўлган аниқланувчи модданинг граммлардаги массаси;

Д) Аниқланувчи модданинг 1 миллитрига эквивалент бўлган ишчи эритманинг граммлардаги массаси.

7. Назарий ҳисобланган концентрацияга нисбатан ишчи эритманинг концентрацияси неча марта катта ёки кичик эканлигини кўрсатувчи қиймат қандай номланади?

А) Ишчи эритманинг титри;

В) Ишчи эритманинг аниқланувчи моддага нисбатан титри;

С) Эквивалентнинг моляр концентрацияси;

Д) Тузатиш коэффициенти;

Е) Қайта ҳисоблаш омили.

8. Эритма титри 0,006300г/мл бўлса, 500 мл эритмада неча грамм  $\text{HNO}_3$  бўлади?

А) 3,15 г;

В) 1,35 г;

С) 1,825г;

Д) 0,315г;

Е) 6,30г.

9. Натрий хлориднинг 5,9120 г тортими 1000 мл. ўлчов колбасида эритилди. Натрий хлорид эритмасининг титри нечага тенг бўлади?

А) 0,0005920 г/мл;

В) 0,005920 г/мл;

С) 0,05920 г/мл;

Д) 0,5920 г/мл;

Е) 0,002960 г/мл.

10. Титри 0,004120 г/мл. бўлган 150 мл. эритмада неча грамм КОН бўлади?

А) 0,618г;

В) 0,00618г;

С) 0,0618г;

Д) 0,0309г; ✓

Е) 0,309г.

11. 20,00 мл сульфат кислота эритмасини нейтраллаш учун натрий гидроксиднинг 0,09641N эритмасидан 19,50 мл сарфланди. Сульфат кислота эритмасининг нормаллиги қандай?

- A) 0,09993 мол/л;
- B) 0,4996 мол/л;
- C) 9,993 мол/л;
- D) 0,9993 мол/л;
- E) 0,3999 мол/л.

12. Хажми 250 мл бўлган ўлчов колбасида 1,7334г  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  эритишдан ҳосил бўлган эритманинг нормаллиги қанча бўлади?

- A) 0,0110N;
- B) 1,1100N;
- C) 0,1010N;
- D) 0,0101N;
- E) 0,1100N.

13. Сульфат кислотанинг 0,2N эритмасидан 2л тайёрлаш учун зичлиги 1,84 г/мл бўлган сульфат кислотадан қанча ҳажм олиш керак?

- A) 0,55 мл;
- B) 5,5 мл;
- C) 55 мл;
- D) 27,5 мл;
- E) 2,75 мл.

14. 0,2000N эритма ҳосил қилиш учун калий гидроксиднинг 0,2260N эритмасидан 725 миллилитрига қанча мл сув қўшиш керак бўлади?

- A) 94,3 мл;
- B) 9,43 мл;
- C) 49,3 мл;
- D) 47,15 мл;
- E) 0,94 мл.

15. 0,32г  $NH_4NO_3$  га ишқор таъсир эттирилганда ажралиб чиққан аммиакни ютиш учун  $H_2SO_4$  нинг 0,1N эритмасидан неча миллилитр керак бўлади?

- A) 20 мл;

- В) 0,4 мл;
- С) 400 мл;
- Д) 4,0 мл;
- Е) 40 мл.

16. Натрий карбонатнинг 0,2648г тортимини нейтраллаш учун HCl нинг 0,1970N эритмасидан 24,45 мл сарфланди. Ифлосланган сода намунасида неча фоиз  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  бўлади?

- А) 48,25%;
- В) 90,50%;
- С) 96,50%;
- Д) 95,60%;
- Е) 9,65%.

17. 0,03402г кумуш натратни титрлаш учун HCl эритмасидан 20,02 мл сарфланди. Хлорид кислотанинг  $\text{Ag}^+$  бўйича титри  $T(\text{HCl}/\text{Ag}^+)$  қийматини ҳисобланг.

- А) 0,01078г/мл;
- В) 0,1078 г/мл;
- С) 0,007018 г/мл;
- Д) 0,001078 г/мл;
- Е) 0,008107 г/мл.

18. Ифлосланган бура намунасидан 0,8750 граммини титрлаш учун HCl нинг 0,2120N эритмасидан 20,40 мл сарфланган бўлса, намунадаги кимёвий тоза бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  нинг масса қисми (%) ни ҳисобланг.

- А) 94,25%;
- В) 92,45%;
- С) 91,25%;
- Д) 92,15%;
- Е) 95,45%.

19. 250 мл ҳажмли ўлчов колбасига суюлтирилган HCl эритмасидан 25,00 мл солиб, колбанинг белгисигача дистилланган сув қўшилди. Бу ҳосил бўлган эритмадан 25 миллилитрини титрлаш учун  $\text{AgNO}_3$  нинг 0,9850N эритмасидан 24,37 мл сарфланди. Текширилаётган кислотанинг 1 литр эритмасида неча грамм HCl бўлади?

- А) 305г;

- В) 350г;
- С) 503г;
- Д) 175г;
- Е) 35,0 г.

20. 250 мл оксалат кислота эритмасидан 25 мл ни титрлаш учун  $\text{KMnO}_4$  нинг 0,05316N эритмасидан 21,35 мл сарфланди. Тайёрланган эритмада неча грамм  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  бўлади?

- А) 0,3553г;
- В) 71,53г;
- С) 0,7153г;
- Д) 7,153г;
- Е) 0,07153г.

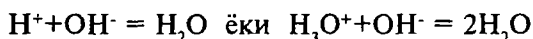
21. Титри 0,001150 г/мл бўлган чумоли кислотанинг 15,00 миллилитрини титрлаш учун калий гидроксиднинг эритмасидан 12,50 мл кетди. КОН эритмасининг нормаллиги ва титрини аниқланг.

- А) 0,0300N; 0,001680 г/мл;
- В) 0,300N, 0,01680 г/мл;
- С) 0,01680N; 0,0300 г/мл;
- Д) 0,1680N; 0,0300 г/мл;
- Е) 3,000N; 1,680 г/мл.

# XXI БОБ. КИСЛОТА-АСОСЛИ ТИТРЛАШ (НЕЙТРАЛЛАШ) МЕТОДЛАРИ

## 21.1. Нейтраллаш методининг моҳияти

Кислота-асосли титрлаш методи асосида водород ионлари ёки гидроксоний ионларининг гидроксид ионлари билан ўзаро таъсири натижасида кучсиз диссоциланувчи сув молекулалари ҳосил бўлиши билан борадиган реакция ётади.



Бу метод кислоталар ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ва бошқалар), гидроксидлар ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ва бошқалар) сувда гидролизланувчи тузлар ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), шунингдек, аралашмалар ( $\text{NH}_4\text{Cl}$  ва  $\text{NaOH}$ ) ни миқдоран аниқлашда қўлланилади.

Кислота-асосли титрлашнинг икки асосий методи маълум. Эритмадаги ишқорлар ва сувдаги эритмаларда гидролизланиши натижасида ишқорий муҳит ҳосил қилувчи тузлар концентрациясини аниқлашда стандартлаштирилган ишчи эритмалар сифатида кислота эритмаси ишлатилади. Бундай аниқлашлар **ацидметрия** (лотинча *acidum* - кислота) деб юритилади.

Кислоталарнинг концентрациясини ёки гидролизланиши туфайли кислотали муҳит ҳосил қилувчи тузлар концентрациясини аниқлашда стандартлаштирилган ишчи эритмалар сифатида ишқорлар эритмаси ишлатилади. Бундай аниқлаш методи **алкалиметрия** (лотинча *alkali*-ишқор) деб номланади.

Нейтраллаш методларида ишчи эритма сифатида кўпинча хлорид ва сульфат кислоталарнинг эритмалари,  $\text{NaOH}$  ҳамда  $\text{KOH}$  эритмалари ишлатилади. Бу кислоталар ва ишқорларни титрланган эритмалар (стандарт эритмалар) тайёрлаш учун бошланғич стандарт моддалар сифатида фойдаланиш мумкин бўлмаганлиги сабабли, аввал уларнинг тахминий концентрацияли эритмалари тайёрланади

(0,1-0,5N эритмалари), сўнгра уларнинг аниқ титри ва нормаллиги стандарт эритмалар ёрдамида титрлаб аниқланади.

Кислоталар эритмалари титрини топишда натрий тетраборат ёки сувсиз натрий карбонатларнинг стандарт эритмаларидан, ишқорлар эритмаларининг аниқ титрини топишда оксалат  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ёки қаҳрабо  $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$  кислоталарининг стандарт эритмаларидан фойдаланилади. Бу моддалар ишлаш учун қулай ва титрлашда яхши натижалар беради.

Нейтралланиш реакциялари борганда қандайдир ташқи белгилар (эффектлар) кузатилмайди. Шу сабабли, эквивалент нуқтани белгилашда мутаносиб индикаторларни қўллаш керак. Индикаторларни тўғри танланмаса анализ натижаларида ўта хатоликлар бўлишига олиб келади. Индикаторлар назариясини ўрганиш титрлашнинг ҳар хил ҳолатларида уларни танлашга ёрдам беради.

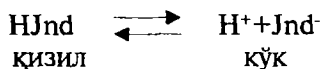
## **21.2. Кислота-асосли титрлаш методининг индикаторлари**

Индикаторлар эритманинг рН қиймати ўзгаришига боғлиқ ҳолда рангини ўзгартиради, шу сабабли улар рН индикаторлар деб юритилади. Бу хоссаларга эга бўлган жуда кўп сондаги моддалар маълум, лекин уларнинг ҳаммасини ҳам индикаторлар сифатида қўлланилиб бўлмайди. Индикаторлар тариқасида ишлатилиши мумкин бўлган моддалар маълум талабларни қаноатлаштириши лозим: индикаторлар ранги яхши сезиладиган бўлиши, индикатор ранги рН нинг кичик оралиғида кескин ўзгариши, рангнинг ўзгариши қайтар бўлиши керак.

Кислота-асосли титрлаш методининг индикаторларининг ранги рН қийматининг маълум оралиғида ўзгаради. Бу ўзгариш кўпинча қатъий эквивалент нуқтада бўлмай, балки у ёки бу томонга бироз оғиш билан боради. Бу четлашиш титрлашнинг индикатор хатоси деб юритилади.

Индикаторлар рангини ўзгаришга олиб келувчи кимёвий-физик жараёнларнинг механизми XIX аср охиригача тушунарсиз бўлиб келди. 1894 йилдагина Остволд томонидан электролитик диссоциланиш назариясига асосланган индикаторларнинг ион назарияси таклиф қилинди. Бу назария

рияга биноан, кислота-асосли титрлаш индикаторлари органик кислоталар ёки асослар деб қаралади. Уларнинг диссоциланмаган молекулалари ва ионларининг ранги турли бўлади. Чунончи, масалан, лакмуснинг диссоциланмаган молекулалари қизил рангли бўлса, анионлари эса кўк рангда бўлади. Лакмуснинг диссоциланишини қуйидагича ёзиш мумкин:



Айни ҳолда лакмус молекулалари протон донори вазифасини бажаради ва агар эритмага 1-2 томчи натрий гидроксид эритмасидан қўшилса,  $\text{OH}^-$  ионлари  $\text{H}^+$  ионлари билан бирикиб, сув молекулаларини ҳосил қилади. Шу сабабли, мувозанат ўнг томонга силжийди ва  $\text{Jnd}^-$  ионлари ҳосил бўлиши ҳисобига эритманинг ранги кўк тусли бўлиб қолади. Лакмус эритмасига 1-2 томчи хлорид кислота  $\text{HCl}$  эритмаси томизилса, мувозанат  $\text{HJnd}$  молекулалари ҳосил бўлиш (чап) томонга силжийди ва эритма қизил рангли бўлади. Нейтрал муҳит ҳолатида  $\text{HJnd}$  молекулалари ва  $\text{Jnd}^-$  ионлари эквивалент миқдорларда бўлади, эритма ранги бинафша тусли бўлади.

Биобарин, баъзи индикаторлар протон донори бўлиб, кислотали индикаторлардир. Бошқа баъзи бир индикаторлар  $\text{H}^+$  ионлари акцептори вазифасини бажаргани учун асосли индикаторлар ҳисобланади:



Икки рангли шаклга эга бўлган индикаторлар (лакмус, метил зарғалдоғи, метил қизил ва бошқалар) икки рангли индикаторлар, фақат бир рангли шаклга эга бўлганлари эса — бир рангли индикаторлар деб номланади.

Индикаторларнинг ион назарияси уларнинг рангини эритмага киритилган  $\text{H}^+$  ва  $\text{OH}^-$  ионлари таъсирида ўзгариши механизмини ишонарли тушунтиради. Лекин ион назария органик моддаларнинг тузилишини уларнинг рангига таъсири тўғрисида тўлиқ тасаввур ҳосил қилмайди.

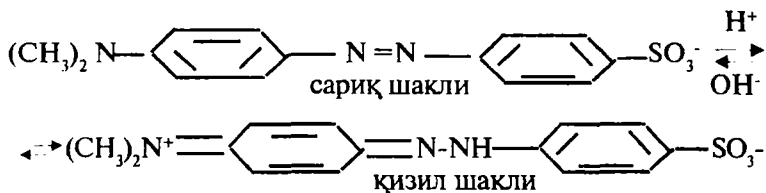
Шу нарса маълумки, органик бирикмаларнинг ранги улар молекулаларида «ранг ташувчи» — хромофор деб аталувчи алоҳида атомлар гуруҳи бўлишига боғлиқ. Масалан,



хромофорлар сифатида маълум кетма-кетликда жойлашган карбонил группа  $>C=O$ , нитрозогуруҳ  $HO-N=$ га ўтиши мумкин бўлган нитрогуруҳ  $O=N-$ , гидрозогуруҳга айланиши мумкин бўлган азогуруҳ  $-N=N-$ , хиноид гуруҳига айлана оладиган бензой гуруҳи ва бошқа гуруҳлар бўлиши мумкин.

Эритма муҳитининг ўзгариши жараёнида хромофор гуруҳининг қайта гуруҳланиши, яъни унинг ички тузилишининг ўзгариши кузатилади ва индикаторнинг ранги ўзгаради. Бир тусли индикаторларда рангнинг йўқолиши ёки пайдо бўлиши хромофор гуруҳнинг ҳосил бўлиши ёки йўқолиши билан тушунтирилади. Икки тусли индикаторларда рангнинг ўзгаришига сабаб бир хромофор гуруҳнинг бошқасига қайта гуруҳланишидир. Атомларнинг қайта гуруҳланиши қайтар ҳодиса бўлиб, у таутомер изомерия деган ном билан юритилади.

Сувдаги эритмаларда метил зарғалдоғи пушти рангда,  $pH < 3,1$  бўлганда қизил,  $pH > 4,4$  дан катта бўлганда сариқ рангга ўтади. Индикатор азогруппасидаги азотга кислотанинг водород  $H^+$  катионини бириктириши туфайли қизил рангли ион ҳосил бўлади. Индикатор эритмасига аста-секин ишқор қўшилса, унинг ранги пуштидан сариқ рангга ўтади.



Шуни таъкидлаш керакки, кислота-асосли титрлаш индикаторлари бир-бирига ўтиб турувчи шаклларда мавжуд бўла олади. Индикаторнинг бир шаклдан бошқасига ўтиши  $H^+$  ва  $OH^-$  ионлари таъсирида вужудга келади.

Ҳозирги замон тасавурларига кўра, тўғрироқ назария бўлиб, индикаторларнинг ион-хромофор назарияси ҳисобланади. Бу назарияга мувофиқ, индикатор рангининг ўзгариши, индикатор молекуласига водород ионларининг бириктириши ёки  $H^+$  ионларини ажратиши ҳисобига юз беради, бу ўз навбатида индикатор молекулаларининг тузилишида ўзгариш бўлишига олиб келади. Иккита кўриб ўтилган назариялар битта ионхромофор назарияга бирлашади.

### 21.3. Индикаторларнинг ўзгариш оралиғи, индикатор кўрсаткичи, титрлаш кўрсаткичи

Нейтрал муҳитда турли индикаторлар молекулаларининг диссоцилланишига мойиллиги диссоцилланиш константалари билан ифодаланнади. Масалан, метилзарғалдоғида  $K=10^{-4}$ , лакмусда  $K=10^{-8}$ , фенолфталеинда  $K>10^{-9}$  бўлади. Бинобарин, бу индикаторлар ичида фенолфталеин кучсизроқ органик кислота ҳисобланади.

Маълумки, хоҳлаган эритмага кислота ёки ишқорнинг қўшилиши  $H^+$  ионларининг концентрациясини ўзгартиришга олиб келади. Демак, рН қиймати ўзгаради. Индикаторлар рангининг ўзгариши ҳам эритма рН нинг ўзгариши билан боғлиқ.

Ҳар бир индикатор фақат маълум бир шу индикатор учун хос бўлган рН қиймати оралиғида ўз рангини ўзгартиради. Масалан, агар кислота эритмасига бир неча томчи фенолфталеин қўшилса ва кислотани аста-секин ишқор эритмаси билан нейтралланса, бунда  $H^+$  ионлари концентрацияси аста-секин камайиб боради, эритманинг рН қиймати эса ошиб боради. Лекин индикатор ранги ишқор қўшилгунча қандай бўлса, шундай рангсизлигича қолади. Ҳамма кислота нейтралланган бўлса ҳам, рН қиймати 7 дан бироз катта бўлса ҳам, эритма рангида ўзгариш кузатилмайди. рН қиймати 8 га етгандагина фенолфталеиннинг оч пушти ранга кириши кузатилади. Ишқор эритмасини янада қўшиб бориш ҳисобига пушти ранг қуюқлаша бошлайди, бу қуюқлашиш фақат рН қиймати 10 га етгунча давом этади. Шу қийматдан кейин индикатор рангининг ўзгариши тўхтабди. Шундай қилиб, фенолфталеин рангининг ўзгариш оралиғи рН қийматининг 8 билан 10 ўртаси ҳисобланади.

Индикатор ўз рангини ўзгартирадиган рН нинг икки қиймати ўртасидаги оралиқ индикатор рангининг ўзгариш оралиғи дейилади.

Метилзарғалдоғи учун ранг ўзгариш оралиғи рН нинг 3,1 дан 4,4 оралиғида бўлади. Бу оралиқда бу индикаторнинг ранги қизилдан сариққа ўтади.  $pH < 3,1$  бўлса метилзарғалдоғи қизил рангини сақлаб туради, рН нинг қиймати 4,4 дан катта бўлса сариқ рангини сақлаб қолади.

Индикаторнинг диссоцилланиш константаси қанчалик катта қийматга эга бўлса, унинг молекулалари шунчалик

осон ионларга парчланади ва индикатор ўз рангини ўзгартирадиган рН қиймати шунчалик кичик бўлади. Масалан, метил зарғалдоғининг диссоциланиш константаси ( $K=10^{-4}$ ) фенолфталеинникига ( $K\approx 10^{-9}$ ) нисбатан анча катта.

Шу сабабли, метил зарғалдоғининг ўз рангини ўзгартириш оралиғи эритма рН нинг анча кичик қийматлари оралиғида бўлади.

Титрлашнинг боришида ишчи эритмани индикатор рангининг ўзгариши кескин бўлгунча қўшилади. Айти индикатор иштирокида титрлаш тамом қилинадиган рН нинг қийматини титрлаш кўрсаткичи деб аталади ва рТ билан ифодаланади.

Нейтраллаш методида ишлатиладиган муҳим индикаторларнинг рангининг ўзгариши рНнинг оралиғи ва рН нинг титрлаш кўрсаткичлари қуйида келтирилади:

Индикаторлар	рН нинг ранг ўзгариши оралиғи	Титрлаш кўрсаткичи, рТ
1. Метил зарғалдоғи	3,1 - 4,4	4,0
2. Метил қизил	4,4 - 6,2	5,5
3. Лакмус	5,0 - 8,0	7,0
4. Фенолфталеин	8,0 - 10,0	9,0

Шундай қилиб, ҳар хил индикаторлар иштирокида титрлашни рН нинг турли қийматларига эришилганда тўхтатилади, бу қийматлар, одатда, нейтралланиш нуқтасига мос келмайди.

## 21.4. Титрлаш эгри чизиқлари

Титрлашнинг охири нуқтасини ёки эквивалент нуқта (аниқланаётган модда миқдорини қўшиладиган реагентнинг миқдорига эквивалент бўлгандаги вазият)ни аниқлаш титриметрик анализ методининг муҳим қисми ҳисобланади, чунки анализ натижаларининг тўғрилиги даражаси эквивалент нуқтани аниқ белгилашга боғлиқдир. Титрлашнинг эквивалент нуқтасини кўпинча титрланаётган эритмага қўшилган 1-2 томчи индикатор эритмаси рангининг ўзгаришига асосланган индикатор методи билан аниқланади.

Титрлаш учун индикатор танлаш имкониятига эга бўлиш учун сифат кўрсаткичларидан ташқари, бу жараёни миқдорий жиҳатдан ифодалайдиган методлардан ҳам фойдаланиш зарурдир. Бундай методларга, титрлаш эгри чизиқлари тузиш методи, титрлашда йўл қўйилиши мумкин бўлган индикатор хатосини ҳисоблаш методлари киради.

**«Титрлаш эгри чизиқлари» методи.** Кислотанинг маълум ҳажмдаги 0,1 N эритмасига шунча нормалликдаги ишқор эритмаси қўшила бошлаганда муҳит реакциясининг кислоталидан нейтралга ўтиши, сўнгра ишқорий муҳитга ўзгариши юз беради. Қўшилган ишқор эритмасининг миқдори рН нинг маълум қийматига ва индикаторнинг рангига мутаносиб бўлади.

Бу жараёни ўрганиш имкониятига эга бўлиш ва керакли индикатор танлаш учун график методдан фойдаланилади. Бунинг учун ордината ўқига рН қийматлари жойлаштирилади, абсцисса ўқига эса қўшилган ишқор (NaOH) эритмасининг миқдори (мл) қўйилади. Бунда рН нинг қўшилган ишчи эритманинг қўшилган миллитрлари миқдорига боғлиқ ҳолда ўзгаришини тавсифловчи эгри чизиқ ҳосил бўлади. Титрлашнинг эгри чизиқлари ҳосил бўлишининг уч ҳолати мавжуд.

**1) Кучли кислота эритмасини кучли асос эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи.**

Титрлашнинг эгри чизиғини тузиш учун конуссимон колбага хлорид кислотанинг 0,1000 N эритмасидан 20,00 мл қўйилади ва бюреткадан натрий гидроксиднинг 0,1000 N эритмасидан аста-секин 20,00 мл томизилади, қўшилган гидроксиднинг миллилитр миқдорларига боғлиқ равишда рН нинг қийматлари ҳисоблаб чиқарилади ва ҳосил қилинган нуқталарни бирлаштириб эгри чизиқ тортилади. Аввал эгри чизиқнинг бошланғич нуқтаси топилади  $C(\text{HCl})=0,1N=0,1M$ , шу сабабли  $\text{H}^+$  ионлари концентрацияси  $[\text{H}^+]=0,1=10^{-1}$  мол/л ва  $\text{pH}=1$  бўлади, хлорид кислотанинг ионланиш даражаси  $C(\text{HCl})=0,1N$  да 1 га тенг бўлади.

Шундан кейин эквивалент нуқта аниқланади. Эритмалар концентрациялари 0,1N га тенг бўлганлиги учун хлорид кислотанинг 20 мл эритмасига натрий гидроксиднинг шу нормалликдаги эритмасидан титрлаш учун 20 мл сарф бўлади ва  $[\text{H}^+]=[\text{OH}^-]=10^{-7}$ , бинобарин  $\text{pH}=7$ . Эритмада туз-натрий хлорид бўлиб, бу туз гидролизланмайди, эквива-

лент нуқтада координатлар  $x_n = 20$  мл,  $pH = 7$  бўлади («2» - нуқта). Бошланғич ва охириги нуқталар координатларини билган ҳолда оралиқ нуқталарни ҳисоблашга киришилади. Фараз қилайлик, 3-нуқтада хлорид кислотанинг  $0,1N$   $20,0$  мл эритмасига натрий гидроксиднинг  $0,1N$  эритмасидан  $18,00$  мл қўшилди, бунда эритмада хлорид кислотанинг  $0,1 N$  эритмасидан  $2$  мл, яъни

$10$  марта кам қолади, ва шу сабабли,  $C_3 = \frac{0,1}{10} = 0,01$ , демак,

$pH = -\lg[H^+] = -\lg(10^{-2}) = 2$ . Кейинги 4-нуқтада қўшилган  $NaOH$  эритмаси  $19,80$  мл га етганда  $C(HCl) = 0,001 M$ ,  $[H^+] = 0,001 M$  бўлади ва  $pH$  қиймати  $3$  га тенг бўлади.

Шундай йўл билан бошқа оралиқдаги нуқталар ҳисоблаб топилади.

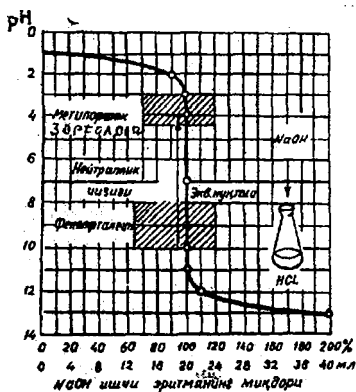
19-жадвалда келтирилган маълумотлар асосида кучли кислота эритмасини кучли асослар билан титрлаш эгри чизиғи тузилади (27-расм).

19-жадвал

Хлорид кислотанинг  $0,1N$  эритмасидан  $20$  мл ни ишқор эритмаси билан титрланганда  $pH$  қийматининг ўзгариши

Қўшилган $NaOH$		$HCl$ нинг қолдиғи		$pH$ қиймати
%	Мл	%	мол/л	
0	0	100	0,1	1
90	18	10	0,01	2
99	19,8	1,0	0,001	3
99,9	19,98	0,1	0,0001	4
			$10^{-7}$	7
100,0	20,00	0	Ортиқча	
100,1	20,02	0,1	0,0001	10
101	20,2	1,0	0,001	11
110	22	10,0	0,01	12
200	40	100	0,1	13

Титрлаш эгри чизиғидан кўриниб турдибдики, титрлашнинг охирига яқинлашганда эритма  $pH$  қийматининг кескин ўзгариши юз беради ва кескин «сақраш» кузатилади.



27-расм. 0,1 N HCl эритмасыни 0,1 N NaOH эритмасы билан титрлаш эгри чизиғи.

ди. Агар 99,9% кислотани нейтраллаш вақтида рН 0,1 дан аста-секин 4,0 гача кўтарилган бўлса, жуда оз миқдордаги натрий гидроксид эритмасы (0,1% нейтралланиш нуқтасигача ва 0,1% ортиқча миқдорда) қўшилганда эса рН қиймати 4,0 дан 10,0 гача ортади. Ишқорнинг қўшилган охири томчиси рН нинг 6 бирликка ўзгаришига  $[H^+]$  ни 1000 000 марта камайишига олиб келади, шунинг учун эгри чизиқдаги шу бўлак вертикал ҳолатни эгаллайди, бу вер-

тикал қисм титрлаш эгри чизигининг рН ни “сақраш” қисми деб юритилади.

Эквивалент нуқтага етиб келгач, ишқор эритмасыни қўишишни давом эттирсак  $[H^+]$  камаяди ва эгри чизиқнинг иккинчи қисми худди биринчи қисм каби шаклга эга бўлади.

Кучли кислота эритмасыни кучли ишқор билан титрлашдаги эгри чизиқ қуйидаги ўзига хос томонларга эга:

а) Эквивалент нуқта нейтралланиш чизигида жойлашади:

б) Титрлаш эгри чизигидаги рН нинг “сақраши” (0,1N эритмаларда) катта оралиққа эга бўлиб рН=4,0 дан рН=10 гача бўлади.

в) Ишқор эритмасыни бордию кислота эритмасы билан титрланганида бошланғич нуқта графикнинг пастки қисмида — рН қиймати 13 га мос келган бўлур эди.

Титрлашнинг эгри чизиги асосида қуйидаги хулосага келиш мумкин: бу титрлашда метилзарғалдоғи, метил қизил(метил рот), фенолфталеиндан индикаторлар сифатида фойдаланиш мумкин, чунки бу индикаторларнинг титрлаш кўрсаткич рТ эгри чизиқдаги рН нинг “сақраш” қисмига мос келади.

2) **Кучсиз кислота эритмасыни кучли асос эритмасы билан титрлаш эгри чизиги.**

Кучсиз кислота эритмасыни кучли асос эритмасы билан титрлашда эгри чизиқ нуқталарини топишда олдинги

вариантдагидек  $[H^+]$  ни ҳисоблаш усулини қўллаб бўлмайди. Мазкур ҳолатда эквивалент нуқтадаги рН ни аниқлаш учун эритмада гидролизга учраши мумкин бўлган кучсиз кислота ва кучли асосдан ҳосил бўлган туз титрлаш натижасида пайдо бўлишини ҳисобга олиш лозим. Бинобарин, бу ҳодисани эътиборга олувчи формулани қўллаб ҳисоблаш бажарилади, бундай формулалар дарсликнинг 1-қисмидан (4.3) маълум. Титрлаш учун кучсиз кислота сифатида сирка кислота олиниб, унинг 0,1N эритмасидан 20 мл олиб, унга натрий гидроксиднинг 0,1N эритмасидан 20 миллилитри томчилатиб қўшилади. Титрлаш эгри чизигининг бошланғич нуқтасини аниқлашда аввало сирка кислотанинг 0,1N эритмасидаги  $[H^+]$  қиймати ҳисобланади.

$$[H^+]^2 = K_{\text{кисл}} \cdot C_{\text{кисл}} \quad \text{бу ердан,} \quad [H^+] = \sqrt{K_{\text{кисл}} \cdot C_{\text{кисл}}}$$

$$pH = \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{кисл}}$$

рК кисл қийматини ҳисобланади:

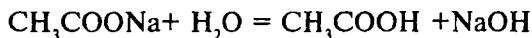
$$pK(CH_3COOH) = -1,74 \cdot 10^{-5} = -(0,24 - 5,0) = 4,76$$

$$\frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} = 4,76 : 2 = 2,38$$

$$-\frac{1}{2} \lg C(CH_3COOH) = -\frac{1}{2} \lg 10^{-1} = -\frac{1}{2}(-1) = +0,5$$

$$\text{Бинобарин, } pH = 2,38 + 0,5 = 2,88$$

Эквивалент нуқтадаги рН қиймати бу ҳолда гидролиз ҳодисасини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланади, чунки титрлашда ҳосил бўлган натрий ацетат сув таъсирида гидролизланади.



Демак, эритма муҳити ишқорий бўлади ва

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_{\text{сув}} \cdot C_{\text{туз}}}{K_{\text{кисл}}}}, \quad pOH = 7 - \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{туз}}$$

pH қийматига ўтилса:

$$\begin{aligned} pH &= 14 - pOH = 14 - \left(7 - \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{туз}}\right) = \\ &= 7 + \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{туз}} \end{aligned}$$

$pK_{\text{кисл}}$  қиймати юқоридагидек бўлади, яъни 4,76,  $C_{\text{туз}}$  нинг қиймати эса эритманинг суюлиши ҳисобига ўзгаради ва  $0,1 : 2 = 0,05N$  бўлади.

$\lg 0,05 = \lg 5 \cdot 10^{-2} = -0,7 + 2 = 1,3$ . Бу қийматларни pH ни топишнинг формуласига қўйилса:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} \cdot 4,76 - \frac{1}{2} \cdot 1,3 = 8,73 \text{ келиб чиқади.}$$

pH нинг титрлаш эгри чизигининг оралиқ нуқталарига мос келадиган қийматларини ҳисоблаш учун кучсиз кислота ва унинг тузлари эритмаларидаги  $[H^+]$  ва pH ни топишда қўлланиладиган формулалардан фойдаланилади:

$$[H^+] = \frac{K_{\text{кисл}} \cdot C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}} \quad \text{ва} \quad pH = pK_{\text{кисл}} - \lg \frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{туз}}}$$

Фараз қилайлик, биринчи марта 10,00 мл натрий гидроксид эритмаси қўшилди, бунда қолган кислота эритмаси ҳажми (20-10) 10 мл га тенг бўлиб қолади, эритма ҳажми колбада ошади ва 20+10 мл = 30 мл га тенг бўлади. Бинобарин, кислотанинг концентрацияси қуйидагича бўлиб қолади:

$$C_{\text{кисл}} = \frac{0,1 \cdot (20 - 10)}{20 + 10} = 0,03 \text{ мол / л}$$

Тузнинг концентрацияси ҳам қуйидагича бўлади:

$$C_{\text{туз}} = \frac{0,1 \cdot 10}{30} = 0,03 \text{ мол / л}$$



Бу қийматларни рН ни ҳисоблаш формулага қўйсақ:

$$pH = 4,76 - \lg \frac{0,03}{0,03} = 4,76$$

келиб чиқади. Шундай йўл билан ҳамма керакли оралиқ нуқталарни (рН қийматларини) ҳисоблаб чиқариш ва 20-жадвалга жойлаштириш мумкин.

20-жадвал

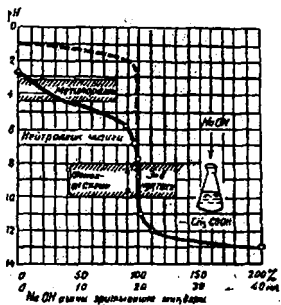
Сирка кислотанинг 20 мл 0,1N эритмасини натрий гидроксидининг 0,1N эритмаси билан титрлашдаги рН қийматининг ўзгариши

Қўшиладиган NaOH		CH <sub>3</sub> COOH нинг миқдори	рН нинг қиймати
%	мл	%	
0	0	100	2,9
50	10	50	4,8
90	18	10	5,7
99	19,8	1	6,8
99,9	19,98	0,1	7,8
100	20,00	0	8,9
		Ортиқча	
100,1	20,02	0,1	10
101	20,2	1	11
110	22	10	12

Ҳисоблаб чиқарилган катталиклар асосида кучсиз кислота эритмасини кучли ишқор эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи тузилади ва ушбу эгри чизиқ қуйидаги ўзига хос томонлари билан тавсифланади (28-расм):

а) титрлашнинг эквивалент нуқтаси ишқорий муҳитда рН = 8,72 да бўлади.

б) титрлаш эгри чизиғидаги рН нинг сакраш оралиғи катта бўлмай рН нинг қийматлари 8 билан 10 оралиғидадир.



28-расм. Кучсиз кислота эритмасини кучли ишқор эритмаси билан (ёки аксинча) титрлаш эгри чизиғи.

в) титрлаш эгри чизиғининг бошланғич нуқтаси кислотали муҳитда  $pH=3,0$  (2,88) да жойлашган.

Титрлаш натижасида ҳосил бўладиган туз натрий ацетат гидролизланганда кучсиз ишқорий муҳит ҳосил қилади, шу сабабли титрлашнинг эквивалент нуқтаси нейтралланиш чизиғига мос келмайди. Бинобарин, бундай титрлаш ҳолати учун индикатор сифатида фенолфталеиндан фойдаланиш

мумкин, унинг титрлаш кўрсаткичи  $pT$  9га тенг ва чизиқнинг сакраш қисмида жойлашган. Бошқа индикаторлар (метил зарғалдоғи, метил қизил, лакмус) нинг қўлланиши мумкин бўлмайди, чунки уларнинг титрлаш кўрсаткичлари  $pT$  эгри чизиқнинг сакраш қисмига мос келмайди.

### 3) Кучсиз асос эритмасини кучли кислота эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи.

Кучсиз асос сифатида аммиакнинг сувдаги эритмаси ( $NH_4OH$ ) олиниб, уни кучли кислота эритмаси билан титрлашда ҳам  $0,1N$  эритмалар олиниб,  $NH_4OH$  нинг 20 миллилитри хлорид кислотанинг  $0,1N$  20 мл эритмаси билан титрланади. Шуни таъкидлаш зарурки, бу ҳолда бюреткада кислота эритмаси, титрлаш колбасида аммоний гидроксид эритмаси бўлади, титрлаш эгри чизиғи пастдан юқорига қараб кетади, чунки бошланғич нуқта  $0,1N$  аммиак эритмасининг  $pH$  қийматига мос келади.

Эквивалент нуқта кучсиз асос ва кучли кислотадан ҳосил бўлган тузнинг  $pH$  қийматига мос келади ва бу нуқта кислотали муҳитда ётади. Бу хилдаги титрлашнинг бошланғич, охириги ва оралик нуқталарини ҳисоблаш иккинчи титрлаш йўли каби бажарилади ва унинг натижалари 21-жадвалда келтирилган.

Бу қийматлар асосида титрлашнинг эгри чизиғи тузилади (29-расм). Титрлашнинг эгри чизиғи кўринишини таҳлил қилиб қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

– эквивалент нуқта кучсиз кислотали муҳитда жойлашган -  $pH=5$ ;

– бошлангич нуқта эса кучсиз ишқорий муҳитда жойлашади;

– титрлашнинг эгри чизигидаги рН нинг «сакраши» рН=4,0 дан рН=6,2 оралигида бўлади.

Кучсиз асос эритмасини кучли кислота эритмаси билан титрлашда рангининг ўтиш оралиги эгри чизиқнинг сакраш қисмида ётадиган индикаторлардан, чунончи метил қизил (рТ=5,5) ва метил зарғалдоғи (рТ=4,0) дан фойдаланиш мумкин.

21-жадвал

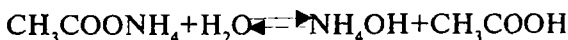
Аммоний гидроксиднинг 0,1N эритмасидан 20 мл.ни хлорид кислотанинг 0,1N эритмаси билан титрлашда рН қийматининг ўзгариши.

Қўшиладиган HCl		NH <sub>4</sub> OH нинг миқдори, %	рНнинг қиймати
%	мл	%	
0	0	100	11,3
50	10	50	9,4
90	18	10	8,4
99	19,8	1	7,3
99,9	19,98	0,1	6,2
100	20,0	0	5,1
		Ортиқча	
100,1	20,02	0,1	
101	20,2	1	3
110	22,0	10	2

4) **Кучсиз кислота эритмасини кучсиз асос эритмаси билан титрлаш эгри чизиги.**

Кучсиз кислоталарни кучсиз асослар билан (ёки аксинча) титрлаганда титрлаш учун кучсиз кислота сифатида сирка кислотанинг 0,1N эритмаси элиниб, уни NH<sub>4</sub>OH нинг 0,1N эритмаси билан титрланади. Эквивалент нуқтадаги рН ни қиймати гидролиз жараёнини ҳисобга олган ҳолда ҳисоб-

ланади, чунки титрлашда ҳосил бўлган аммоний ацетат сув таъсирида гидролизланади:



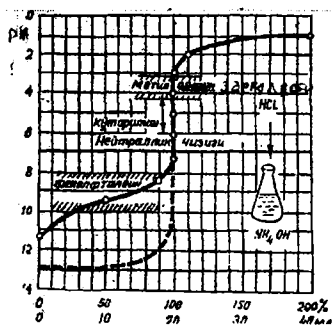
Кучсиз кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар эритмаларининг рН и қийматлари дарсликнинг биринчи қисмидаги 4.3 да кўрсатилганидек (4.40) тенгламадан ҳисобланади:

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{асос}} + \frac{1}{2} \lg K_{\text{кисл}}$$

Гидролиз жараёнида ҳосил бўлган  $\text{NH}_4\text{OH}$  учун маълумотномадан олинган  $\text{p}K_{\text{асос}} = 4,75$  ва  $\text{CH}_3\text{COOH}$  учун  $\text{p}K_{\text{кисл}} = 4,76$  бўлганидан

$$\text{pH} = 7 - 2,375 + 2,38 = 7,005$$

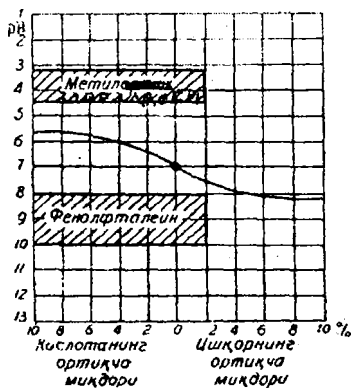
келиб чиқади.



29-расм. Кучсиз асос эритмасини кучли кислота эритмаси билан (ёки аксинча) титрлаш эгри чизиғи.

Титрлашда ҳосил бўладиган тузнинг концентрацияси қандай бўлишидан қатъи назар, эквивалент нуқтада эритманинг рН и 7 га тенг, яъни нейтрал нуқтага мос келади. Ўзаро реакцияга киришаётган кислота билан асоснинг кучи бир хил бўлгандагина (яъни  $\text{p}K_{\text{кисл}} = \text{p}K_{\text{асос}}$ ) шундай ҳолат кузатилади. Бордию кислота кучлироқ ( $\text{p}K_{\text{кисл}} < \text{p}K_{\text{асос}}$ ) бўлса, туз эритмасининг рН и 7 дан кичик, яъни эритма кислотали муҳитга эга бўлади. Агар асос кучлироқ бўлса  $\text{pH} > 7$ , яъни туз эритмасининг муҳити ишқорий бўлади.

Кўрилаётган кучсиз кислотани кучсиз асос билан титрлаш амалий аҳамиятга эга бўлмагани учун, титрлаш эгри чизиғини ҳисоблаб тузишни келтирмай, эгри чизиқнинг ўзи келтирилди (30-расм). Кучсиз кислоталарни кучсиз асослар билан (ёки аксинча) титрлаганда титрлаш эгри чизиғининг кислота қисми кучсиз кислоталарни кучли асослар билан титр-



30-расм.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  нинг 0,1N эритмасини  $\text{NH}_4\text{OH}$  нингн 0,1N эритмаси билан титрлаш эгри чизиги.

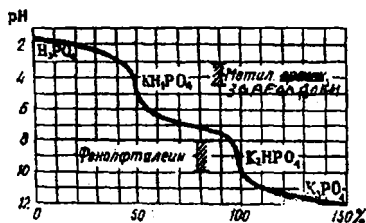
лашдаги ҳолга тўғри келади. Титрлаш эгри чизигининг ишқор қисми эса кучсиз асосларни кучли кислоталар билан титрлаш эгри чизигига мос келади. Расмдан кўринишича, бу титрлашда pH кескин ўзгармайди. Бинобарин, кучсиз кислотани кучсиз асос билан титрлашда бизга маълум индикаторлар билан аниқ титрлаш мумкин эмаслигини кўрсатади.

Бундан нейтраллаш методи бўйича титрлашда реакцияга киришаётган моддалардан ҳеч бўлмаса биттаси кучли электролит бўлиши керак деган хулоса келиб чиқади.

Кўп асосли кислоталар босқич бўйича ионлашади. Кучли кислоталарнинг босқичли диссоциланиши титрлаш эгри чизиги кўринишига таъсир қилмайди ва бу эгри чизикларнинг тузилиши бир асосли кислоталарнинг титрлашдаги эгри чизигига айнан ўхшаш бўлади.

Кучсиз кўп асосли кислоталарнинг ионланишининг ҳар бир босқичи учун титрлаш эгри чизигида алоҳида эквивалент нуқта мос бўлиб, турли босқичларга тўғри келадиган бир неча бурилишлар кузатилади (31-расм).

Бу бурилишлар кескин бўлса, титрлашдаги эквивалент нуқталарни топиш имконияти вужудга келади. Кўп атомли



31-расм. Кучсиз кўп асосли кислоталарни титрлаш эгри чизиги.

асосларни титрлашда ҳам эгри чизикларнинг шундай кўриниши кузатилади. Нейтраллаш методида титрлашга киришишдан олдин титрлаш жараёни тамом қилиниши керак бўладиган pH нинг қийматини ҳисоблаш зарур. Эквивалент нуқтадаги pH нинг қийматини аниқлаб олинганч, ин-

дикаторнинг рангини ўзгариши рН қийматини билган ҳолда нейтраллаш методининг шу титрлашга мос келадиган индикатори танлаб олинади. Шундай қилиб, кислота-асосли титрлаш (нейтраллаш) методида титрлаш кўрсаткичи рН нинг “сак-раш” қисмига мос индикатор иштирокида олиб борилади.

**Титрлашнинг индикатор хатоси.** Индикатор рангининг ўзгариши аниқ эквивалент нуқтада юз бермасдан, ундан олдин ёки кейин юз бериши натижасида қандайдир хатолик келиб чиқади. Бу хатолик индикатор хатоси номи билан юритилади. Текширилаётган эритмани титрлашда, одатда, қўшилаётган реагент эритмасининг ҳажмини ё бир оз ошириб юборилади ёки етказилмайди. Натижада титрлаш тамом бўлгандан сўнг эритмада оз миқдорда эркин ҳолдаги кислота ёки ишқор ортиб қолади.

Нейтраллаш методида индикатор хатоси бир неча турларга бўлинади:

а) **Титрлашнинг водород хатоси.** Титрлашда ортиб қолган кислота кучли бўлса, эритмада эркин  $H^+$  ионлари ҳолида бўлса, хатони «титрлашнинг водород хатоси» ёки « $H^+$ —хато» дейилади.

Фараз қилайлик, индикаторнинг титрлаш кўрсаткичи рТ, титрланаётган кучли кислота эритмасининг нормаллиги N, унинг ҳажми  $V_1$  мл ва титрлаш охирида эритманинг умумий ҳажми  $V_2$  бўлсин.

Маълум нормаликдаги (N) эритманинг ҳар бир мл. да N:1000 моляр эквивалент кислота бор бўлса, титрлашга ҳаммаси бўлиб  $NV_1$ :1000 моляр эквивалент кислота олинган ва унда шунча мол/л  $H^+$  бор. Энди қанча мол/л  $H^+$  титрланмай қолгани ҳисоблаб чиқилади. Титрлаш рН нинг қиймати индикаторнинг рТ қийматига тенг бўлганда, масалан метил зарғалдоғи ишлатилса рН=4 да ёки фенолфталеин ишлатилса рН=9 да тамомланади ва ҳоказо.  $pH = -\lg[H^+]$  бўлгани учун рН нинг кўрсатилган қийматларига  $H^+$  ионларининг  $[H^+] = 10^{-4}$ ,  $[H^+] = 10^{-9}$  мол/л ва ҳоказо концентрациялари тўғри келади. Бундан, титрланмай қолган  $H^+$  ионларининг концентрацияси умумий ҳолда  $[H^+] = 10^{-pT}$  мол/л га тенг. Титрлаш тамом бўлгандан сўнг  $V_2$  мл эритмадаги  $H^+$  ионларининг мол миқдори:

$$\frac{10^{-pT} \cdot V_2}{1000} \text{ га тенг.}$$

Бу миқдор аниқланаётган «Н<sup>+</sup> хато»ни ташкил этади. Буни олинган Н<sup>+</sup> ионлари миқдорига нисбатан фоизларда ифодалаш мумкин:

$$\frac{N \cdot V_1}{1000} \text{ ----- } 100\%$$

$$\frac{10^{-pH} \cdot V_2}{1000} \text{ ----- } X\%$$

Бундан «Н<sup>+</sup> хато»;

$$\text{Н}^+ \text{ хато} = \frac{10^{-pH} \cdot V_2}{N \cdot V_1} \cdot 100\%$$

**Мисол.** НСl нинг 0,1 N эритмасини NaOH нинг 0,1N эритмаси билан метил зарғалдоғи иштирокида титрлашдаги Н<sup>+</sup> — хато қанчага тенг?

**Ечиш.** Кўриляётган ҳолда эквивалент нуқта рН=7да бўлади, метил зарғалдоғи иштирокида титрлаш эса рН=4 да тамомланади. Бинобарин, титрлаш тугатилгач, эритмада маълум миқдорда ортиқча НСl бўлади.

Ҳар иккала эритманинг нормаллиги бир хил бўлганлиги учун реакцияга улардан баравар ҳажмда сарфланади. Демак, титрлашда эритманинг ҳажми икки баравар ортади, яъни  $V_2 = 2V_1$ . Буни Н<sup>+</sup> -хатони топиш формуласига қўйилса:

$$\text{Н}^+ \text{ - хато} = -\frac{10^{-4} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = -0,2\%$$

Бу ерда, текшириляётган НСl эритмаси тўла титрланмагани учун минус белгиси қўйилган. 0,2% хато, одатдаги, аналитик хатолар чегарасидан чиқмагани учун бу титрлашда метил зарғалдоғи ишлатиш мумкин.

**б) Титрлашнинг гидроксид хатоси.** Титрланаётган эритмада титрлашдан кейин ортиқча кучли асос қолса, у эритмада ОН<sup>-</sup> ионлари ҳолида бўлади ва шу ҳисобига юз берадиган титрлаш хатосини «титрлашнинг гидроксид хатоси» ёки «ОН<sup>-</sup> — хато» ҳисобланади.

Кучли асосни N нормал эритмасидан V<sub>1</sub> мл ни кучли кислота билан титрлангандан кейин, эритманинг умумий ҳажми V<sub>2</sub> бўлсин.

Титрлашга ҳаммаси бўлиб  $NV_1:1000$  мол  $\text{OH}^-$  иони олинганлигини ҳисобга олинади. Титрлаш индикаторнинг  $pT$  сига тенг бўлган  $pH$  да, яъни  $pOH=14-pT$  да тамомланади. Демак, титрлаш тамом бўлгандан кейин  $[\text{OH}^-]=10^{-(14-pT)}$  ва  $V_2$  мл эритмада:

$$\frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{1000} \text{ мол } \text{OH}^- \text{ бўлади.}$$

$\text{OH}^-$  - хатони қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$\frac{NV_2}{1000} \text{ ----- } 100\%$$

$$\frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{1000} \text{ ----- } \text{OH}^- \text{ - хато\%}$$

Бундан

$$\text{OH}^- \text{ - хато} = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{N \cdot V_1} \cdot 100\%$$

**Мисол.**  $\text{HCl}$  нинг  $0,1N$  эритмасини  $\text{NaOH}$  нинг  $0,1N$  эритмаси билан фенолфталеин иштирокида титрлашдаги  $\text{OH}^-$  — хатони ҳисобланг.

**Ечиш.** Фенолфталеин иштирокида титрлаш  $pH=9$  да тугалланади, яъни  $\text{HCl}$  ни титрлашда бир оз ўтказиб юборилади. Титрловчи эритма — ишқор кучли бўлгани учун  $\text{OH}^-$  - хатони келтириб чиқаради. Ҳар иккала эритманинг нормаллиги бир хил бўлганлиги учун, улардан тенг ҳажмда сарфланади, титрлашда эритманинг ҳажми икки марта ошади:  $V_2=2V_1$ .

$$\text{OH}^- \text{ - хато} = + \frac{10^{-(14-9)} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = +0,02\%$$

Шундай қилиб, бу титрлашда индикатор сифатида фенолфталеин эритмасини ишлатса бўлади.

в) **Титрлашнинг кислота хатоси.** Титрлашдан кейин эритмада ортиб қолган кислота кучсиз бўлиб, эритмада деярли ионланмаган молекулалар ( $\text{HAn}$ ) ҳолида бўлса, титрлашнинг индикатор хатоси «кислота хатоси» ёки « $\text{HAn}$  - хато» деб деб аталади.



Титрлашнинг кислота хатосини ҳисоблаш учун шу кислотанинг ионланиш константаси тенгламаси ёзилди:

$$K_{\text{ион}} = \frac{[H^+][An^-]}{[HAn]}$$

Бу тенгламани ўзгартириб ёзиш мумкин:

$$\frac{[HAn]}{[An^-]} = \frac{[H^+]}{K_{\text{ион}}}$$

$HAn$  – кучсиз кислота бўлганлиги учун  $[HAn]$  нинг қиймати эритмадаги кислотанинг умумий концентрациясига,  $[An^-]$  нинг қиймати эса эритмадаги тузнинг концентрациясига тенг бўлади. Тузнинг ҳар бир моли кислотанинг ҳар бир молининг нейтралланишидан ҳосил бўлади, шу-

нинг учун  $\frac{[HAn]}{[An^-]}$  нисбатни кислотанинг титрланмаган қис-

ми концентрациясини унинг титрланган қисмининг концентрациясига нисбати деб қараш ва уни титрлашнинг кислота хатосининг ўлчови деб ҳисоблаш мумкин.  $[H^+] = 10^{-pT}$ ,  $K_{\text{ион}} = 10^{-pK}$  эканлигини билган ҳолда, бу қийматлар юқоридаги тенгламага киритилади:

$$HAn - \text{хато} = \frac{\text{титрланмаган кислота}}{\text{титрланган кислота}} = \frac{10^{-pT}}{10^{-pK}}$$

Бундан

$$HAn - \text{хато} = 10^{pK - pT}$$

келиб чиқади.

Титрлашнинг индикатор хатоси 0,1% дан ортиқ бўлмаслиги (титрланмай қолган кислота титрланган кислотанинг 0,001 қисмидан ортмаслиги) керак бўлса,

$$10^{pK - pT} < 10^{-3} \quad \text{ёки} \quad pT > pK + 3$$

бўлиши лозим.

Демак, айти индикаторни ишлатиш титрлашнинг кислота хатосини келтириб чиқарадиган бўлса, индикаторнинг титрлаш кўрсаткичи  $pT$  кислотанинг кучи кўрсаткичи  $pK$  дан 3 бирликка ортиқ бўлгандагина бу индикаторни ишлатиш мумкин.

**Мисол.** Сирка кислотанинг 0,1 N эритмасини NaOH нинг 0,1 N эритмаси билан метил зарғалдоғи иштирокида титрлашдаги кислота хатосини ҳисобланг.

**Ечиш.** Индикатор хатосини аниқлаш учун эквивалент нуқтада эритманинг рН и нечага тенг бўлишини ҳисобланади. Ҳисоблашда титрлаш охирида эритманинг ҳажми 2 марта ортиши натижасида  $C_{\text{туз}}$  0,05N га тенг бўлади. Сирка кислота учун  $pK=4,76$  бўлгани асосида эритма рН и аниқланади:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{\text{кисл}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{туз}} \quad \text{ва} \quad pH = 7 + \frac{4,76}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,05 = 8,74$$

Метил зарғалдоғи билан титрлаш рН=4 да тамомлангани учун, титрлашдан кейин эритмада ортиқча сирка кислота бўлади. Бинобарин:

$$HAn\text{-хато} = 10^{pK-pT} = 10^{4,76-4} = 10^{0,76}$$

$$\lg HAn\text{-хато} = \lg 10^{0,76} = 0,76$$

Бундан

$$HAn\text{- хато} = 5,7$$

келиб чиқади. Бу сирка кислотанинг титрланмай қолган қисмини титрланган қисмига нисбати 5,7:1 каби эканини кўрсатади, яъни олинган 6,7 қисм  $CH_3COOH$  дан 5,7 қисми титрланмасдан қолади.

Бундан HAn – хатони фоизларда ҳисоблаб топилади:

$$6,7 \text{ қисм кислота } 100\%$$

$$5,7 \text{ » } \text{ » } x\%$$

$$HAn\text{- хато} = \frac{5,7 \cdot 100}{6,7} = 85\%$$

Демак, сирка кислота эритмасини метил зарғалдоғи иштирокида титрлаш мумкин эмас.

$pT > pK + 3$  бўлишини ҳисоблаб олиб, сирка кислотани титрлашда яхши натижалар олиш учун титрлаш кўрсаткичи  $pT > 7,73$  бўлган индикаторлардан фойдаланиш керак. Шундан келиб чиқиб, бу титрлашда  $pT = 9$  бўлган фенолфталейн ёки крезол қизил ( $pT = 8,2$ ) дан фойдаланса бўлади.

г) **Титрлашнинг ишқор хатоси.** Титрлашдан кейин эритмада ортиб қолган асос кучсиз бўлиб, эритмада деярли ионланмаган молекулалар ( $KtOH$ ) ҳолида бўлса, титрлашнинг индикатор хатоси «ишқор хатоси» ёки « $KtOH$ -хато» деб аталади. Титрлашнинг ишқор хатоси ҳам кислота хатоси каби ҳисобланади. Бунинг учун асоснинг диссоциланиш тенгламаси асосида ионланиш константаси тенгламаси ёзилади:



$$K_{асос} = \frac{[Kt^{+}] \cdot [OH^{-}]}{[KtOH]}, \text{ ёки } \frac{[KtOH]}{[Kt^{+}]} = \frac{[OH^{-}]}{K_{асос}}$$

Бундан

$$\frac{[KtOH]}{[Kt^{+}]} = \frac{\text{титрланмаган асос}}{\text{титрланган асос}} = KtOH - \text{хато}$$

Титрлаш охирида  $pH=pT$ ,  $pOH=14-pT$  бўлади. Шунинг учун

$$KtOH - \text{хато} = \frac{10^{-(14-pT)}}{10^{-pK}} = 10^{pK+pT-14}$$

Бинобарин,  $KtOH$  – хато қиймати  $10^{-3}$  га тенг ёки ундан кам бўлгандагина, яъни  $pK+pT_y \leq -3$  ёки  $pT \leq 11-pK$  бўлсагина етарли даражада аниқ титрлаш мумкин.

Шунинг учун  $NH_4OH$ ни титрлашда ( $pK=4,75$ )  $pT \leq 6,25$  бўлган индикатор қўлланилиши мумкин. Титрлашда метил қизил ( $pT=5,5$ ) ёки метил зарғалдоғидан ( $pT=4$ ) фойдаланиш мумкин.

**Мисол.**  $NH_3$  нинг  $0,1N$  эритмасини  $HCl$  нинг  $0,1N$  эритмаси билан а) фенолфталеин иштирокида, б) метил зарғалдоғи иштирокида титрлашдаги индикатор хатосини ҳисобланг.

**Ечиш.** а) фенолфталеин билан титрлаш  $pH=9$  да тугалланади.

$$KtOH\text{-хато} = 10^{4,75+9-14} = 10^{-0,25} = 0,56$$

Демак, дастлаб олинган  $1,56$  қисм  $NH_4OH$  дан  $0,56$  қисми титрланмасдан қолади:

$$\begin{array}{l} 1,56 \text{ ----- } 100\% \\ 0,56 \text{ ----- } x \end{array}$$

$$KtOH - \text{хато} = \frac{0,56 \cdot 100}{1,56} = 35,9\%$$

Бинобарин, бу титрлашда индикатор сифатида фенолфталеиндан фойдаланиб бўлмайди.

б)  $\text{NH}_4\text{OH}$  ни метил зарғалдоғи иштирокида титрлаганда титрлаш  $\text{pH}=4$  да тугалланади. Бу ҳолда  $\text{H}^+$  – хатони ҳисобга олиш лозим.

$$\text{H}^+ - \text{хато} = \frac{10^{-4} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = 0,2\%$$

Шундай қилиб,  $\text{NH}_4\text{OH}$  титрлаш жараёнида индикатор сифатида метил зарғалдоғини қўллаш мумкин.

## 21.5. Нейтраллаш методида титрлаш тартиби

Нейтраллаш методида аниқ натижалар олиш учун фақат индикаторни тўғри танлаш талаб қилинибгина қолмай, шу билан бирга титрлашни маълум тартиб билан ўтказиш ҳам муҳимдир.

Титрлашни “кислотадан ишқорга томон”, яъни кислота эритмасига бюреткадан ишқор эритмаси қўшиш йўли билан ёки аксинча ишқордан кислотага томон йўли билан олиб борилади. Титрлашда индикатор танлашга, албатта, эътибор бериш лозим. Масалан, агар кислотадан ишқор томон титрланганда метил зарғалдоғидан индикатор сифатида фойдаланилса, индикаторнинг пушти ранги ишқорнинг ортиқча томчиси таъсиридан сариқ рангга ўтиши керак. Лекин рангнинг бундай ўзгаришини сариқ рангдан пушти рангга ўтишга нисбатан кўз билан ёмонроқ илғанади. Шунинг учун, метил зарғалдоғи иштирокида титрлашни “ишқордан кислота томон” олиб бориш мақсадга мувофиқдир. Фенолфталеин иштирокида титрлашни “кислотадан ишқорга томон” олиб бориш қулай, чунки бунда рангсиз эритма қизил пушти рангга киради.

Баъзан эквивалент нуқтани пухтароқ аниқлаш учун титрлаш “гувоҳ” иштирокида олиб борилади. Бўш конуссимон колбага ёки стаканга титрлаш охиридаги ҳосил бўлган суюқлик ҳажмига тенг миқдорда сув солиб, унга титрлаш учун неча томчи индикатор (метил зарғалдоғи) олинган бўлса, шунча томчи индикатор томизилади. Сўнг бюреткадан 1-2 томчи кислота эритмаси қўшилади. “Гувоҳ” аралашма оч, аммо сезиларли пушти рангга эга бўлади. Шу йўл билан тайёрланган “гувоҳ” титрлаш учун намуна вазифасини бажаради. Титрланаётган эритма билан “гувоҳ”нинг ранги бир хил бўлишига эришиш зарур. Иш натижалари ҳисобланилганда “гувоҳ” эритма тайёрлашга сарф бўлган кислотанинг 2 томчисининг ҳажми ( $\approx 0,06$  мл) чегириб ташлаш лозим.

Титрлашнинг эквивалент нуқтасини тўғри белгилаш қўшилган индикатор миқдорига қам боғлиқ бўлади. Қўлланиладиган индикаторларнинг кўпчилиги органик кислоталар ёки асослардир. Улардан титрланаётган эритмага кўп томизиш анализ хатосини ошириши мумкин, чунки текшириляётган эритманинг бир қисми индикатор билан реакцияга киришиши мумкин. Шунинг учун индикатор эритмасини қатъий кўрсатилган ҳажмда ёки томчида қўшиш шарт. Тажриба йўли билан амалда аниқлангани бўйича 10-15 мл текшириляётган эритмага 1 томчи индикатор, 25 мл эритмага эса 2 томчи индикатор қўшиш лозим.

Шундай қилиб, титриметрик анализнинг натижаси фақат индикатор танлашга боғлиқ бўлиб қолмасдан, шу билан бирга индикаторнинг қўшилган миқдорига ва титрлашнинг қўлланиладиган тартибига ҳам боғлиқдир.

## **КИСЛОТА — АСОСЛИ ТИТРЛАШ (НЕЙТРАЛЛАШ) МЕТОДИГА ДОИР ЛАБОРАТОРИЯ МАШҒУЛОТЛАРИ**

### **21.6. Хлорид кислотанинг стандартлаштирилган ишчи эритмасини тайёрлаш ва у ёрдамида эритмадаги ишқор миқдорини аниқлаш**

Бу лаборатория иши бир неча кетма-кет бажариладиган босқичлардан иборат. Аввало, концентрланган хлорид кислотадан тахминан 0,1N HCl эритмаси тайёрланади. Сўнг натрий тетраборат  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (ёки  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )нинг бошланғич стандарт эритмаси тайёрланиб, у ёрдамида тайёр-

ланган HCl эритмасининг аниқ титри ва нормаллиги аниқланади. Ниҳоят стандартлаштирилган хлорид кислота эритмаси билан номаълум концентрацияли ишқор эритмасидан NaOH миқдори титрлаб аниқланади.

**Хлорид кислотанинг тахминий 0,1N эритмасидан 500 мл тайёрлаш.** Бундай эритма концентрланган хлорид кислотадан тайёрланади. Концентрланган хлорид кислота эритмасининг зичлиги ареометр билан аниқланиб, шу зичлик асосида жадвалдан унинг процент концентрацияси топилади. Олайлик, конц. кислота зичлиги 1,179 г/мл га тенг бўлди, бундай зичликдаги кислота 36% процентли эканлиги аниқланди. Шундан сўнг, хлорид кислотанинг 0,1N эритмасидан 500 мл тайёрлаш учун қанча грамм HCl кераклиги қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$m(\text{HCl}) = \frac{N(\text{HCl}) \cdot \varepsilon(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{1000} = \frac{0,1 \cdot 36,46 \cdot 500}{1000} = 1,823 \text{ г.}$$

Шунча миқдордаги соф HCl қанча миқдордаги 36% ли хлорид кислота эритмасида бўлиши ҳисобланади:

100 г эритмада 36 г HCl бор

X г эритмада 1,823 HCl бор

$$x = \frac{100 \cdot 1,823}{36} = 5,06 \text{ г}$$

Кислотани (суюқликни) тарозида тортиш ноқулай бўлганлигидан, унинг массасини ҳажмга айлантирилади

$$V(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{\rho(\text{HCl})} = \frac{5,06}{1,179} = 4,29 \text{ мл} \approx 4,3 \text{ мл}$$

Шунча ҳажмдаги 36% ли кислота эритмасидан пипеткада ўлчаб олиб, 500 мл ҳажмли ўлчов колбасига ўтказилади ва эритма ҳажми сув билан колба белгисигача етказилади, колба тиқинини беркитиб, яхшилаб аралаштирилади. Хлорид кислотанинг ҳосил қилинган тахминан 0,1N эритмаси титрини ва нормаллигини натрий тетраборатнинг стандарт эритмаси ёрдамида титрлаб аниқланади. Бунинг учун натрий тетраборатнинг стандарт эритмасини тайёрлаш керак.

**Натрий тетраборатнинг 0,1N эритмасини тайёрлаш.** Иш учун стандарт эритмадан 250 мл тайёрланса титрлаш учун етарли бўлади. Стандарт эритма тайёрлашда натрий тетраборатнинг тоза қайта кристалланган кристаллогидрати  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  олинади. 250 мл 0,1N эритма тайёрлашга керакли кристаллогидратнинг массаси қуйидагича ҳисобланади:

$$\mathcal{E}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{M}{2} = \frac{381,37}{2} = 190,69\text{г.}$$

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{N \cdot \mathcal{E} \cdot V}{1000} = \frac{0,1 \cdot 190,69 \cdot 250}{1000} = 4,767\text{г.}$$

Аналитик тарозида янги қайта кристалланган бурадан тўртта рақамгача аниқлик билан тортиб олинади ва бу тортим кенг бўғизли варонка орқали 250 мл ҳажмли ўлчов колбасига ўтказилади. Варонкани дистилланган сув билан чайилиб олиб қўйилади ва колбанинг белгисигача дистилланган сув қуйиб, тиккини беркитилади, эритма яхшилаб чайқатилади.

Тайёрланган натрий тетраборатнинг стандарт эритмаси титри ва нормаллиги формулалар асосида ҳисобланади:

$$T(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{V} = \frac{4,7710}{250} = 0,01908 \text{ г / мл.}$$

$$N(\text{бура}) = \frac{T \cdot 1000}{\mathcal{E}} = \frac{0,01908 \cdot 1000}{190,69} = 0,1000576 \text{ мол / л.}$$

Шу тайёрланган стандарт эритма ёрдамида хлорид кислотанинг тахминий концентрацияли (0,1N) эритмаси титрлаб, стандартлаштирилади.

**Хлорид кислота эритмаси нормаллиги ва титрини тетраборат бўйича аниқлаш.** Тоza пипетка билан маълум ҳажмда (10 мл, 15 мл ёки 25 мл) буранинг стандарт эритмасидан ўлчаб олинади ва титрлаш колбасига солинади. Унинг устига 1-2 томчи метил зарғалдоғи томизилади. Тозалаб ювилган бюретка HCl эритмаси билан чайилиб, сўнг уни HCl нинг тайёрланган эритмаси билан нул нуқтасигача тўлғизилади. Бюретканинг капилляр найидаги ҳаво пуфакчалари чиқариб юборилгач, бура эритмаси солинган колба бюрет-

канинг тагига қўйилади ва бюретка учи колбага 1 см гача туширилади. Штативнинг колба қўйиладиган қисмига бир варақ оқ қоғоз қўйилади, бу эритма рангининг ўзгаришини аниқ кўришга ёрдам беради. Шундан сўнг, кислотанинг ортиқча бир томчисидан бура эритмасининг сариқ туси пушти ранга ўтгунча титрланади.

Титрлашни бир-биридан 0,1 мл дан кўп фарқ қилмайдиган яқин натижалар олингунча 3-4 марта такрорланади, ўртача ҳажми ҳисобланади.

- 1 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_1=14,85$  мл
- 2 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_2=14,90$  мл
- 3 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_3=14,80$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{HCl}) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{14,85 + 14,90 + 14,80}{3} = 14,85 \text{ мл}$$

Титрлаш натижасига кўра хлорид кислота эритмасининг нормаллигини ҳисобланади:

$$N(\text{бура}) \cdot V(\text{бура}) = N(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

$$N(\text{HCl}) = \frac{N(\text{бура}) \cdot V(\text{бура})}{V(\text{HCl})} = \frac{0,1000576 \cdot 15,00 \text{ мл}}{14,85} = 0,1011 \text{ N}$$

Хлорид кислота эритмасининг нормал концентрациясини билган ҳолда, унинг титрини ҳисобланади:

$$T(\text{HCl}) = \frac{N(\text{HCl}) \cdot \mathcal{E}(\text{HCl})}{1000} = \frac{0,1011 \cdot 36,46}{1000} = 0,003687 \text{ г / мл}$$

Шундай қилиб, нормаллиги ва титри белгиланган хлорид кислота эритмаси концентрацияси номаълум эритмадан ишқор (NaOH) миқдорини аниқлашда стандартлаштирилган ишчи эритма сифатида фойдаланилади.

**Номаълум концентрацияли эритмадаги натрий гидроксиднинг миқдори (массаси) ни аниқлаш.** Ўлчов колбасига (масалан 250 мл) бир мунча ҳажмдаги ~1N натрий гидроксид эритмасидан солиб колба белгисигача дистилланган сув қўшамиз ва яхшилаб аралаштирилади. Пипетка билан маълум ҳажмда (10 мл, 15 мл ёки 25 мл) тайёрланган ишқор эритмаси ўлчов колбасидан олиниб, титрлаш колбасига ўтказилади. Сўнг шу



эритмага 1-2 томчи метил зарғалдоғи эритмаси томизилади. Бюреткани стандартлаштирилган HCl нинг ишчи эритмаси билан тўлғизилади ва титрлаш қоюдаларига риоя қилиниб, колбадаги ишқор эритмаси титрланади. Титрлаш эритманинг сариқ ранги ортиқча бир томчи кислота эритмаси таъсиридан қизил пушти рангга ўтганда тўхтатилади. Титрлашни ўртача ҳажм олиш учун 3-4 марта такрорланади.

### Иш натижаларини ёзиш тартиби

1 – титрлаш учун сарф бўлган 0,1014 N HCl эритмаси  $V_1 = 14,70$  мл

2 – титрлаш учун сарф бўлган 0,1014 N HCl эритмаси  $V_2 = 14,80$  мл

3 – титрлаш учун сарф бўлган 0,1014 N HCl эритмаси  $V_3 = 14,76$  мл

Сарф бўлган HCl эритмасининг ўртача ҳажми ҳисобланади:

$$V_{\text{ўрт}}(\text{HCl}) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{14,70 + 14,80 + 14,76}{3} = 14,75 \text{ мл}$$

Хлорид кислотанинг ўртача ҳажмидан фойдаланиб ишқор эритмасининг нормаллиги ҳисоблаб аниқланади:

$$N(\text{HCl}) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{HCl}) = N(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

Бу ердан,

$$N(\text{NaOH}) = \frac{N(\text{HCl}) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{HCl})}{V_{\text{NaOH}}} = \frac{0,1011 \cdot 14,75}{15,00} = 0,09942 \text{ N}$$

Ишқор эритмасининг титри ҳисобланади

$$T(\text{NaOH}) = \frac{N(\text{NaOH}) \cdot \mathcal{E}(\text{NaOH})}{1000} = \frac{0,09942 \cdot 40,0}{1000} = 0,0039782 \text{ г/мл}$$

Ва ниҳоят 250 мл эритма таркибидаги натрий гидроксид массаси қуйидаги формула бўйича топилади:

$$m(\text{NaOH}) = T(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{ўлчов колб}} = 0,003978 \cdot 250 = 0,9945 \text{ г}$$

### **21.7. Аралашма таркибидаги натрий гидроксид ва натрий карбонат миқдорини аниқлаш**

Амалиётда кўпинча натрий карбонат миқдорини натрий гидроксид иштирокида аниқлашга тўғри келади. Натрий карбонат ва натрий гидроксиднинг аралашмалари эритмаси хлорид кислота эритмаси билан титрланади (Уордер усули).

Текшириладиган аралашма торғими, масалан, 1,0562г 250 мл ўлчов колбасига солиб, дистилланган сувда эритилади, колба белгисигача сув қўшилиб аралаштирилади.

Ушбу тайёрланган эритмадан пипетка билан 25 мл олиб, титрлаш колбасига солинади, 8-10 томчи 0,1 процентли фенолфталеин эритмаси қўшилади. Сўнг бюреткадаги стандартлаштирилган HCl эритмаси билан қизил ранг йўқолгунча титрланади. Сарф бўлган хлорид кислотанинг ҳажми бюретка бўйича аниқланиб, ёзиб қўйилади. Кейин эритма бўлган айни титрлаш колбасига 2-3 томчи метил зарғалдоғи қўшилади, текширилаётган эритманинг сариқ тусга кириши кузатилади. Сариқ рангли эритмани бюреткадан HCl эритмаси билан қизил-пушти ранг ҳосил бўлгунча титрланади.

Титрлашни ҳамма вақтдагидек 3-4 марта такрорланиб, бирига яқин 3 та титрлаш натижаларининг ўртачаси олинади.

#### **Ёзиш тартиби**

1) Фенолфталеин иштирокида титрлаш:

- 1 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_1 = 23,22$  мл
- 2 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_2 = 23,20$  мл
- 3 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_3 = 23,21$  мл

$$V_{\text{ўрт}} = \frac{23,22 + 23,20 + 23,21}{3} = 23,21 \text{мл}$$

## 2) Метилоранж иштирокида титрлаш

- 1 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_1 = 24,82$  мл  
 2 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_2 = 24,80$  мл  
 3 – титрлаш учун сарф бўлган HCl эритмаси  $V_3 = 24,78$  мл

$$V_{\text{ўрт}} = \frac{24,82 + 24,80 + 24,78}{3} = 24,80 \text{мл}$$

Бинобарин, натрий гидроксидни ва  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ярмисини титрлаш учун хлорид кислота эритмасидан 23,21 мл сарфланди, натрий гидроксид ва натрий карбонатнинг ҳаммасига HCl эритмасидан 24,80 мл сарфланди.

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг ярмисига:  $24,80 - 23,21 = 1,59$  мл HCl  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг ҳаммасига:  $1,59 \text{ мл} \cdot 2 = 3,18$  мл HCl  
 NaOH ни титрлаш учун:  $24,80 \text{мл} - 3,18 \text{мл} = 21,62$  мл HCl

Бу қийматлар асосида NaOH ва  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг миқдорлари (массалари) топилади.

1) NaOH нинг массаси қуйидагича топилади:

$$N(\text{NaOH}) = \frac{N(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{NaOH})} = \frac{0,1011 \cdot 21,62}{25,00} = 0,08743$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{N(\text{NaOH}) \cdot \mathcal{E}(\text{NaOH}) \cdot V(\text{қолба})}{1000}$$

$$= \frac{0,08743 \cdot 40 \cdot 250}{1000} = 0,8743 \text{г}$$

$$W(\text{NaOH})\% = \frac{0,8743}{1,056} \cdot 100\% = 82,79\%$$

2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг массаси ҳам шу йўл билан ҳисобланади:

$$N(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{N(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{0,1011 \cdot 3,18}{25} = 0,01286$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{N(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot \mathcal{E}(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{колба})}{1000} =$$

$$= \frac{0,01286 \cdot 53 \cdot 250}{1000} = 0,1704\text{г}$$

$$W(\text{Na}_2\text{CO}_3)\% = \frac{0,1704}{1,056} \cdot 100\% = 16,14\%$$

## 21.8. Сувнинг карбонатли қаттиқлигини аниқлаш

Хлорид кислотанинг титрланган эритмаси билан фақат ишқорлар миқдорини аниқлабгина қолмай, шу билан бирга баъзи бир тузлар миқдорини ҳам аниқлаш мумкин. Сувнинг карбонатли қаттиқлигини аниқлаш муҳим амалий аҳамиятга эга. Табиий сувлар қаттиқлигини ўрганишдан мақсад, уларни техник эҳтиёжлар - иситиш тизимларида фойдаланиш мумкинлиги масаласини ойдинлаштиришда, ўсимликларни суғориш, чорвачилик учун яроқлилигини ҳал қилишда муҳимдир.

Маълумки, сувнинг қаттиқлиги унда калций ва магний тузлари иштирокидан келиб чиқади.

Титрлаш колбасига пипеткада 100 мл текшириладиган сув солиб, 2-3 томчи метил зарғалдоғи қўшилади ва хлорид кислотанинг титрланган ишчи эритмаси билан индикаторнинг сариқ ранги оч пушти ранга киргунча титрланади. Титрлашни 3-4 марта такрорлаб, бир-бирига яқин қийматлардан ўртача ҳажм топилади. Титрлашни “гувоҳ” эритма иштирокида олиб бориш қулайлик келтириб чиқаради.

Сувнинг карбонатли қаттиқлигини мг-экв/л да ҳисоблаш учун, текширилаётган сувдаги туз эритмаларининг нормаллиги топилиб, уни 1000 га кўпайтирилади.

$$K = \frac{V(HCl) \cdot N(HCl)}{V_{H,O}} \cdot 1000$$

Масалан, 100 мл текширилаётган сувни титрлаш учун хлорид кислотанинг 0,1014 N эритмасидан 12,25 мл сарф бўлди. Бунда сувнинг қаттиқлиги қуйидаги қийматга эга бўлади:

$$K = \frac{12,25 \cdot 0,1014}{100} \cdot 1000 = 12,42 \text{ мг - экв / л}$$

### Саволлар

1. Кислота-асосли титрлаш методининг моҳияти нима билан ифодаланади?
2. Кислота-асосли титрлашни асосий методлари қандай номланади ва улар нималарга асосланади?
3. Қандай индикаторлар рН - индикаторлар деб аталади?
4. Оствалднинг индикаторларнинг ион назарияси моҳияти нимада?
5. Хромофорларга қандай функционал гуруҳлар киради?
6. Индикаторлар ион-хромофор назариясининг моҳияти қандай тушунтирилади?
7. Индикатор рангининг ўзгариш оралиғи нимадан иборат?
8. Индикаторнинг титрлаш кўрсаткичи деб нимага айтилади?
9. Титрлаш учун нейтраллаш методида индикаторларни нима асосида танланади?
10. Кучли кислота эритмасини кучли ишқор билан титрлаш эгри чизигининг ўзига хос томонлари нималардан иборат?
11. Кучсиз кислотани кучли ишқор билан титрлашда нима учун фенолфталеиндан бошқа индикатор қўлланиб бўлмайди?
12. Кучсиз асос эритмасини кучли кислота билан титрлашнинг ўзига хос томонлари, бу титрлашда қандай индикаторлардан фойдаланилади?

13. Нейтраллаш методидида титрлаш қандай йўллар билан олиб борилади?

14. “Гувоҳ“ иштирокида титрлаш қандай бажарилади?

15. Титрлашда индикаторлар эритмаларидан фойдаланишда нималарга риоя қилиш лозим?

## Тестлар

1. рН - индикаторларнинг ион назарияси ким томонидан ва қачон таклиф қилинган?

- А) Аррениус, 1887 й;
- В) Оствалд, 1994 й;
- С) Бойл, XVII аср;
- Д) Меншуткин, 1869;
- Е) Флавицкий, 1898 й.

2. рН индикаторларнинг табиати қандай?

- А) Кучсиз органик кислоталар;
- В) Кучсиз органик асослар;
- С) Электродитмаслар;
- Д) Кучли электродитлар;
- Е) Кучсиз органик кислоталар ва асослар.

3. Ишчи эритма ишқор бўлган анализ методи қандай номланади?

- А) Алкалиметрия;
- В) Ацидометрия;
- С) Редоксиметрия;
- Д) Комплексонометрия;
- Е) Аргентометрия.

4. Ишчи эритма кислота бўлган анализ методи қандай номланади?

- А) Алкалиметрия;
- В) Ацидометрия;
- С) Аргентометрия;
- Д) Комплексонометрия;
- Е) Редоксиметрия.

5. Индикатор ранги кескин ўзгарадиган рН қиймати қандай номланади?

- А) Индикатор кўрсаткичи;
- В) Эквивалент нуқта;
- С) Титрлаш кўрсаткичи;
- Д) Индикатор рангининг ўтиш оралиғи;
- Е) Титрлашнинг охириги нуқтаси.

6. Рангининг ўтиш оралиғи  $pH=8 \div 10$  бўлган асосли индикаторнинг ионланиш константаси қиймати нечага тенг?

- А)  $10^{-5}$ ;
- В)  $10^{-4}$ ;
- С)  $10^{-8}$ ;
- Д)  $10^{-9}$ ;
- Е)  $10^{-7}$ .

7. Бромтимол кўки ( $K_{\text{ион}} = 1,5 \cdot 10^{-7}$ ) индикатори ранги ўзгариши оралиғи қандай бўлади?

- А) 6,0-7,6;
- В) 5,8-7,8;
- С) 7,9-9,9;
- Д) 6,82;
- Е) 3,1-4,4.

8. Эритма рН нинг қандай қийматида фенолфталеин иштирокида рангсиз ва лакмус иштирокида кўк тусли бўлади?

- А) 8;
- В) 5;
- С) 5-8;
- Д) 8-10;
- Е) 3-4.

9. Маълум рН қийматларига эга бўлган эритмаларнинг қайси бирида метил зарғалдоғи сариқ рангли, фенолфталеин рангсиз бўлади?

- А) 3;
- В) 4,2;
- С) 5;
- Д) 8;
- Е) 11.

10. Қайси рН қийматига эга бўлган эритмаларда метил зарғалдоғи сариқ рангли, фенолфталеин эса қизил рангли бўлади?

- А) 8,5;
- В) 3,5;
- С) 7,0;
- Д) 10,5;
- Е) 4,4.

11. Концентрацияси 0,1 мол/л бўлган сирка кислота эритмасининг 99% ни 0,1 мол/л NaOH эритмаси титрланган бўлса, эритма рН қиймати нечага тенг бўлади (ҳажми ҳисобга олмаса)?

- А) 6,8;
- В) 4,8;
- С) 6,0;
- Д) 5,8;
- Е) 8.

12. Агар 0,1 мол/л  $\text{CH}_3\text{COOH}$  эритмасини натрий гидроксид билан 100,1% гача титрланса (ҳажм ўзгариши ҳисобга олинмаса) эритманинг рН қиймати қандай бўлади?

- А) 8,9;
- В) 10;
- С) 11,4;
- Д) 7,8;
- Е) 12.

13. Натрий гидроксиднинг тайёрланган эритмасидан 20 мл ни титрлаш учун сульфат кислотанинг 0,05 мол/л эритмасидан 22,4 мл сарфланган бўлса, 1 литр эритмадаги NaOH тортим массаси неча грамм бўлади?

- А) 0,4664 г;
- В) 1,4300 г;
- С) 4,4800 г;
- Д) 0,4480 г;
- Е) 4,8400 г.

14. Хлорид кислотанинг калций оксид бўйича титри 0,00567 г/мл га тенг бўлса 0,200 г CaO бўлган эритмасини титрлаш учун неча мл HCl керак?



- А) 71,2 мл;
- В) 53,4 мл;
- С) 11,34 мл;
- Д) 17,8 мл;
- Е) 35,6 мл.

15. Хлорид кислотанинг 0,1N эритмасидан 10 мл га калий гидроксиднинг 0,1N эритмасидан 15 мл қўшилди. Ҳажмининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда ҳосил бўлган эритманинг рН қийматини ҳисобланг.

- А) 12,31;
- В) 10;
- С) 8,9;
- Д) 13,5;
- Е) 7,8.

16. 0,2N эритмадан 1,500 литр тайёрлаш учун концентранган HCl ( $\rho=1,19$  г/мл) дан неча мл олиш керак?

- А) 20 мл;
- В) 25 мл;
- С) 12,5;
- Д) 11,9 мл;
- Е) 30 мл.

17. Оксәлат кислота  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  нинг 0,5 г тортимини нейтраллаш учун КОН эритмасидан 40 мл сарфланган бўлса, ишқор эритмасининг титрини ҳисобланг.

- А) 0,2211 г/мл;
- В) 0,02121 г/мл;
- С) 0,01111 г/мл;
- Д) 0,1111 г/мл;
- Е) 0,004104 г/мл.

18. 500 мл эритмада 4,9 г  $H_2SO_4$  бор. Шу эритманинг титри ва нормаллиги қандай бўлади?

- А) 0,096 г/мл; 0,2N;
- В) 0,0048 г/мл; 0,02N;
- С) 0,00200 г/мл; 0,096N;
- Д) 0,0096 г/мл; 0,2N;
- Е) 0,0009660 г/мл; 0,02N.

19. Бура  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  намунасини титрлаш учун  $\text{HCl}$  нинг  $0,1100\text{N}$  эритмасидан  $10$  мл сарфланади. Намунанинг массаси нечага тенг?

- A)  $0,2963$  г;
- B)  $6,293$  г;
- C)  $0,06293$  г;
- D)  $0,3146$  г;
- E)  $0,6293$  г.

20.  $\text{NaOH}$  ва  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  дан иборат аралашманинг  $1,8017$  г тортими  $500$  мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан  $25$  мл ни титрлашда фенолфталеин иштирокида  $20,5$  мл, метил зарғалдоғи иштирокида эса  $21,50$  мл  $\text{HCl}$  нинг  $0,1035\text{N}$  эритмасидан сарфланди. Намунадаги  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нинг масса қисмини (%) ҳисобланг.

- A)  $12,54\%$ ;
- B)  $15,4\%$ ;
- C)  $11,45\%$ ;
- D)  $6,27\%$ ;
- E)  $12,15\%$ .

21. Таркибида  $92,00\%$   $\text{NaOH}$  ва  $8\%$  индифферент қолдиқ бор  $0,5341$  г ишқор тортими  $100$  мл ўлчов колбасида эритилди. Шу эритмадан  $15$  мл ни титрлаш учун  $19,50$  мл  $\text{HCl}$  сарфланган бўлса, хлорид кислотанинг ишқор бўйича титри қанча?

- A)  $0,0378$  г/мл;
- B)  $0,003781$  г/мл;
- C)  $0,3781$  г/мл;
- D)  $0,007381$  г/мл;
- E)  $0,03178$  г/мл.

22. Таркибида  $20\%$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ва индифферент қолдиқ бўлган моддани метил зарғалдоғи ёрдамида титрланганда  $20,00$  мл  $0,1\text{N}$   $\text{HCl}$  сарфланди. Модда тортими қанча бўлган?

- A)  $0,10$  г;
- B)  $0,21$  г;
- C)  $0,12$  г;
- D)  $1,2$  г;
- E)  $0,012$  г.

23. Таркиби ноаниқ 2,0000 г тортимни 100 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Шу эритмадан 25 мл ни титрлашга  $\text{HCl}$  нинг 0,4455 М эритмасидан 20,00 мл сарфланди. Аниқланувчи модда нима?

- A)  $\text{NaOH}$ ;
- B)  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;
- C)  $\text{NaHCO}_3$ ;
- D)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;
- E)  $\text{KOH}$ .

24. 0,1032 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  устига 50,00 мл 0,09436 М  $\text{HCl}$  эритмаси қўшилди. Ортиқча кислотани титрлаш учун метил зарғалдоғи иштирокида 0,1 М ( $K=1,298$ ) бўлган  $\text{NaOH}$  эритмасидан 24,80 мл кетди. Намунадаги бетараф қолдиқ масса улуши (%) қанчага тенг?

- A) 14,2%;
- B) 40,2%;
- C) 2,14%;
- D) 21,40%;
- E) 20,10%.

25. Массаси 0,2000г  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  га  $\text{HCl}$  нинг 0,1012 М эритмасидан қўшилди. Олинган эритма фенолфталеин иштирокида титрланганда 25,00 мл  $\text{NaOH}$  эритмаси ( $T(\text{NaOH})=0,003400$  г/мл) сарфланди. Қўшилган кислота ( $\text{HCl}$ ) ҳажми неча мл бўлган?

- A) 33,05 мл;
- B) 30,5 мл;
- C) 30,3 мл;
- D) 35,03 мл;
- E) 33,50 мл.

26. 100 мл 0,1 М сирка кислота эритмасига  $\text{NaOH}$  нинг 0,1 М эритмасидан 50 мл қўшилди, ҳосил бўлган эритманинг рН қиймати нечага тенг?

- A) 7,34;
- B) 4,73;
- C) 6,9;
- D) 4,4;
- E) 6,8.

## XXII БОБ. ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИГА АСОСЛАНГАН (РЕДОКСИМЕТРИК) ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ

### 22.1. Редоксиметрия методларининг моҳияти ва турлари

Титриметрик анализнинг оксидланиш-қайтарилиш (редоксиметрия) методлари оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини қўллашга асосланган. Редоксиметрияда қўлланиладиган методларнинг номи, одатда, титрланган ишчи эритмаларнинг номидан келиб чиқади. Кўпроқ қўлланиладиган редоксиметрия методлари қуйидагилар:

**Перманганатометрия.** Бу метод калий перманганат  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг оксидловчи хоссасига асосланган. Титрлаш бу методда индикаторсиз бажарилади.

**Йодометрия.** Бу методда оксидловчи сифатида эркин йод эритмаси ( $\text{I}^-$  иони-қайтарувчи) ишлатилади. Бу метод ёрдамида оксидловчиларни ҳам, қайтарувчилар миқдорини ҳам аниқлаш мумкин.

**Хроматометрия.** Калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмаси титрланган ишчи эритма сифатида ишлатилади. Бу методни бевосита аниқлашларда, шунингдек билвосита аниқлашларда қўллаш мумкин.

**Броматометрия** методида оксидловчи ишчи эритма тарикасида калий бромат  $\text{KBrO}_3$  эритмаси қўлланилади.

**Йодатометрияда** ишчи эритма  $\text{KJO}_3$  нинг титрланган эритмасидир.

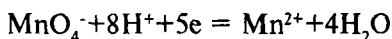
**Ванадатометрия** методи аммоний ванадатнинг оксидлаш қобилиятидан фойдаланишга имкон беради.

Бу методлардан ташқари миқдорий-анализнинг лаборатория амалиётида цериметрия, титанометрия каби редоксиметрия методларидан ҳам керакли мақсадларда фойдаланилади.

Редоксиметрияда реакцияда иштирок этадиган оксидловчилар ва қайтарувчиларни эквивалент массалари ҳисобга олиниб эритмалар тайёрланади. Оксидловчи ва қайтарувчининг эквивалент массасини қиймати айни реакцияда иштирок этаётган электронлар сонига боғлиқ. Бу электронлар сонини аниқлаш учун оксидловчи ва қайтарувчининг бошланғич ҳамда охириги оксидланиш даражаларини билиш керак. Оксидловчи ва қайтарувчи моддаларни эквивалент массаларини ( $\mathcal{E}$ ) топишда, шу моддаларнинг молекуляр массаларини ( $M$ ) айни модда (молекуласи, атоми ёки иони) томонидан кимёвий реакцияда йўқотган ёки қабул қилган электронлар сони ( $n$ ) га нисбати ҳисобланади.

$$\mathcal{E}(\text{модда}) = \frac{M}{n}$$

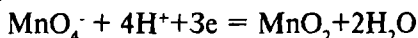
Масалан, кислотали муҳитда  $\text{MnO}_4^-$  иони  $\text{Mn}^{2+}$  ионига-ча қайтарилади.



Шу сабабли, айни реакцияда  $\text{KMnO}_4$  ни эквивалент массаси

$$\mathcal{E}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{n} = \frac{158,03}{5} = 31,61\text{g}$$

Нейтрал ва ишқорий муҳитда  $\text{MnO}_4^-$  иони  $\text{MnO}_2$  гача қайтарилади:



Бу ҳолда  $\text{KMnO}_4$  нинг эквивалент массаси:

$$\mathcal{E}(\text{KMnO}_4) = \frac{M}{n} = \frac{158,05}{3} = 52,68\text{g}$$

Редоксиметрия методларида ишлатиладиган моддаларнинг эквивалент массалари ҳам юқоридаги тартибда конкрет борадиган кимёвий реакцияларни ҳисобга олган ҳолда топилади.

## 22.2. Оксидланиш - қайтарилиш (редокс) - потенциаллар ва редокс реакцияларнинг йўналиши

Оксидловчилар ва қайтарувчилар бир-биридан кимёвий фаоллиги билан (активлиги билан) фарқ қилади. Кимёвий активлик миқдорий томонидан редокс-потенциалнинг қиймати билан ифодаланади. Электрод потенциаллари стандарт водород электродга нисбатан ўлчанади. Стандарт водород электроднинг потенциали шартли равишда нолга тенг деб қабул қилинган.

Ҳар бир галваник элемент иккита ярим элементдан ташкил топади. Масалан, бу ярим элементларнинг бири  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  жуфтдан, иккинчиси  $2H^+/H_2$  жуфтдан иборат, бинобарин, галваник элементнинг электр юритувчи кучи (Э.Ю.К) ни аниқлаш мумкин, бу ҳар хил оксидловчилар ва қайтарувчиларнинг активлиги тўғрисида хулоса чиқаришга имкон беради.

Маълумки,  $E_o(Fe^{3+}/Fe^{2+}) - E_o(2H^+/H_2) = 0,77$  В, бу ерда,  $E_o(2H^+/H_2) = 0$  бўлганлиги учун  $E_o(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,77$  В. Охириги қийматнинг мусбатлиги  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  жуфти галваник элементнинг мусбат вазифасини бажаради. Агар  $(Cl_2/2Cl)$  жуфтнинг  $2H^+/H_2$  жуфти билан бирлаштирилса, галваник элементнинг электр юритувчи кучи (Э.Ю.К)  $= E_o(Cl_2/2Cl) - E_o(2H^+/H_2) = +1,36$  В бўлади, яъни  $Cl_2$  нинг оксидлаш қобилияти  $Fe^{3+}$  никига нисбатан анча юқори эканлиги кўринади.

Ҳар хил жуфтларнинг стандарт редокс-потенциаллари қийматини билган ҳолда оксидланиш — қайтарилиш жараёнининг йўналиши тўғрисида хулоса чиқариш мумкин:

Юқори стандарт редок-потенциалга эга бўлган жуфт кичик редокс-потенциалли жуфтга нисбатан оксидловчи вазифасини бажаради.

Қандайдир жуфтнинг редокс-потенциали редокс шаклларнинг концентрацияси ва муҳитнинг реакциясига боғлиқдир. Бу боғланиши Нернст тенгламаси билан ифодаланади:

$$E = E_o + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[окс]}{[кайт]}$$

бу ерда,  $E_o$  - аини жуфтнинг стандарт редокс-потенциали;

R — газ доимийлиги (8,313 Ж/мол · град);

T — абсолют ҳарорат (273,15 K°);

F - Фарадей сони (96500 Кл/ мол);

n — йўқотилган ёки қабул қилинган электронлар сони.

Агар натурал логарифмдан ўнли логарифмга ўтилса ва константалар қийматлари қўйилса тенглама соддалашди ва 25° С ҳароратда қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$E = E_0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{окс}]}{[\text{кайт}]}$$

Масалан, Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> жуфти учун Fe<sup>3+</sup>=1 мол/л ва Fe<sup>2+</sup>=1·10<sup>-3</sup> мол/л бўлса, унда шу жуфтнинг редок-потенциали қуйидаги қийматга эришади:

$$E(\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}) = 0,77 + 0,059 \cdot \lg \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 0,944 \text{ В}$$

Бундан шу нарса ўз-ўзидан равшан бўладики, жуфтнинг редокс-потенциали редокс шаклларнинг концентрациясига боғлиқдир.

Редокс потенциалнинг қиймати шунингдек, эритмадаги [H<sup>+</sup>] қийматига ҳам боғлиқдир. Водород ионлари концентрациясини таъсири натрий нитрит ва калий йодид ўрта-сида борадиган оксидланиш — қайтарилиш реакциясида яққол кўринади. Агар натрий нитрит эритмасига калий йодид эритмаси қўшилса, ҳеч қандай сезиларли ўзгариш кузатилмайди, бироқ бу аралашмага бир неча миллилитр сульфат кислота эритмаси қўшилса, шу заҳотиёқ газ ажралиб чиқади ва эритма эркин йод ажралиши ҳисобига жигаррангга киради, крахмал эритмаси қўшилса ранг кўк тусга киради, чунки қуйидаги реакция жадал боради:



Водород ионларининг киритилиши NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/NO жуфтининг редокс-потенциали қийматини (+0,98 В) J<sub>2</sub><sup>-</sup>/2J<sup>-</sup> жуфтининг потенциали (+0,54)га нисбатан оширади ва реакция ўнг томонга йўналади.

### 22.3. Редокс - реакцияларнинг мувозанат константаси

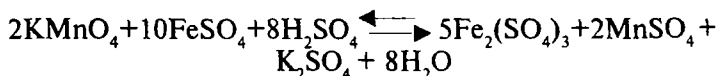
Оксидланиш — қайтарилиш реакцияларининг керакли йўналишда силжиш даражасини ойдинлаштиришда оксидловчи ва қайтарувчи ўртасида мувозанат ҳолати вужудга келиши мумкинлигини назарда тутиш керак. Бундай ҳолда мувозант константасини жуфтларнинг стандарт редокс потенциалларини билган ҳолда қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин бўлади:

$$\lg K = \frac{[E_0^I - E_0^{II}]n}{0,059}$$

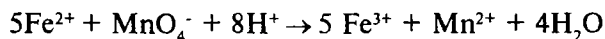
бу ерда,  $K$  - мувозанат константаси,

$E_0^I, E_0^{II}$  - жуфтларнинг стандарт редокс-потенциллари,  $n$  - қабул қилинган ёки йўқотилган электронлар сони.

Жуфтларнинг стандарт редокс-потенциллари орасидаги айирма қанча катта бўлса, мувозанат константаси қиймати ҳам шунчалик юқори бўлади. Мувозанатдаги системанинг ҳолатини у ёки бу йўналишда бу параметрларни камайтириш ёки ошириш йўли билан силжитиш мумкин. Бунга оксидловчининг концентрациясини ошириш ёки қайтарувчининг концентрациясини камайтириш орқали эришиш мумкин. Мувозанат константаси қиймати асосида оксидланиш — қайтарилиш реакцияларининг қайси томонга йўналишини кўрсатиш мумкин. Масалан, перманганат иони таъсирида  $Fe^{2+}$  ионини оксидланиши реакцияси тенгламасини ёзиб, жуфтларнинг стандарт редокс потенциаллари қийматларини қўллаб, мувозанат константасини ҳисоблайлик:



қисқартирилган ионли шаклда ёзамиз:



Жадвалдан жуфтларнинг стандарт редокс-потенциллари топилади:



$$E_0^1(\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ / \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}) = 1,51\text{В}$$

$$E_0^{11}(\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}) = 0,77\text{В}$$

Бу қийматларни мувозант константасини ҳисоблаш тенг-  
грамасига қўйилса, қуйидаги натижа чиқади:

$$\lg K = \frac{[E_0^1 - E_0^{11}]n}{0,059} = \frac{(1,51 - 0,77)5}{0,059} = 63,8$$

Бу ердан,

$$K = \frac{[\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{Fe}^{3+}]^5}{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{Fe}^{2+}]^5 \cdot [\text{H}^+]^8} = 10^{63,8}$$

Келиб чиққан натижалардан иккита хулоса чиқариш  
мумкин:

- мувозанат ҳолати  $K = 10^{63,8}$  бўлгандагина вужудга келади;
- мувозанат константасининг бундай катта қиймати ре-  
акциянинг чапдан ўнг томонга тўлиқ боришидан далолат  
беради.

Бинобарин, редокс-реакцияларнинг мувозанат константа-  
сининг сон қиймати қанча юқори бўлса, демак иккала жуфт-  
нинг стандарт редокс-потенциаллари орасидаги фарқ қанча-  
лик катта бўлса, реакция шунчалик тўлиқ охиригача боради.

## 22.4. Редоксиметрия методларининг титрлаш эгри чизиқлари

Оксидланиш — қайтарилиши реакцияларига асослан-  
ган титрлаш жараёнида дастлабки ва охириги  
маҳсулотларнинг концентрациялари узлуксиз ўзгариб  
боради, шунга боғлиқ тарзда эритманинг редокс-  
потенциали қиймати ҳам ўзгаради. Қуйидаги реакцияда

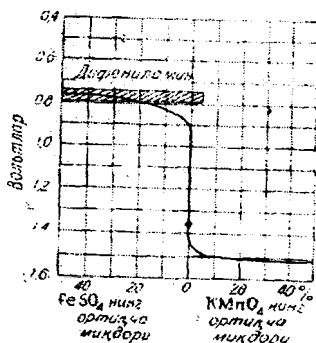


титрлашнинг маълум ҳар бир дақиқасида эритмада иккита  
редокс жуфт:  $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$  ва  $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$  мавжуд бўлади; бу

жуфтларнинг редокс-потенциаллари  $E$  ни ҳисоблашни куйидаги тенгламалар бўйича олиб бориш мумкин.

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

$$E(\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}) = 0,77 + \frac{0,059}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$



32-расм. Қайтарувчини оксидловчи билан титрлаш эгри чизиги.

$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+})$  тенглама бўйича ҳисобланади. Калий перманганат билан титрланганда темир (II) сульфатнинг концентрациясини ўзгариши нейтраллаш методи бўйича титрлашнинг эгри чизигига ўхшаш бўлган эгри чизиқ билан ифодаланади (32-расм).

Агар эритмада темир (II) сульфатнинг кўп миқдордаги эритмаси бўлса, калий перманганат қўшиш уни концентрациясини кам ўзгартиради. Эквивалент нуқтага етганда темир (II) сульфат концентрацияси сакраш билан ўзгаради, бинобарин потенциал  $E$  нинг қиймати ҳам ўзгаради. Концентрация ўзгаришига мос келадиган потенциал  $E$  ни қийматини Нерст тенгламаси бўйича ҳисобланади (22-жадвал).

Титрлаш эгри чизигини тузиш учун ордината ўқига редокс-потенциал қийматлари  $E$  ( $V$ ) жойлаштирилади, абсцисса ўқига эса калий перманганатнинг 0,1  $N$  эритмасининг ва темир (II) сульфат эритмасининг миллилитрлари қуйилади.

Юқоридаги формулаларни қайси бири билан ҳисобланмасин потенциални қиймати бир хил бўлиб чиқади. Кўпинча  $E$  ни эквивалент нуқтага қадар иккинчи ( $E(\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+})$  тенглама бўйича ҳисоблаш қабул қилинган. Эквивалент нуқтадан кейин биринчи

Титрлаш жараёни бошланишида потенциал  $E$  тахминан  $0,7$  В га тенг бўлади. Калий перманганат эритмаси қўшиб бориш ҳисобига  $Fe^{2+}$  ионлари концентрацияси камайиб боради,  $Fe^{3+}$  ионлари концентрацияси эса ошиб боради, бунга боғлиқ тарзда потенциал  $E$  нинг қиймати ҳам ортиб боради. Эквивалент нуқтага еткунга қадар потенциалнинг ўзгариши кам бўлиб, фақат титрлашнинг охирига келиб, потенциалнинг қиймати,  $1,400$  В га етади.

Редоксиметрия методларида эквивалент нуқтани белгилаш бир қатор ҳолларда титрант (ёки титрланувчи эритма) ранги сезиларли даражада ўзгарса индикаторсиз амалга оширилиши мумкин. Масалан перманганатометрия методидида  $KMnO_4$  эритмасининг рангининг йўқолиши ёки ҳосил бўлишига қараб титрлашнинг эквивалент нуқтаси аниқланади. Шунингдек, элементар йод ёки бром эритмалари фойдаланилганда, текширилаётган рангсиз эритмалар эквивалент нуқтада сариқ тусга киради.

## 22-жадвал

Темир (II) сульфатнинг  $0,1$  N эритмасидан  $20$  мл ни калий перманганатнинг  $0,1N$  эритмаси билан титрлашда редокс-потенциал қийматининг ўзгариши.

MnO <sub>4</sub> эритмасининг ҳажми, мл	FeSO <sub>4</sub> эритмасидан қолгани		Редокс-потенциал E, В
	мл	%	
0	20	100	-
10	10	50	0,750
15	5	25	0,767
19	1	5	0,824
19,9	0,1	0,5	0,880
19,99	0,01	0,5	0,940
20,00	0	0	1,400
20,01	-	-	1,480

Баъзи редоксиметрик титрлашлар редокс-потенциалнинг маълум қийматига эришилганда ўз рангини ўзгартирувчи индикаторлар иштирокида ўтказилади.

Системани оксидланиш-қайтарилиш (редокс) потенциалга боғлиқ равишда ўз рангини ўзгартирувчи индикаторлар редокс-индикаторлар деб аталади.

Редокс - индикаторларга мисол қилиб, дифениламин  $\text{NH}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$  ни олиш мумкин. Унинг рангсиз эритмасига оксидловчилар таъсир эттирилса, у кўк-бинафша тусга киради. Дифениламин кўпгина оксидловчилар таъсирида ўз рангини ўзгартиради.

Редокс-индикаторларга қуйидаги талаблар қўйилади:

- оксидланган ва қайтарилган шаклларнинг ранги ҳар хил бўлиши керак;

- рангнинг ўзгириши оз миқдордаги индикатор иштирокида ҳам сезиларли бўлиши лозим;

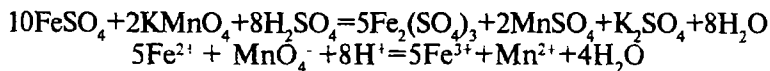
- индикатор эквивалент нуқтада жуда оз миқдордаги ортиқча қайтарувчи ёки оксидловчи билан ўзаро таъсирлаша олиши керак;

- индикатор атроф-муҳит таъсирига: ҳаво кислороди, карбонат ангидрид  $\text{CO}_2$ , ёруғлик ва бошқа таъсирларга барқарор бўлиши керак.

## **Редоксиметрия методларига доир лаборатория машғулоти**

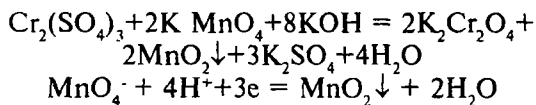
### **22.5. Перманганатометрия методи. Калий перманганат $\text{KMnO}_4$ эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш**

Перманганатометрия методи перманганат  $\text{MnO}_4^-$  иони билан оксидлаш реакциясига асосланган. Оксидлашни кислотали, ишқорий ёки нейтрал муҳитда олиб бориш мумкин. Кислотали муҳитдаги реакцияда  $\text{MnO}_4^-$  иони  $\text{Mn}^{2+}$  ионгача қайтарилади ва перманганатнинг пушти ранги йўқолиб рангсизланади:



Марганец ўз оксидланиш даражасини 5 бирликка камайтиради, яъни  $\text{MnO}_4^-$  иони 5 электрон бириктириб олади.

Ишқорий ёки нейтрал муҳитда оксидлаш олиб борилганда  $\text{MnO}_4^-$  иони  $\text{Mn (IV)}$ гача қайтарилади:



$\text{MnO}_4^-$  иони 3 та электрон бириктириб олади. Пермангантометрияда реакцияни деярли ҳар доим кислотали муҳитда олиб борилади, чунки бундай шароитда реакция натижасида деярли рангсиз  $\text{Mn}^{2+}$  ионлари ҳосил бўлади. Ишқорий ёки нейтрал муҳитда реакция ўтказилса тўқ-қўнғир чўкма  $\text{MnO}_2$  ҳосил бўлади, бу эквивалент нуқтани белгилашни жуда қийинлаштиради. Бундан ташқари, калий перманганатнинг оксидлаш хоссаси кислотали муҳитда ( $E_o(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$ ) ишқорий муҳитда ( $E_o(\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2) = +0,59 \text{ В}$ ) гига нисбатан кучлироқ ҳисобланади.

**Калий перманганатнинг тахминан 0,05N эритмасидан 500 мл (ёки 1л) тайёрлаш.**  $\text{KMnO}_4$  нинг титрланган эритмасини аниқ тортимини эритиш йўли билан тайёрлаб бўлмайди, чунки калий перманганатни тоза ҳолда олиш қийин. У кўпинча  $\text{MnO}_2$  билан ифлосланган бўлади. Бундан ташқари, дистилланган сув таркибида калий перманганатни  $\text{MnO}_2$  гача қайтарувчи моддаларнинг излари бўлади. Калий перманганатни тахминий концентрацияли эритмасини тайёрлаб, 7-10 кун қорамтир идишда сақланади. Калий перманганат тортимини кимёвий стаканга ёки колбага солинади. Калий перманганат кристаллари секин эриганлиги учун дистилланган сувнинг бир қисмини 80-90°C ҳароратгача иситилади ва оз-оздан  $\text{KMnO}_4$  кристаллари устига аралаштириб туриб қуйилади. Ҳосил бўлган эритмани ўлчов колбасига қуйилади ва қолган кристаллар устига яна иссиқ сув қуйилади. Эритиш тамом бўлгач, ўлчов колбасига ўтказилган совуқ эритма устига колба белгисига етгунча дистилланган сув қуйилади ва колба тиқини бекитилиб қоронғи жойда 7-10 кун қолдирилади, чунки ёруғлик таъсирида  $\text{KMnO}_4$  нинг парчаланиши тезлашади:



$\text{KMnO}_4$  эритмасини тайёрлашни тезлаштириш учун тайёрланган эритмани 1 соат давомида секин қайнатилади.

Шу йўл билан тайёрланган перманганат эритмаси ишлатишдан олдин идиш тагидаги чўкиндилардан ажратиш мақсадида эҳтиётлик билан бошқа идишга қуйилади ёки шиша филтрдан ўтказилади. Тозаланган  $\text{KMnO}_4$  эритмасини титри аниқланади, титрни аниқлашда оксалат кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ёки унинг тузлари  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  ва  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  нинг стандарт эритмаларидан фойдаланилади.

**Оксалат кислота (ёки унинг тузлари)нинг стандарт эритмасини тайёрлаш.** Иш эритмаси  $\text{KMnO}_4$  нинг тайёрланган эритмаси қандай нормаллик (0,05 N) да бўлса оксалат кислота эритмаси ҳам шу нормалликда тайёрланса мақсадга мувофиқ бўлади.

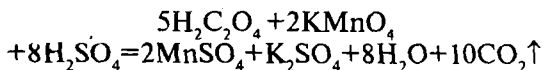
Оксалат кислотанинг 0,05 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган тортими массасини қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$\mathcal{E}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{M}{2} = \frac{126,07}{2} = 63,04\text{g}$$

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{N \cdot \mathcal{E} \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 63,04 \cdot 250}{1000} = 0,7880\text{g}$$

Шунча массадаги  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  тортими аналитик тарозидида ўлчаниб, 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилади, эритма ҳажми сув билан белгигача етказилиб, яхшилаб аралаштирилади. Тайёрланган эритма титри ва нормалиги олинган тортим массаси асосида аниқланади. Шундан сўнг, оксалат кислота эритмасини стандарт эритма сифатида  $\text{KMnO}_4$  эритмаси титрини аниқлашда фойдаланиш мумкин.

**Калий перманганат эритмаси нормалигини аниқлаш.** Калий перманганат эритмасини титрлаш индикаторсиз ўтказилади. Титрлашда қуйидаги реакция боради:



$C_2O_4^{2-}$  иони 2 электрон йўқотиб  $CO_2$  гача оксидланади.

Яхши ювилган шиша жўмракли бюреткани калий перманганат эритмаси билан нол белгисигача тўлатилади. Пипетка билан оксалат кислота эритмасидан 25,00 мл ўлчаб олиб, титрлаш колбасига солинади, устига сульфат кислотанинг 2N эритмасидан 10-15 мл қўшилади ва 70-80°C ҳароратгача иситилади ва иситилган эритма калий перманганат эритмаси билан титрланади. Калий перманганат эритмаси томчилатиб, иссиқ эритмани доимо чайқатиб туриб қўшилади, ҳар бир кейинги томчиси, олдинги томчининг ранги йўқолгач, қўшилади. Бошланишда  $KMnO_4$  эритмасининг рангсизланиши секин бўлади, кейин катализатор вазифасини бажарувчи  $MnSO_4$  ҳосил бўлгач, рангсизланиш тез юз беради. Ортиқча қўшилган бир томчи перманганат таъсиридан 1 минут ичида йўқолмайдиган оч пушти ранг ҳосил бўлгач, титрлаш тўхтатилади. Титрлаш камида 3 марта шу йўсинда такрорланиб  $KMnO_4$  эритмасининг ўртача ҳажми олинади. Бунда сарфланган титрантнинг энг кўп ва энг кам ҳажмлари орасидаги фарқ 0,1 мл дан ошмаслиги керак.

### Ўзиш тартиби

1)  $KMnO_4$  эритмасини титрлаш.

1 - титрлаш учун сарф бўлган  $KMnO_4$  эритмаси  $V_1 = 25,45$  мл

2 - титрлаш учун сарф бўлган  $KMnO_4$  эритмаси  $V_2 = 25,55$  мл

3 - титрлаш учун сарф бўлган  $KMnO_4$  эритмаси  $V_3 = 25,50$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(KMnO_4) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{25,45 + 25,55 + 25,50}{3} = 25,47 \text{ мл}$$

2)  $KMnO_4$  эритмаси нормаллигини ҳисоблаш. Титрлашда оксалат кислотанинг 0,04941N эритмасидан фойдаланилди деб олсак,  $KMnO_4$  эритмаси нормаллиги куйидаги тенгламадан топилади:

$$N(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4) = N(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4)$$

Бу ердан,

$$N(KMnO_4) = \frac{N(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4)}{V_{\text{ррм}}(KMnO_4)} = \frac{0,04941 \cdot 25,00}{25,47} = 0,04844 N$$

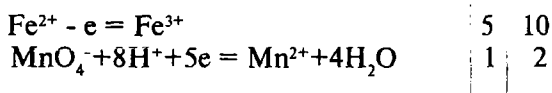
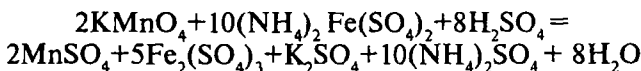
3) Тузатиш коэффиценти ва эритма титрини ҳисоблаш.

$$K(KMnO_4) = \frac{0,04844}{0,05} = 0,9688(0,05 N \text{ учун})$$

$$T(KMnO_4) = \frac{K \cdot N \cdot \Xi(KMnO_4)}{1000} = \frac{0,9700 \cdot 0,05 \cdot 31,61}{1000} = 0,001531 \text{ г/мл}$$

## 22.6. Мор тузи таркибидаги темир (II) миқдорини перманганатометрия методи билан аниқлаш

Эритмалардаги  $Fe^{2+}$  миқдорини аниқлашни перманганатометриядан фойдаланишнинг муҳим бир кўринишларидан ҳисобланади. Мор тузи  $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$  ёки  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  эритмасини калий перманганатнинг ишчи эритмаси билан титрланганда қуйидаги реакция боради:



Айни шу ҳолатда Мор тузи эквивалент массаси унинг моляр массасига тенг ва темирнинг эквиваленти унинг мол массасига, яъни 55,85 г/молга тенг.

**Аниқлаш тартиби.** 250 мл ҳажмли ўлчов колбасига маълум ҳажмдаги Мор тузи эритмасидан солиб, колбадаги эритма ҳажми дистилланган сув қўшиб белгисигача етказилади ва батафсил аралаштирилади.

Пипетка билан тайёрланган эритмадан 25 мл олиб титрлаш колбасига солинади, устига сульфат кислотанинг 2N эритмасидан 10-15 мл қўшилади ва бюреткадаги калий



перманганатнинг ишчи эритмаси билан титрланади. Титрлаш хона температурасида олиб борилади. Калий перманганат эритмасини қўшиш титрланаётган эритма 1-2 минутда йўқолмайдиган оч пушти рангга кирганда тўхтатилади. Титрлаш жараёни камида 3 марта такрорланади, бирига яқин ҳажмларни ўртачаси олинади ва текшириляётган эритмадаги темирнинг граммлар миқдори ҳисоблаб топилади.

### Ўзиш тартиби

1) Мор тузининг эритмасини  $KMnO_4$  нинг ишчи эритмаси билан титрлаш.

1 – титрлаш учун кетган  $0,04850N$   $KMnO_4$  эритмаси  $V_1 = 23,85$  мл

2 – титрлаш учун кетган  $0,04850N$   $KMnO_4$  эритмаси  $V_2 = 23,80$  мл

3 – титрлаш учун кетган  $0,04850N$   $KMnO_4$  эритмаси  $V_3 = 23,75$  мл

$$V_{урт}(KMnO_4) = \frac{23,85 + 23,80 + 23,75}{3} = 23,80 \text{ мл}$$

2)  $KMnO_4$  эритмаси титрини аниқланувчи модда-темир (II) бўйича ҳисоблаш.

$$\begin{aligned} T(KMnO_4 / Fe^{2+}) &= \frac{N(KMnO_4) \cdot \mathcal{E}(Fe^{2+})}{1000} = \\ &= \frac{0,04850 \cdot 55,85}{1000} = 0,002705 \text{ г / мл} \end{aligned}$$

3) Мор тузи эритмаси таркибидаги темир (II) миқдорини ҳисоблаш.

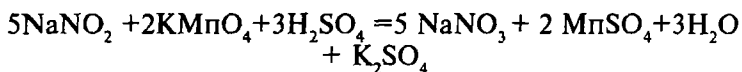
Агар 25 мл текшириляётган Мор тузи эритмасини титрлаш учун калий перманганатнинг ишчи эритмасидан ўртача 23,80 мл сарфланган бўлса, 250 мл Мор тузи эритмаси таркибидаги темир (II) миқдори қуйидагича ҳисобланади:

$$m(\text{Fe}^{2+}) = T(\text{KMnO}_4 / \text{Fe}^{2+}) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{KMnO}_4) \cdot \frac{V_{\text{ўлч.колб.}}}{V_{\text{пипетка}}}$$

$$m(\text{Fe}^{2+}) = 0,002709 \cdot 23,80 \cdot \frac{250}{25} = 0,6438\text{г}$$

## 22.7. Техник натрий нитрит таркибидаги нитрит миқдорини аниқлаш

Кислотали муҳитда иссиқ эритмаларда нитритлар калий перманганат таъсирида нитратларгача оксидланади.



бўлганлиги учун

$$Э(\text{NaNO}_2) = \frac{69,00}{2} = 34,50\text{г}$$

Натрий нитритнинг кислотали муҳитга келтирилган эритмасини калий перманганат эритмаси билан секин титрланганда, нитритларни кислоталар таъсирида осон парчаланishi юз беради. Шу сабабли, йўқотишни олдини олиш учун титрлашда Люнге методи қўлланилади. Бу методда калий перманганатнинг кислотали эритмасига бюреткадан текшириладиган нитрит эритмаси қўшилади.

0,05N эритмадан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган натрий нитритнинг аниқ тортими ўлчов колбасига солинади ва эритма ҳажми колба белгисигача етказилади, ҳосил бўлган эритма билан бюретка тўлғизилади. 500 мл ҳажмли конуссимон колбага пипеткада аниқ ўлчанган калий перманганатнинг ишчи эритмасидан солиниб устига тенг ҳажмдаги 1:4 нисбатда суюлтирилган сульфат кислота эритмаси қўшилади. Бу ҳосил бўлган аралашма ҳажмини сув қўшиб 250 мл га етказилади ва иситилади. Сўнг натрий нитрит эритмаси билан бир томчи ортиқча қўшилган натрий нитрит эритмаси таъсирида колбадаги перманганат эритмаси рангсизлангунча титрланади. Титрлаш

3 марта такрорланади, ўртача қиймат олиниб, текширилаётган эритмадаги натрий нитрит миқдори ҳисобланади. Тузнинг тортими массасини билган ҳолда техник туз таркибидаги нитрит миқдори фоизларда ҳисобланади.

### Ёзиш тартиби

а)  $\text{KMnO}_4$  эритмасини титрлашга сарф бўлган нитрит эритмаси ҳажми

1 – титрлаш учун сарф бўлган нитрит эритмаси  $V_1 =$  мл

2 – титрлаш учун сарф бўлган нитрит эритмаси  $V_2 =$  мл

3 – титрлаш учун сарф бўлган нитрит эритмаси  $V_3 =$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{NaNO}_2) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \text{мл}$$

б) Ишчи эритма  $\text{KMnO}_4$  нормаллиги асосида  $\text{NaNO}_2$  эритмаси нормаллигини ҳисоблаш:

$$N(\text{NaNO}_2) = \frac{V(\text{KMnO}_4) \cdot N(\text{KMnO}_4)}{V_{\text{ўрт}}(\text{NaNO}_2)} = N$$

в) Эритма нормаллиги ( $N(\text{NaNO}_2)$ ) бўйича, тортимдаги нитрит миқдорини ҳисоблаш.

$$T(\text{NaNO}_2) = \frac{N(\text{NaNO}_2) \cdot \mathcal{E}(\text{NaNO}_2)}{1000} = \text{г/мл}$$

$$m(\text{NaNO}_2) = T(\text{NaNO}_2) \cdot V_{\text{ўлчов колба}} = \text{г}$$

Ҳисоблашни аниқланувчи модда бўйича титр асосида ҳам бажариш мумкин.

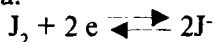
$$T(\text{KMnO}_4 / \text{NaNO}_2) = \frac{N(\text{KMnO}_4) \cdot \mathcal{E}(\text{NaNO}_2)}{1000},$$

$$m(\text{NaNO}_2) = T(\text{KMnO}_4 / \text{NaNO}_2) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot \frac{V_{\text{ўлчов колбаси}}}{V_{\text{пипетка}}}$$

## 22.8. Йодометрия методи. Натрий тиосульфат, йод эритмаларини тайёрлаш ва улар титрини аниқлаш

Текширилаётган модда миқдори тўғрисида ютилган ёки ажралиб чиққан йоднинг миқдорига қараб хулоса чиқариладиган титриметрик анализнинг методи йодометрия деб номланади.

Йодометрияда оксидловчи сифатида эркин йод ишлатилади, у баъзи бир қайтарувчилар билан реакцияга киришиш қобилиятига эга:



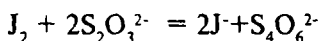
$J_2/2J^-$  жуфтнинг стандарт электрод потенциали  $E_0=0,54V$  га тенг ( $pH=0$  ва  $25^\circ C$  да) Оксидлаш потенциали бу қийматдан кичик бўлган моддалар  $J_2$  га нисбатан қайтарувчилар ҳисобланиб, юқоридаги реакцияни чапдан ўнгга йўналтиради, йодни “ютади”. Бундай моддаларга олтингугурт (IV) оксиди, натрий тиосульфат  $Na_2S_2O_3$ , қалай (II) хлорид ва бошқалар мисол бўла олади. Оксидлаш потенциали  $0,54V$  дан юқори бўлган моддалар  $J^-$  га нисбатан оксидловчи бўлиб, реакцияни эркин йод ҳосил бўлиш томонига йўналтиради:



Бундай моддаларга  $KMnO_4$ , калий дихромат  $K_2Cr_2O_7$ , марганец диоксида  $MnO_2$ ,  $Cl_2$ , бром  $Br_2$  ва бошқаларни мисол қилса бўлади.

Ютилган ёки ажралган йод миқдорини ўлчаш орқали оксидловчилар ёки қайтарувчилар миқдорини ҳисоблаш мумкин.

Йодометрик методда аниқлашлар тўғри ва тескари титрлаш билан бажарилади. Ажралиб чиққан эркин йод миқдорини натрий тиосульфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб аниқланади:



Натрий тиосульфат эркин йодни ютиб, реакциянинг мувозанатини ўнг томонга силжитади. Реакциянинг чапдан ўнгга бориши учун ортиқча эркин йод керак. Одатда, тескари титрлаш ўтказилади. Аниқланадиган қайтарувчига бир варакайига титрланган йод эритмасидан ортиқча миқдорда қўшилади. Қўшилган йоднинг бир қисми қайтарувчи билан

реакцияга киришади, ортиб қолган қисми натрий тиосульфат эритмаси билан титрлаб топилади.

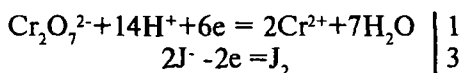
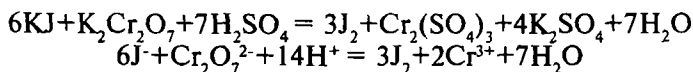
Йодометрияда жуда сезгир индикатор тариқасида крахмал эритмаси ишлатилади. Крахмал йод билан беқарор тўқ кўк рангли бирикма беради. Кўк ранг крахмал заррачаларини йод билан адсорбцион бирикма — йодокрахмал ҳосил бўлиши ҳисобига келиб чиқади. Ҳарорат кўтарилиши билан йоднинг крахмал билан бирикмаси парчаланadi ва эритма рангсизланади. Шу сабабли, моддаларни йодометрик аниқлаш хона ҳароратида олиб борилади. Йод эритмасини тиосульфат билан титрлашда крахмални титрлаш охирига етиб келганда қўшиш лозим, акс ҳолда ажралиб чиққан йоднинг кўп миқдори крахмал томонидан адсорбиланиб йоднинг тиосульфат билан ўзаро таъсир реакцияси секинлашади.

**Натрий тиосульфатнинг 0,01N эритмасидан 500 мл тайёрлаш.** Экрин йодга нисбатан крахмалнинг сезгирлиги юқорилигини ҳисобга олиб, йодометрияда титриметрик анализнинг бошқа методларига нисбатан кам концентрациядаги ишчи эритмалар ишлатилади. Одатда, 0,05-0,01N эритмалардан фойдаланилади.

Йодометриядаги оксидланиш-қайтарилиш реакцияси асосида топилган натрий тиосульфатнинг эквивалент массаси  $E(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248,19\text{г}$  га тенг. 500 мл тахминан 0,01N эритма тайёрлаш учун 1,25 г атрофида натрий тиосульфат олинади. Натрий тиосульфатнинг титрланган эритмасини аниқ массадаги тортим олиш билан тайёрлаб бўлмайди, чунки бу туз кристаллари ҳавода ўзгаради, сувли эритмаларда ҳаво кислороди таъсирида ва ёруғлик таъсирида парчаланиши мумкин. Шу сабабли, аввал тиосульфатнинг тахминий концентрациядаги эритмаси тайёрланиб, 10 кун қоронғи жойда сақланади, сўнг унинг титри қандайдир стандарт эритма билан аниқланади. Натрий тиосульфат титри, одатда, калий дихроматнинг тайёрланган стандарт эритмаси билан топилади.

**Натрий тиосульфат эритмаси титрини калий дихромат бўйича топаш.** Калий дихромат эритмаси жуда барқарор ва титрлашда аниқ натижалар беради. Тиосульфат эритмаси титрини аниқлашда ёрдамчи калий йодид эритмаси ишлатилади. Калий дихромат бўйича натрий тиосульфат эритмаси титрини аниқлаш моҳияти шундай: калий дихромат оксидловчи

сифатида калий йодиддан эркин йодни ажратади, бу ажралган йод миқдори калий дихроматнинг олинган тортими мас-сасига эквивалент миқдорда бўлади. Ажралиб чиққан йодни натрий тиосульфат эритмаси билан титрланади.



$$\Xi(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{294,21}{6} = 49,04\text{г}$$

Тайёрланадиган  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмаси концентрацияси ҳам натрий тиосульфат эритмаси концентрацияси каби 0,01N бўлиш керак ( $V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 250$  мл).

$$m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = \frac{49,04 \cdot 0,01 \cdot 250}{1000} = 0,1226\text{г}$$

Аналитик тарозида  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  нинг тортими ўлчаб олинади, 250 мл ҳажмли ўлчов колбасига ўтказилади, дистилланган сувда эритилади, эритма ҳажми дистилланган сув қўшиб, колба белгисига етказилади, колба тиқини бекитилиб, эритма яхшилаб аралаштирилади. Олинган тортимнинг аниқ массаси бўйича калий дихромат эритмаси нормаллиги ҳисобланади.

Натрий тиосульфат эритмаси титри қуйидагича бажарилади. Конуссимон колбага пипеткада 25 мл калий дихроматнинг стандарт эритмасидан ўлчаб солинади, устига 15-20 мл 4N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эритмасидан қўшилди. Сўнг 3-5 г КJ қўшилиб, 5 минут қоронғи жойга колба ичидаги аралашмаси билан қўйилади. Шундан сўнг 100-150 мл дистилланган сув қўшилиб, нормаллиги топилиши лозим бўлган натрий тио-сульфат эритмаси билан титрланади. Аввал титрлашни индикаторсиз олиб борилади, эритма оч-сарик тусга киргач 2-3 мл крахмал эритмаси қўшилади ва эритманинг кўк ранги йўқолиб,  $\text{Cr}^{3+}$  иони

ҳосил бўлиши ҳисобига яшил ранг ҳосил бўлгунча титрланади. Шу тарзда титрлашни 3 марта такрорлаб, титрлаш учун кетган тиосульфатни ўртача ҳажми бўйича тиосульфат эритмасининг нормаллиги қуйидаги формуладан топилади:

$$N(Na_2S_2O_3) = \frac{N(K_2Cr_2O_7) \cdot V(K_2Cr_2O_7)}{V_{урм}(Na_2S_2O_3)}$$

**Йоднинг 0,05N эритмасидан 250 мл тайёрлаш:** тахминан 0,05 N эритма тайёрлаш учун керак бўладиган йод массаси ҳисобланади.

$$m(J_2) = \frac{N \cdot \Xi \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 126,91 \cdot 250}{1000} = 1,582$$

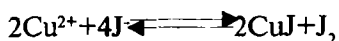
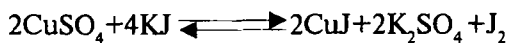
Ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасига 2-3 г KJ солиниб, 8-10 мл сувда эритилади. Сўнг ҳисобланган миқдордаги йод - 1,58 г йод қўшилади, эриб бўлгандан сўнг колба белгисигача дистилланган сув қўшилиб, эритма яхшилаб аралаштирилади.

Тоза бюреткани натрий тиосульфатнинг титрланган ишчи эритмаси билан тўлдирилади. Конуссимон колбага пипеткада 25 мл йод эритмасидан солинади ва тиосульфат эритмаси билан титрланади. Титрланаётган йод эритмасининг ранги қўнғир тусдан оч сариқ тусга ўзгарганда, титрланувчи эритмага 2 мл крахмал эритмасидан қўшилиб титрлаш давом эттирилади. Крахмал таъсиридан кўк ранга кирган эритма эквивалент нуқтадан сўнг ортиқча қўшилган бир томчи тиосульфат таъсиридан рангсизланганда титрлаш тўхтатилади. Титрлаш 3 марта такрорлангач, ўртача ҳажм ҳисобланиб йод эритмасининг нормаллиги топилади:

$$N(J_2) = \frac{N(Na_2S_2O_3) \cdot V_{урм}(Na_2S_2O_3)}{V(J_2)} = N$$

## 22.9. Мис купороси таркибидаги мис (II) миқдорини аниқлаш

Мис (II) миқдорини аниқлаш йодид ионлари билан  $\text{Cu}^{2+}$  ионларнинг ўзаро кимёвий таъсирлашувига асосланган. Бу реакцияда мис (II) га эквивалент миқдорда эркин йод ажралиб чиқади ва уни натрий тиосульфатнинг титрланган ишчи эритмаси ёрдамида аниқланади. Йодид ионлари билан мис (II) ионлари орасидаги реакциянинг бориши тенгламаси қуйидагича ифодаланди:



Бу қайтар реакцияни ўнг томонга тўлиқ бориши учун  $\text{I}^-$  ионлари концентрациясини ошириш керак ва бу калий йодидан мўл миқдорда олиш билан амалга оширилади. Реакция кучсиз кислотали муҳитда олиб борилади. Конуссимон колбага текшириладиган мис купороси эритмасидан пипетка билан 25 мл ўлчаб солинади, унга  $\text{H}_2\text{SO}_4$  нинг 4 N эритмасидан 4-5 мл қўшилади, яна 3-5 г калий йодид кристаллари солинади, 5 минут қоронғи жойда қолдирилади. Сўнгра натрий тиосульфатнинг ишчи эритмаси билан титрланади. Титрлашнинг охирига етишига оз қолганда индикатор-крахмал эритмаси қўшилади. Эритманинг кўк ранги йўқолиб, новвот рангга ўтганда, титрлаш тўхтатилади.

Масалан, мис купоросининг массаси 6,2508 г тортими 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25 мл ни титрлаш учун натрий тиосульфатнинг 0,1015 N эритмаси ишлатилади.

### Ўзиш тартиби

а) Мис купороси эритмасини титрлаш:

1 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмаси  $V_1=24,2$  мл

2 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмаси  $V_2=24,1$  мл



3 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  эритмаси  $V_3=24,0$  мл

$$V_{\text{урт}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{24,2 + 24,1 + 24,0}{3} = 24,1\text{мл}$$

б) Мис купороси эритмаси нормаллигини ҳисоблаш:

$$N(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,1015 \cdot 24,1}{25} = 0,09783$$

в) Мис купороси таркибидаги мис миқдорини топиш.

$$m(\text{Cu}) = \frac{N(\text{CuSO}_4) \cdot \Xi(\text{Cu}^{2+}) \cdot V(\text{CuSO}_4)}{1000};$$

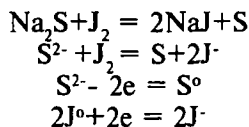
$$m(\text{Cu}) = \frac{0,09783 \cdot 63,54 \cdot 250}{1000} = 1,5530\text{г}$$

6,2508 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - 100% ни ташкил этади  
1,5530 г  $\text{Cu}$  - x% ни ташкил этади

$$x = \frac{1,5530 \cdot 100}{6,2508} = 24,86\% \text{Cu}$$

## 22.10. Техник сульфид таркибидаги $\text{Na}_2\text{S}$ миқдорини аниқлаш

Сульфидларни йодометрик метод билан аниқлаш уларни йод таъсирида эркин олтингургуртгача оксидланишига асосланган.



Сульфид ионлари  $\text{S}^{2-}$  кучли қайтарувчилар ҳисобланади, ( $E_0\text{S}^{2-}/\text{S} = -0,48\text{В}$ ) реакция чапдан ўнгга амалда тўлиқ охиригача боради.

Титрлашни тўғри титрлаш билан ҳам, тескари титрлаш усули билан ҳам олиб бориш мумкин. Майдаланган техник туздан аниқ тортим (1 г атрофида) олиб, 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилади. Пипетка ёрдамида тайёрланган эритмадан 25 мл олиб конуссимон титрлаш колбасига солинади. Сўнг шу сульфид эритмасига титрланган йод эритмасидан ортиқча қўшилади ва яна 8–10 мл 10% ли хлорид кислота эритмасидан солинади. Реакцияга киришмай ортиб қолган йод натрий тиосульфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб топилади. Ҳосил бўладиган эркин олтингурут титрлашга ҳалақит бермайди.

Айтайлик, техник натрий сульфиддан 0,9282 г тортим олиб, 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу текширилаётган эритманинг 25 мл га 0,1011N йод эритмасидан 40,00 мл қўшилди. Йод эритмасининг ортиқчаси натрий тиосульфатнинг 0,1015N эритмаси билан титрланганда сарф бўлган тиосульфат эритмаси ҳажми топилади.

### Ёзиш тартиби

а) Йод эритмасининг ортиқчасини титрлаш

- 1 – титрлашга кетган 0,1015 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$  эритмаси  $V_1=24,50$  мл
- 2 – титрлашга кетган 0,1015 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$  эритмаси  $V_2=24,45$  мл
- 3 – титрлашга кетган 0,1015 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$  эритмаси  $V_3=24,40$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \frac{24,50 + 24,45 + 24,40}{3} = 24,45\text{мл}$$

б) Реакцияга киришмай ортиб қолган йод эритмаси ҳажмини топиш:

$$V_{\text{ўрт}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = V(\text{J}_2) \cdot N(\text{J}_2)$$

$$V(\text{J}_2) = \frac{24,45 \cdot 0,1015}{0,1011} = 24,5\text{мл}$$

в) Реакция учун сарф бўлган йод эритмаси ҳажмини топиш:

$$40 \text{ мл} - 24,5 \text{ мл} = 15,5 \text{ мл}$$

г) Натрий сульфид эритмаси нормаллигини ҳисоблаш:

$$N(Na_2S) = \frac{N(J_2) \cdot V(J_2)}{V(Na_2S)} = \frac{0,1011 \cdot 15,5}{25} = 0,06268$$

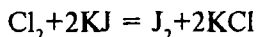
д) Техник натрий сульфид таркибидаги тоза  $Na_2S$  масаси ва фоиз миқдорини ҳисоблаш:

$$m(Na_2S) = \frac{0,06268 \cdot 39,03 \cdot 250}{1000} = 0,6116\text{г}$$

$$W(Na_2S)\% = \frac{0,6116 \cdot 100}{0,9882} = 61,89\%$$

## 22.11. Сувдаги эркин хлор миқдорини аниқлаш

Сувдаги хлор миқдорини аниқлашда қуйидаги реакцияга асосланади:



Ажралиб чиққан йод (унинг миқдори сувдаги хлор миқдорига эквивалент) натрий тиосульфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб аниқланди.

Пипетка билан водопровод сувидан 25 мл (20 мл) ўлчаб олиниб, конуссимон колбага солинади ва устига 10% ли КJ эритмасидан 15 мл қўшилади. Ажралиб чиққан йод натрий тиосульфатнинг титрланган ишчи эритмаси билан титрланаётган эритманинг ранги оч-сарик рангга киргунча титрланади. Шундан сўнг текшириляётган эритмага 1 мл крахмал эритмасидан қўшиб, титрлаш крахмал таъсиридан қўк тусга кирган эритма рангсизлангунча давом эттирилади. Шу йўсинда титрлаш 3 марта такрорланиб, ўртача натрий тиосульфат эритмаси ҳажми топилади.

Сувдаги эркин хлор миқдорини ҳисоблашда натрий тиосульфатнинг аниқланувчи модда бўйича титридан фойдаланиш мумкин:

$$T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 / \text{Cl}_2) = \frac{N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot \mathcal{E}(\text{Cl}_2)}{1000} = \text{г / мл}$$

$$m(\text{Cl}_2) = T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 / \text{Cl}_2) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot \frac{V(\text{литр})}{V_{\text{пипетка}}} = \text{г}$$

## Саволлар

1. Редоксиметрия методининг моҳияти нимадан иборат?
2. Редоксиметрия методининг турлари ва уларнинг номланиши қандай?
3. Оксидловчи ва қайтарувчиларнинг эквивалент массалари қандай ҳисоблаб топилади?
4. Оксидловчилар ва қайтарувчиларнинг активлиги қандай катталиқ билан ифодаланади?
5. Жуфтларнинг редокс потенциали қиймати қандай омилларга боғлиқ ва бу боғланиш қандай тенглама билан ифодаланади?
6. Редокс реакцияларнинг мувозанат константаси ва бу реакцияларнинг йўналиши унинг қийматига қандай боғлиқ бўлади?
7. Редоксиметрия методида титрлаш эгри чизиқлари нимага асосланиб тузилади?
8. Редоксиметрия методида қўлланиладиган индикаторлар ва улар қандай талабларга жавоб бериши лозим?
9. Перманганатометрия методи қандай реакцияга асосланган, кислотали муҳитда ва ишқорий муҳитда олиб бориладиган оксидлаш бир-биридан қандай фарқ қилади?
10. Перманганатометрия методида ишчи эритма қандай тайёрланади ва унинг титри қандай стандарт эритмалар ёрдамида топилади?
11. Калий перманганатнинг титрланган эритмасини аниқ, массали тортимдан тайёрлаш мумкинми?
12. Ёруғлиқ калий перманганат эритмасига қандай таъсир кўрсатади?
13. Перманганатометрияда эквивалент нуқта қандай белгиланади?

14. Йодометрия қандай реакцияга асосланган ҳолда бажарилади?

15. Натрий тиосульфат эритмасини қандай шароитда сақлаш керак?

16. Оксидловчиларни йодометрик титрлашнинг моҳияти нимадан иборат?

17. Йодометрик методда қайтарувчилар қандай аниқланади?

18. Нима учун оксидловчиларни титрлашда KI дан мул миқдорда қўшиш керак?

19. Йодометрияда эквивалент нуқтани белгилаш учун қандай индикатор қўлланилади?

20. Нима учун йодометрик аниқлашлар совуқда олиб борилади?

## Тестлар

1. Электр юритувчи куч (Э.Ю.К) нинг қайси қийматида оксидланиш-қайтарилиш реакцияси боради?

А) Э.Ю.К=0;

В) Э.Ю.К<0;

С) Э.Ю.К >0;

Д) Э.Ю.К=1;

Е) Э.Ю.К хоҳлаган қийматида.

2. Таркибида бромид, йодид, сульфид ионлари бор эритмага хлорли сув қўшилса, оксидланиш жараёни қандай кетма-кетликда боради?

А) Сульфид, бромид, йодид, ионлари;

В) Бромид, йодид, сульфид ионлари;

С) Сульфид, йодид, бромид ионлари;

Д) Йодид, бромид, сульфид ионлари;

Е) Хоҳлаган кетма кетликда.

3. Стандарт редокс-потенциаллар қиймати асосида қайси ионлар йоднинг сувдаги эритмаси билан оксидланади?

А) Сульфид ионлари;

В) Хром(III)-ионлари;

С) Бромид ионлари;

- Д) Арсенит ионлари;
- Е) Хлорид ионлари.

4. Стандарт редокс-потенциаллар жадвалидан фойдаланиб, кўрсатилган моддаларнинг қайси бирини калий хлорид билан оксидлаб бўлмаслигини аниқланг.

- А) Темир(II) сульфат;
- В) Олтин;
- С) Калий бромид;
- Д) Хром(III) сульфат;
- Е) Натрий сульфид.

5. Реал электрод потенциали қандай омилларга боғлиқ бўлади?

- А) Концентрацияга;
- В) Ҳароратга;
- С) Эритма рН га;
- Д) Концентрация, температура ва эритма рН га;
- Е) Концентрация ва эритма рН га.

6. Қуйидаги формуладан қандай катталикини ҳисоблаш

мумкин  $E = E_0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[окс]}{[кайт]}$  ?

- А) Стандарт редокс-потенциал;
- В) Реакция Э.Ю.К;
- С) Редокс-индикаторнинг ўтиш оралиғи;
- Д) Эквивалент нукта;
- Е) Реал редокс-потенциал.

7. Қуйидаги жуфтнинг редокс-потенциали қандай қий-  
матга эга:

$AsO_4^{3-} + 2H^+ / AsO_3^{3-} + H_2O$ , агар  $[AsO_4^{3-}] = [AsO_3^{3-}]$ ;  $[H^+] = 10^{-8}$  мол/л?

- А) 0,096 В;
- В) 0,77 В;
- С) 0,56 В;
- Д) 0,28 В;
- Е) 0,96 В.

8. Перманганометрияда қайси эритма ишчи эритма сифатида қўлланилади?

- A) Сульфат кислота эритмаси;
- B) Натрий оксалат эритмаси;
- C) Калий перманганат эритмаси;
- D) Оксалат кислота эритмаси;
- E) Натрий тиосульфат эритмаси.

9. Калий перманганатнинг оксидлаш хоссаси қандай муҳитда юқорироқ бўлади?

- A) Нейтрал;
- B) Кислотали;
- C) Кучсиз ишқорий;
- D) Кучсиз кислотали;
- E) Ишқорий.

10. Калий перманганат эритмасининг титрини оксалат кислота билан топишда кетадиган реакциянинг молекуляр тенгламасини ёзинг ва коэффициентлар йиғиндиси нечага тенг?

- A) 31;
- B) 36;
- C) 21;
- D) 41;
- E) 13.

11. Калий перманганатнинг эквивалент массаси, кислотали муҳитда қандай ҳисобланади?

- A)  $M/1$ ;
- B)  $M/3$ ;
- C)  $M/5$ ;
- D)  $M/7$ ;
- E)  $M/2$ .

12. Эквивалент нуқта перманганометрияда қандай белгиланади?

- A) Редокс-индикатор дефиниламин ёрдамида;
- B) рН-индикаторлар ёрдамида;
- C) Крахмал ёрдамида;
- D) Эритма рангининг ортиқча қўшилган ишчи эритма томчисининг ўзгариши ёрдамида;

Е) Фенолфталеин ёрдамида.

13. Эритмадаги темир (II) миқдорини перманганатометрик аниқлашдаги реакциянинг молекуляр тенгламасини ёзинг ва коэффицентлар йиғиндисини нечага тенг бўлади?

- А) 25;
- В) 46;
- С) 28;
- Д) 32;
- Е) 36.

14. Перманганатометрик аниқлашда темирнинг эквивалент массаси қандай топилади?

- А)  $M/2$ ;
- В)  $M/1$ ;
- С)  $M/5$ ;
- Д)  $M/3$ ;
- Е)  $M/7$ .

15. Редоксиметрияда темир(II)-сулфат эквивалентининг моляр массаси 0,05 мол/лга тенг бўлса, унинг моляр концентрацияси қандай бўлади?

- А) 0,1 мол/л;
- В) 0,02 мол/л;
- С) 0,03 мол/л;
- Д) 0,05 мол/л;
- Е) 0,04 мол/л.

16. Калий перманганат билан титрлашда, концентрацияси 0,215 мол/л бўлган темир(II) сулфатнинг титри қанча бўлади?

- А) 0,01633 г/мл;
- В) 0,03216 г/мл;
- С) 0,01200 г/мл;
- Д) 0,00600 г/мл;
- Е) 0,00215 г/мл.

17. 0,01 N эритмадан 2,5 литр тайёрлаш учун титри 0,003477 г/мл бўлган калий перманганат эритмасидан неча мл олиш керак?

- А) 0,06 мл;
- В) 1,045 мл;



- С) 227 мл;
- Д) 454 мл;
- Е) 50 мл.

18. Кислотали муҳитда титрлаш учун мўлжалланган 1,8 г тортимни 500 мл ҳажмли ўлчов колбасида сув билан эритиб тайёрланган  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг нормаллиги нечага тенг?

- А) 0,0228 N;
- В) 0,068 N;
- С) 0,228 N;
- Д) 0,0114 N;
- Е) 0,114 N.

19. 400 мл эритмада 5,16 г оксалат кислота бор эритмадан 20,00мл ни титрлаш учун калий перманганат эритмасидан 22,50 мл сарф бўлса,  $\text{KMnO}_4$  эритмасининг нормаллиги нечага тенг?

- А) 0,182 N;
- В) 0,364 N;
- С) 0,091 N;
- Д) 0,073 N;
- Е) 0,0455 N.

20. Оксалат кислотанинг 0,1N эритмасидан 25 мл ни титрлаш учун  $\text{KMnO}_4$  эритмаси ( $T(\text{KMnO}_4/\text{Ca}^{2+})=0,00125$  г/мл) дан неча мл керак бўлади?

- А) 20 мл;
- В) 40 мл;
- С) 30 мл;
- Д) 25 мл;
- Е) 50 мл.

21. Массаси 1,5300 г бўлган техник пиролюзит сулфат кислотали муҳитда оксалат кислотанинг 0,1075 N эритмасидан 30,0 мл билан ишланди. Оксалат кислотанинг ортиқчасини титрлаш учун  $\text{KMnO}_4$  нинг 0,11 N эритмасидан 5,31 мл сарфланди. Марганец(IV) оксиднинг пиролюзитдаги масса қисми (%) ни топинг?

- А) 54,5%;
- В) 89%;

- C) 99%;
- D) 75%;
- E) 70%.

22. Темир симни сулфат кислотада эритиб, ҳосил бўлган эритмани титрлашда  $\text{KMnO}_4$ нинг 0,1000 N эритмасидан 40,00 мл сарфланган бўлса, темир сим массаси неча граммга тенглигини ҳисобланг.

- A) 0,110 г;
- B) 0,180 г;
- C) 2,230 г;
- D) 0,322 г;
- E) 0,2230 г.

23. 200 мл ҳажмли ўлчов колбасида 7,1506 г техник темир купороси  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  эритилди. Бу эритмадан 20,00 мл ни титрлаш учун  $\text{KMnO}_4$  нинг 0,0983 N эритмасидан 19,62 мл сарфланди. Намунадаги тоза  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  нинг масса қисми (%) ни ҳисобланг?

- A) 75,3%;
- B) 70,5%;
- C) 73,5%;
- D) 80%;
- E) 97,3%.

24. Йод билан натрий тиосульфат ўртасидаги реакциянинг молекуляр тенгласини ёзинг ва бунда коэффициентлар йиғиндиси нечага тенг?

- A) 4;
- B) 6;
- C) 5;
- D) 12;
- E) 8.

25. Йодометрияда натрий тиосульфатнинг эквивалент массаси қандай ҳисобланади?

- A)  $M/2$ ;
- B)  $M/6$ ;
- C)  $M/4$ ;

- Д)  $M/3$ ;
- Е)  $M/1$ .

26. Йоднинг натрий тиосульфат билан реакциясидаги эквивалент массаси нечага тенг бўлади?

- А) 63,45;
- В) 253,8;
- С) 126,9;
- Д) 31,7;
- Е) 248,19.

27. Йодометрик аниқлашлардаги миснинг эквивалент массаси нечага тенг?

- А) 36,76;
- В) 18,38;
- С) 127,08;
- Д) 63,45;
- Е) 126,9.

28. Калий дихроматнинг эквивалент массаси йодометрик аниқлашлар учун қандай ҳисобланади?

- А)  $M/1$ ;
- В)  $M/2$ ;
- С)  $M/3$ ;
- Д)  $M/5$ ;
- Е)  $M/6$ .

29. 0,1 N эритмадан 500 мл тайёрлаш учун неча грамм кимёвий тоза йод керак бўлади?

- А) 6,4 г;
- В) 4,6 г;
- С) 3,2 г;
- Д) 12,8 г;
- Е) 9,2 г.

30. 200 мл 0,1 N эритма тайёрлаш учун неча грамм кимёвий тоза калий дихромат олиш керак?

- А) 0,073 г;
- В) 0,73 г;
- С) 7,30 г;
- Д) 1,46 г;

Е) 0,365 г.

31. Тиосульфатнинг 0,05 N эритмасидан 50 мл ни титрлаш учун йод эритмаси ( $T(I_2)=0,00254$  г/мл) дан неча мл керак бўлади?

- А) 125 мл;
- В) 12,5 мл;
- С) 62,5 мл;
- Д) 152 мл;
- Е) 250 мл.

32. 0,254 г йод билан 40 мл  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  қолдиқсиз реакцияга киришган бўлса, натрий тиосульфат эритмасининг титри қанча бўлади?

- А) 0,064 г/мл;
- В) 0,0064 г/мл;
- С) 0,124 г/мл;
- Д) 0,0124 г/мл;
- Е) 0,0214 г/мл.

33. 25 мл хлорли сув KJ билан реакцияга киришганда ажралиб чиқадиган йодни титрлаш учун 0,08 N  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  эритмасидан 20,1 мл сарф бўлган. Шундай хлорли сувнинг 1 литрида неча грамм хлор бўлади?

- А) 3,545 г;
- В) 34,45 г;
- С) 0,229 г;
- Д) 22,9 г;
- Е) 2,29 г.

34. Натрий сульфитнинг 7,3460 г тортими 1000 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Ҳосил бўлган эритмадан йод эритмаси ( $N(I_2)=0,05440$ ) нинг 20,00 мл ни титрлаш учун 23,15 мл сарфланди. Намуна таркибидаги натрий сульфатнинг масса қисми (%) қанча бўлади?

- А) 62,90%;
- В) 38,10%;
- С) 90,5%;
- Д) 31,80%;
- Е) 57,10%.

35. Натрий тиосульфат кристалогидратининг  $\approx 0,05$  N эритмаси аниқ концентрациясини белгилаш учун 500 мл стандарт эритма тайёрлаш учун неча грамм  $K_2Cr_2O_7$  кристаллари тортиб олиш керак?

- А) 2,45 г;
- В) 4,52 г;
- С) 1,23 г;
- Д) 3,12 г;
- Е) 0,615 г.

36. Калий дихроматнинг 1,200 г тортими ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25 мл га калий йодид ва хлорид кислота қўшилди. Ҳосил бўлган йодни титрлаш учун натрий тиосульфат эритмасидаги 22,86 мл кетди. Натрий тиосульфат эритмасининг нормалиги нечага тенг?

- А) 0,1071 N;
- В) 0,0107 N;
- С) 0,0535 N;
- Д) 0,241 N;
- Е) 1,071 N.

## XXIII БОБ. ЧЎКТИРИШГА АСОСЛАНГАН ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ

### 23.1. Чўктириш методининг моҳияти

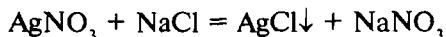
Чўктириш методларининг моҳияти шундан иборатки, аниқланувчи модда (ион) миқдоран чўкмага ўтказилади. Модда (ион) нинг миқдори ҳақида сарфланган ишчи эритманинг ҳажми асосида ҳулоса чиқарилади. Бу методда қандайдир қийин эрийдиган бирикмалар ҳосил бўлиши билан борадиган кимёвий реакциялардан фойдаланилади. Бу реакциялар қуйидаги талабларни қаноатлантириши лозим:

- чўкма амалда эримайдиган бўлиши керак;
- чўкма етарли даражада тез ва стехиометрик ҳосил бўлиши;
- индикаторлар ёрдамида эквивалент нуқтани аниқлаш учун имконият бўлиши керак;
- бегона моддаларнинг адсорбцияси ҳодисаси анализ натижасига таъсир қилмаслиги керак.

Қўлланиладиган ишчи эритмаларига боғлиқ тарзда чўктириш методлари қуйидагича номланади:

1. Аргентометрия - ишчи эритма сифатида кумуш нитратнинг эритмаси ишлатилади. Аргентометрияда эквивалент нуқтани белгилашда индикаторсиз ва индикаторлар қўлланиладиган усуллардан фойдаланилади.

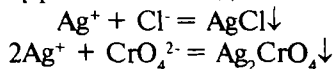
**Гей-Люссак усули.** Гей-Люссак биринчи бўлиб, ҳажмий-аналитик аниқлашларда чўктириш реакцияларини қўллади:



Бу реакцияда эквивалент нуқта реагентнинг янги улуши қўшилганда чўкма тушиши тўхташи асосида белгиланади. Реагентнинг янги улуши, аввалги улуши қўшилиши натижасида ҳосил бўлган чўкманинг ҳаммаси идиш тагига тушгандан кейингина томизилади. Бундай усул кўп вақт

талаб қилади. Бу усулдан кучли кислотали муҳитда ҳам, рангли эритмалардан чўктиришда ҳам қўлланилса бўлади. Гей-Люссак усули кумуш ионлари билан галогенид ионлари орасида борадиган реакцияларга асосланган бўлиб, индикаторсиз бажарилади. Бу усул тўғри бажарилганда аниқ натижалар бериши мумкин. Илгари, индикаторлар иштирокида бажариладиган усуллар яратилганга қадар, Гей-Люссак усули, катта аҳамиятга эга бўлган: ҳозирги вақтда бу усул амалиётда қўлланилмайди.

**Мор усули** кумуш ионлари билан хлорид ионлари орасида борадиган ва индикатор реагент-калий хромат эритмаси иштирокида бажариладиган реакцияга асосланган. Титрлашнинг тамом бўлиши - эквивалент нуқта эритмадаги  $\text{Cl}^-$  ионларининг ҳаммаси чўкмага ўтиб бўлгач, ҳосил бўладиган қизил-қўнғир кумуш хромат  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкмаси пайдо бўлишига қараб белгиланади:



Мор усули, асосан хлоридларни, шунингдек, бромидларни аниқлаш учун қўлланилади. Бу усулни  $\text{Ag}^+$  катионлари билан қийин эрийдиган чўкмалар берувчи ионлар, масалан  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ , шунингдек  $\text{CrO}_4^{2-}$  ионлари билан қийин эрувчан чўкмалар ҳосил қилувчи катионлар, чунончи  $\text{Ba}^{2+}$   $\text{Pb}^{2+}$   $\text{Bi}^{3+}$  ва бошқа ионлар иштирокида қўлланилиб бўлмайди.

Титрлаш вақтида текшириладиган эритманинг муҳити нейтрал ёки кучсиз ишқорий ( $\text{pH}=7\div 10$ ) бўлиши керак. Ишқорий муҳитда қўшиладиган кумуш нитрат ишқорлар билан реакцияга киришиб кетади. Кислотали муҳитда эквивалент нуқтада ҳосил бўладиган  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  чўкмаси эрийди. Титрлаш хона ҳароратида олиб борилади, акс ҳолда  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  нинг эрувчанлиги ошиши сабабли, индикаторнинг сезгирлиги камаяди.

**Фолгард усули (роданометрик метод)** кумуш катионлари ва роданид анионлари ўртасида борадиган ва индикатор - темир аммонийли аччиқтош  $\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  иштирокида бажариладиган реакцияга асосланган. Текшириляётган эритманинг маълум миқдордаги қисмига аниқ ўлчанган ҳажмдаги кумуш нитратнинг титрланган эритмаси қўйилади. Бунда қўшиладиган кумуш нитрат эритмасининг

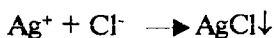
миқдори, хлорид  $\text{Cl}^-$  ионларини тўлиқ чўктиришга зарур бўлган ҳажмдан бир мунча кўп бўлиши керак. Реакцияга киришмай қолган кумуш нитратнинг ортиқчаси аммоний роданиднинг аниқ титрли эритмаси индикатор ( $\text{Fe}^{3+}$  ионлари) иштирокида титрланади:



Эритмадаги кумуш ионларининг барчаси роданид ионлари билан боғланиб бўлган заҳоти, яъни эквивалент нуқтага етгандан кейинги қуйилган роданид анионлари  $\text{Fe}^{3+}$  катионлари билан таъсирлашиб қизил рангли темир(III)-роданидни ҳосил қилади. Титрланаётган эритманинг қизил тусга кириши титрлаш охирига етганлигини билдиради ва титрлаш тўхтатилади.

Фолгард усулида титрлашни кислотали муҳитда олиб бориш мумкин, кислотали шароит  $\text{Fe}^{3+}$  катионларини гидролизланишига йўл қўймай, аниқроқ натижалар олишга имкон беради. Бу усулдан кумушни ҳар хил қотишмалар таркибидаги миқдорини, шу қотишмаларни нитрат кислотада эритилгандан сўнг аниқлашда фойдаланилади.

**Фаянс усули (адсорбцион индикаторлар билан титрлаш)** чўкмаларни эритмадаги ионларни танлаб адсорбциялашига асосланган. Текшириляётган эритмадаги  $\text{Cl}^-$  ионларини кумуш нитрат билан индикатор-флюоресценс ин иштирокида титрлашда:



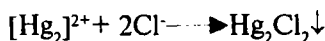
Ҳосил бўладиган кумуш хлорид чўкмаси эритмадан шу чўкма таркибидаги ва эритмада мўл бўлган ионларни адсорбциялаш хоссасига эга. Титрлаш бошида эритмада  $\text{Cl}^-$  ионлари кўп бўлади, бу ионлар кумуш хлорид чўкмасига адсорбцияланиб уни манфий зарядлайди. Эквивалент нуқтага етганда  $\text{Ag}^+$  ионлари концентрацияси  $\text{Cl}^-$  ионларга концентрациялари билан тенглашади. Бу дақиқада иккала ион бир хил кучда адсорбциланади ва кумуш хлориднинг коллоид заррачалари нейтрал бўлиб қолади ва коагулланади. Эритма тиниқ бўлиб қолади. Кумуш нитратнинг ортиқча қўшилган томчисидан ҳосил бўлган  $\text{Ag}^+$  ионларини чўкма ўзига



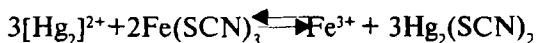
адсорбилайди ва мусбат зарядланади. Индикатор флюоресценс - кислотали органик бўёқ ва унинг аниони қизил рангли бўлиб, бу анион кумуш хлорид чўкмасига адсорбцияланади. Эквивалент нуқтада чўкма қизил тусга киради, шунда титрлаш тўхтатилади.

Фаянс усули кўпинча турли табиий ва техник маҳсулотлар таркибидаги хлоридлар миқдорини аниқлашда қўлланилади.

2. Меркурометрия - ишчи эритма сифатида симоб(I) нинг тузлари ишлатилади. Бу метод симоб (I) нинг сувда эримайдиган бирикмаларининг ҳосил бўлишига асосланган:



Меркурометрияда индикатор тариқасида темир (III) роданиднинг қизил - қон рангидаги эритмаси ишлатилади, бу индикатор ортиқча қўшилган  $(\text{Hg}_2)^{2+}$  ионлари таъсирида рангсизланади.



3. Меркуриметрия-ишчи эритма симоб (II) тузлари ҳисобланади. Бу метод титрлашда кам диссоциланувчи симоб(II) бирикмалари  $\text{HgCl}_2$ ,  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  ва бошқалар ҳосил бўлишига асосланган:



Меркуриметрияда индикатор сифатида натрий нитропруссид  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  қўлланилади, бу модда  $\text{Hg}^{2+}$  ионлари билан оқ чўкма  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ҳосил қилади.

Меркурометрик ва меркуриметрик методлар аргентометрияга нисбатан бир қанча афзалликларга эга, чунончи:

- бу методлар кислотали эритмалардан тўғри титрлаш билан анионларни аниқлашга имкон беради.

- Мор ва Фолгард усули билан аниқлашга ҳалақит берувчи кўпгина ионлар бу методларда натижаларининг аниқлигига таъсир қилмайди.

- меркурометрия ва меркуриметрияда кумуш нитрат каби қимматбаҳо реагентлар ўрнига дефицит бўлмаган реагентлар қўлланилади. Шунини алоҳида таъкидлаш лозимки, мер-

курометрия ва меркуриметриянинг асосий камчилиги симоб тузларининг заҳарли бўлишидир. Шу сабабли, бу тузлар билан ишлаганда жуда эҳтиёт бўлиш талаб қилинади.

### Чўктириш методига доир лаборатория машгулотлари

#### 23.2. Кумуш нитрат, аммоний роданид эритмалари тайёрлаш ва бу эритмалар титрини аниқлаш

1. Кумуш нитрат эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини Мор усули бўйича аниқлаш.

Кумуш нитратнинг аниқ тортимдан тайёрланган эритмасининг титри сақлаш даврида ўзгаради. Ёруғлик таъсирида  $\text{AgNO}_3$  нинг парчаланиши кучаяди, шу сабабли кумуш нитрат эритмаси жигар рангли шиша склянкалар ёки қора қоғозга ўралган идишларда сақланади.

Кумуш нитратнинг тахминий концентрациясидаги эритмаси тайёрланади. 0,01 N эритмадан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган назарий тортим массаси қуйидагича ҳисобланади:

$$m(\text{AgNO}_3) = \frac{N(\text{AgNO}_3) \cdot \mathcal{E}(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{колба})}{1000} = \\ = \frac{0,01 \cdot 169,9 \cdot 250}{1000} = 0,4248\text{г}$$

Шунча миқдорга яқин тортим олиб, колбага ўтказилади, эритилади, аралаштирилади. Тайёрланган кумуш нитрат эритмасини титри кимёвий тоза натрий хлориднинг стандарт эритмаси ёрдамида аниқланади.

$\text{NaCl}$  нинг стандарт эритмаси (0,01 N) тайёрлаш учун 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилиши керак бўладиган  $\text{NaCl}$  тортимининг массаси ҳисобланади.

$$m(\text{NaCl}) = \frac{0,01 \cdot 58,44 \cdot 250}{1000} = 0,1461\text{г}$$

Назарий ҳисобланган массага яқин натрий хлорид тортими олиниб, воронка орқали ўлчов колбасига ўтказила-

ди, сувда эритилади, ҳосил бўлган эритма яхшилаб аралаштирилади ва ўлчаб олинган масса асосида тайёрланган эритманинг нормаллиги аниқланади. Масалан, тарозида NaCl кристалларидан 0,1472 г тортиб олиниб, эритилди. Унда, натрий хлорид эритмасининг титри ва нормаллиги куйидаги қийматларга тенг бўлади:

$$T(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{V(\text{колба})} = \frac{0,1472}{250} = 0,00058882 / \text{мл}$$

$$N(\text{NaCl}) = \frac{T(\text{NaCl}) \cdot 1000}{Э(\text{NaCl})} = \frac{0,0005888 \cdot 1000}{58,44} = 0,01008N$$

Шундан сўнг кумуш нитрат эритмаси титрини белгилашга киришилади. Тозалаб ювилган бюретка кумуш нитрат эритмаси билан тўлдирилади. Конуссимон колбага пипетка ёрдамида 10 мл NaCl нинг стандарт эритмасидан солинади ва устига 1 мл индикатор - 5% ли  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  эритмаси қўшилади. Шундан сўнг колбадаги аралашманинг сариқ ранги кумуш нитрат эритмасининг ортиқча битта томчисидан қизғиш рангга ўтгунча бюретка ёрдамида титрланади. Титрлаш камида 3 марта такрорланади ва ўртача ҳажм ҳисобланади.

### Ёзиш тартиби

1)  $\text{AgNO}_3$  эритмасини титрлаш.

1 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_1 = 10,32$  мл

2 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_1 = 10,24$  мл

3 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_3 = 10,28$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{AgNO}_3) = \frac{10,32 + 10,24 + 10,28}{3} = 10,28 \text{мл}$$

2)  $\text{AgNO}_3$  эритмаси нормаллигини ва унинг хлор бўйича титрини ҳисоблаш.

$$N(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl}) = N(\text{AgNO}_3) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{AgNO}_3)$$

$$N(\text{AgNO}_3) = \frac{N(\text{NaCl}) \cdot V(\text{NaCl})}{V_{\text{гpm}}(\text{AgNO}_3)} = \frac{0,01008 \cdot 10}{10,28} = 0,00980 N$$

$$\Gamma(\text{AgNO}_3 / \text{Cl}) = \frac{N(\text{AgNO}_3) \cdot \Xi(\text{Cl})}{1000} = \frac{0,00980 \cdot 35,46}{1000} = 0,0003475 \text{ г / мл}$$

Кумуш нитратнинг аниқланган титри қийматидан кейинги ишларда ҳисоблашларда фойдаланилади.

2. Аммоний роданид эритмаси тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш.

Аниқ тортим бўйича аммоний (ёки калий) роданиднинг стандарт эритмасини тайёрлаб бўлмайди, чунки бу тузлар гидроскопикдир. Шунинг учун аммоний (ёки калий) роданиднинг тахминий концентрациядаги эритмаси тайёрланиб унинг титри  $\text{AgNO}_3$  нинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрлаб аниқланади.

Аммоний роданиднинг 0,01 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керакли тортими қуйидагича ҳисобланади ( $\Xi(\text{NH}_4\text{SCN})=76,15$ )

$$m(\text{NH}_4\text{SCN}) = \frac{0,01 \cdot 76,15 \cdot 250}{1000} = 0,1904 \text{ г}$$

Бюксда назарий ҳисобланган миқдорга яқин массада аммоний роданид аналитик тарозида тортиб олиниб, воронка орқали ўлчов колбасига ўтказилади, бюкс ва воронка дистилланган сув билан чайилади. Туз тўла эриб бўлгач колбанинг белгисигача дистилланган сув солинади ва эритма аралаштирилади. Аммоний роданид эритмаси тайёр бўлгач, уни титри кумуш нитратнинг концентрацияси аниқланган эритмаси билан топилади. Бюретка аммоний роданид эритмаси билан тўлдирилади. Конуссимон колбага пипетка ёрдамида 10 мл (15 мл ёки 25 мл) кумуш нитратнинг титрланган эритмасидан солинади, унга 1 мл индикатор-темир-аммонийли аччиқтошнинг  $(\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O})$  тўйинган эритмасидан ва 2 томчи концентрлаган  $\text{HNO}_3$  қўшилади. Колбадаги аралашма бюреткадаги аммоний роданид эритмаси билан титрланади. Қаттиқ чайқатилганда ҳам йўқолмайдиган қизил-пушти ранг пайдо бўлгандан кейин титрлаш тўхтатилади. Титрлаш камида 3 марта такрорланиб, ўртача ҳажм топилади.

## Ўзиш тартиби (намунаси)

1)  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмасини титрлаш натижалари.

1—титрлаш учун кетган аммоний роданид эритмаси  $V_1=9,50$  мл

2—титрлаш учун кетган аммоний роданид эритмаси  $V_2=9,40$  мл

3—титрлаш учун кетган аммоний роданид эритмаси  $V_3=9,46$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{NH}_4\text{SCN}) = \frac{9,50 + 9,40 + 9,46}{3} = 9,45 \text{ мл.}$$

2)  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмасининг нормаллигини ҳисоблаш.

$$N(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) = N(\text{NH}_4\text{SCN}) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{NH}_4\text{SCN})$$

$$N(\text{NH}_4\text{SCN}) = \frac{0,0098 \cdot 10}{9,45} = 0,0104N$$

### 23.3. Техник ош тузи таркибидаги хлор $\text{Cl}^-$ иони миқдорини Мор усули бўйича аниқлаш

Тузлар эритмаларидаги  $\text{Cl}^-$  ионларини миқдорини аниқлаш бу тузларнинг тайёрланган эритмалари кумуш нитратнинг титрланган эритмаси билан индикатор калий хромат иштирокида титрлашдан иборат.

Техник ош тузининг 0,01 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган тортим массаси ҳисобланиб, шунга яқин тортим олинади. Фараз қилайлик, олинган тортим массаси 0,1480 г. Бу миқдор техник ош тузини ўлчов колбасига (250 мл ҳажмли) миқдоран ўтказилади, сувда эритилиб, эритма ҳажми дистилланган сув билан колбанинг белгисигача етказилади ва батафсил чайқатилади.

Тайёрланган эритмадан 10 мл (15 мл, 25 мл) пипетка ёрдамида олиб конуссимон колбага солинади, устига  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  нинг 5% эритмасидан 0,5 мл чамаси қўшилади. Сўнг бюреткадаги стандартлаштирилган кумуш нитрат эритмаси билан титрланади. Текширилаётган эритманинг сариқ ран-

ги чўкмасы билан ортиқча қўшилган бир томчи кумуш нитрат эритмаси таъсирдан қизил-ғишт рангига айланганда титрлаш тўхтатилади. Титрлаш камида 3 марта такрорланади ва ўхшаш натижаларидан ўртача ҳажм ҳисоблаб чиқарилади.

### Ўзиш тартиби

1) Техник ош тузи эритмасини титрлаш:

1 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_1 = 9,30$  мл

2 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_2 = 9,40$  мл

3 – титрлаш учун сарф бўлган  $\text{AgNO}_3$  эритмаси  $V_3 = 9,38$  мл

$$V_{\text{ўрт}}(\text{AgNO}_3) = \frac{9,30 + 9,40 + 9,38}{3} = 9,36 \text{ мл}$$

2) Техник ош тузи эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисоблаш:

$$N(\text{NaCl}) = \frac{N(\text{AgNO}_3) \cdot V_{\text{ўрт}}(\text{AgNO}_3)}{V(\text{NaCl})} = \frac{0,0098 \cdot 9,36}{10} = 0,0092$$

$$T(\text{Cl}^-) = \frac{N(\text{NaCl}) \cdot \mathcal{E}(\text{NaCl})}{1000} = \frac{0,0092 \cdot 35,46}{1000} = 0,0003262 \text{ г / мл}$$

3) Техник ош тузи таркибидаги  $\text{Cl}^-$  иони массасини ҳисоблаш:

$$m(\text{Cl}^-) = T(\text{Cl}^-) \cdot V(\text{қолба}) = 0,0003262 \cdot 250 = 0,08155 \text{ г}$$

4) Намунадаги  $\text{Cl}^-$  иони ва қўшимчалар масса қисми (%)ларини ҳисоблаш:

0,1480 г  $\text{NaCl}$  таркибида 0,08155 г  $\text{Cl}^-$

100,0 г  $\text{NaCl}$  таркибида  $x$  г  $\text{Cl}^-$

$$x = \frac{100 \cdot 0,08155}{0,1480} = 55,10\% \text{ ёки } 55,10\%$$

Cl<sup>-</sup> ионининг назарий масса қисми (%)ни ҳисобланади:

58,46 г NaCl	100%
35,46 г Cl <sup>-</sup>	x %

$$W(Cl^-) = \frac{35,46 \cdot 100}{58,46} = 60,66\%$$

$$60,66\% - 55,10\% = 5,56\%$$

Шундай қилиб, текширилган техник ош тузи таркибида 55,10% хлор ва 5,56% қўшимчалар бор.

### **23.4. Натрий бромид таркибидаги Br<sup>-</sup> ионлари миқдорини Фолгард усули бўйича аниқлаш**

Натрий бромиднинг 0,01 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган тортим ҳисобланади ( $\Theta(\text{NaBr})=102,9$  г):

$$m(\text{NaBr}) = \frac{0,01 \cdot 102,9 \cdot 250}{1000} = 0,2573\text{г}$$

Назарий ҳисобланганга яқин массадаги тортим олиб, 250 мл ўлчов колбасига воронка орқали солинади, эритилади ва дистилланган сув қўшиб эритма ҳажми колбанинг белгисига етказилиб, яхшилаб аралаштирилади. Бюреткаларнинг бирига стандартлаштирилган кумуш натрит эритмаси, иккинчисига титри топилган аммоний роданид эритмаси тўлғизилади. Пипетка ёрдамида 25 мл (10 ёки 15 мл) натрий бромид эритмасидан ўлчаб, конуссимон колбага солинади, устига бюреткадан ортиқча (40 мл) кумуш нитратнинг титри аниқ эритмасидан қуйилади. Сўнг чўкмани филтрламасдан темир-аммонийли аччиқтош  $\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  нинг тўйинган эритмасидан 5 мл қўшилади. Реакцияга киришмай ортиб қолган кумуш нитрат миқдори аммоний роданиднинг бюреткадаги эритмаси

билан эквивалент нуқтада қизил пушти ранг пайдо бўлгунча титрланади. Титрлаш 3 марта такрорланади, ўртача ҳажми ҳисобланади. Шундан кейин зарур ҳисоблашлар бажарилади.

Фараз қилайлик, натрий бромид эритмасига 40 мл 0,0098 N кумуш нитрат эритмаси қўшилди. Ортиб қолган  $\text{AgNO}_3$  аммоний роданиднинг 0,0104 N эритмаси билан титрланди.

### Ёзиш тартиби

1. Кумуш нитратнинг ортиб қолган қисмини  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси билан титрлаш:

1–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси  
 $V_1 = 16,40$  мл

2–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси  
 $V_2 = 16,48$  мл

3–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N  $\text{NH}_4\text{SCN}$  эритмаси  
 $V_3 = 16,50$  мл

$$V_{\text{урт}}(\text{NH}_4\text{SCN}) = \frac{16,40 + 16,48 + 16,50}{3} = 16,46 \text{ мл}$$

2) Кумуш нитрат эритмасининг реакцияга киришмай ортиб қолган ҳажмини ҳисоблаш:

$$N(\text{NH}_4\text{SCN}) \cdot V_{\text{урт}}(\text{NH}_4\text{SCN}) = N(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)$$

$$V(\text{AgNO}_3) = \frac{0,0104 \cdot 16,46}{0,0098} = 17,47 \text{ мл}$$

3) Кумуш нитрат эритмасининг  $\text{Br}^-$  ионларини чўктиришга кетган ҳажмини топиш:

$$40,00 \text{ мл} - 17,47 \text{ мл} = 22,53 \text{ мл.}$$

$\text{NaBr}$  эритмасининг нормаллиги ва  $\text{Br}^-$  ионлари мас-сасини топиш:

$$N(\text{NaBr}) = \frac{0,0098 \cdot 22,53}{25} = 0,00883$$

$$T(\text{Br}^-) = \frac{0,00883 \cdot 79,92}{1000} = 0,00070562 / \text{мл}$$



$$m(\text{Br}) = T(\text{Br}) \cdot V(\text{колба}) = 0,0007056 \cdot 250 = 0,1764 \text{ г}$$

Натрий бромид таркибидаги Br нинг масса қисми (%) ни ҳисоблаш:

$$\begin{array}{l} 0,2573 \text{ г NaBr таркибида } 0,1764 \text{ г Br} \\ 100 \text{ г NaBr таркибида } x \text{ г Br} \\ x = \frac{100 \cdot 0,1764}{0,2573} = 68,56\% \text{ ёки } 68,56\% \end{array}$$

### 23.5. Меркуриметрия методи. Симоб (II) нитратнинг эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш

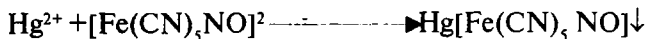
Меркуриметрияда ишчи эритма сифатида симоб (II) нитрат эритмаси ишлатилади. Симоб (II) нитратнинг титрланган эритмасини аниқ тортим олиб тайёрлаб бўлмайди, чунки бу туз гидроскопикдир. Ҳисобланган миқдорга яқин массадаги тортим олиб, тахминий концентрациядаги эритма тайёрланади, сўнг унинг титри натрий хлориднинг стандарт эритмаси билан титрлаб аниқланади.

Симоб (II) нитратнинг 0,01N эритмасидан 500 мл тайёрлаш учун керак бўладиган туз массаси:

$$m(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 0,01N \cdot 170 \cdot 0,5 = 0,85 \text{ г.}$$

Тортимни воронка орқали ўлчов колбасига солинади, устига нитрат кислотанинг 6N эритмасидан 20 мл қўшилади (тузни эритиш учун). Тортим эритилгач, белгигача дистилланган сув қўйилиб, батафсил аралаштирилади.

**Симоб (II) нитрат эритмасининг титрини натрий хлорид эритмаси ёрдамида топш.** Бюреткага тайёрланган симоб (II)-нитрат эритмаси тўлдирилади. Пипетка ёрдамида 25 мл натрий хлориднинг стандарт эритмасидан ўлчаб, конуссимон колбага солинади ва устига натрий нитропруссид (индикатор)нинг 10%ли эритмасидан 0,3 мл қўшилади. Бу аралашма симоб (II) нитрат эритмаси билан титрланади. Титрлашни симоб нитропруссиднинг чўкмаси пайдо бўлиши билан тўхтатилади:



Титрлаш натижалари 23.2 даги каби ҳисобланади.

**Симоб (II) нитрат эритмаси титрини аммоний роданид эритмаси ёрдамида аниқлаш.** Тоза бюреткага стандартлаштирилган аммоний роданид эритмаси тўлдирилади. Конуссимон колбага пипетка билан симоб (II) нитрат эритмасидан 25 мл ўлчаб солинади, устига индикатор -  $\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  нинг тўйинган эритмасидан 4–5 мл қўшилади ва бюреткадаги аммоний роданиднинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрланади. Колбадаги титрланаётган эритма қизил рангга кирганда титрлаш тўхтатилади. Титрлаш 3 марта такрорланади ва олинган ўртача ҳажм асосида ҳисоблашлар 23.2 даги тарзда бажарилиб, симоб (II) нитрат эритмаси нормаллиги ва титри топилади.

Титри белгиланган симоб (II) нитрат эритмаси аргентометрия методидаги каби (23.3 ва 23.4) намуна таркибидаги галогенид ионлари миқдорини аниқлашда фойдаланилиши мумкин.

## Саволлар

- 1 Чўктириш методлари қандай реакцияларга асосланган?
- 2 Чўктириш методида қўлланиладиган аналитик реакциялар қандай талабларга жавоб бериши керак?
- 3 Аргентометрия методининг моҳияти қандай?
- 4 Галогенидларни аниқлашдаги Гей-Люссак усулининг моҳияти нимадан иборат?
- 5 Мор усулининг моҳияти нимадан иборат?
- 6 Фолгард усули бўйича аниқлаш қандай бажарилади?
- 7 Фаянс усули бошқа усуллардан қандай фарқ қилади?
8. Меркурометрия методининг моҳияти нимадан иборат?
9. Меркуриметрия методи нимага асосланган?
10. Кумуш нитрат эритмасининг титри қандай усуллар билан аниқланади?
11. Роданометрик методда аммоний роданид эритмаси титри қандай топилади?
- 12 Роданометрик методда эквивалент нуқта қандай белгиланади?

13. Нима учун симоб (II) нитратнинг титрланган эритмасини аниқ массали торгимдан тайёрлаб бўлмайди?

14. Симоб (II) нитратнинг титри меркуриметрияда қандай йўллар билан аниқланади?

15. Меркуриметриянинг бошқа чўктириш методларидан афзаллик томонлари нималардан иборат?

## Тестлар

1. Галогенидларни кумуш нитрат билан чўктиришга асосланган метод қандай номланади?

- A) Аргентометрия;
- B) Меркурометрия;
- C) Меркуриметрия;
- D) Роданометрия;
- E) Редоксиметрия.

2. Галогенид ионларини оз эрийдиган симоб (I) тузлари ҳолида чўктириш реакцияларига асосланган метод номи қандай аталади?

- A) Аргентометрия;
- B) Меркурометрия;
- C) Редоксиметрия;
- D) Меркуриметрия;
- E) Роданометрия.

3. Аргентометрик методнинг Мор усули бўйича хлор ионини аниқлашда қайси модда индикатор ҳисобланади?

- A) Флюоресцеин;
- B) Эозин;
- C) Калий хромат;
- D) Темир аммонийли аччиқтош;
- E) Аммоний роданид.

4. Фаянс методи бўйича эквивалент нуқтани қандай шароитда белгилаш мумкин?

- A) Кислотали муҳитда;
- B) Нейтрал муҳитда;
- C) Ишқорий муҳитда;

- Д) Кучсиз кислотали муҳитда;
- Е) рН нинг хоҳлаган қийматида.

5. Эритмадаги бўлган қайси ионларни чўкма ўз юзаси-да кўп даражада адсорбциялайди?

- А) Бир исмли;
- В) Бегона ионларни;
- С) Эритмада кўп бўлган бир исмли;
- Д) Катта зарядли ионларни;
- Е) С ва D бандда кўрсатилган ионларни.

6. Мор усули бўйича эквивалент нуқтани аниқлашда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Эритма қизил рангга киради;
- В) Эритма сариқ рангга бўялади;
- С) Қизил-ғишт рангли чўкма тушади;
- Д) Пушти рангли чўкма тушади;
- Е) Оқ чўкма тушади.

7. Фаянс усули бўйича эквивалент нуқтани белгилашда қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Эритманинг қизил тусга кириши;
- В) Эритманинг сариқ тусга кириши;
- С) Қизил-қўнғир чўкма тушиши;
- Д) Қизил-пушти чўкма тушиши;
- Е) Эритманинг кўк тусга кириши.

8. Фолгард усули бўйича эквивалент нуқтани аниқлаш учун қўлланиладиган ишчи эритмаси қайси модданинг эритмаси ҳисобланади?

- А) Натрий хлорид;
- В) Кумуш нитрат;
- С) Аммоний роданид;
- Д) Калий хромат;
- Е) Темир аммонийли аччиқтош.

9. 0,012 мол/л кумуш нитрат эритмасининг хлор бўйича титри нечага тенг?

- А) 0,000425 г/мл;
- В) 0,00085 г/мл;

- С) 0,00204 г/мл;
- Д) 0,00212 г/мл;
- Е) 0,00245 г/мл.

10. Кумуш нитрат эритмасининг 1 мл 0,001 г хлорга эквивалент бўлган шундай эритмасидан 500 мл тайёрлаш учун кумуш нитратнинг қанча массали тортими керак?

- А) 2,39 г;
- В) 1,195 г;
- С) 0,5 г;
- Д) 0,1044 г;
- Е) 1,69 г.

11. Калий цианид эритмасини титрлаш учун кумуш нитратнинг 0,1015 мол/л эритмасидан 26,05 мл сарф бўлган бўлса, эритмада неча грамм KCN бўлган?

- А) 0,172 г;
- В) 0,344 г;
- С) 0,475 г;
- Д) 0,95 г;
- Е) 1,69 г.

12. Натрий хлорид тортимидан 500 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритма тайёрланди. Бу эритмадан 25 мл га аммоний роданиднинг 0,1N эритмасидан 50 мл қўшилди. Тортим массаси неча граммга тенг?

- А) 0,3 г;
- В) 2,5 г;
- С) 3 г;
- Д) 1,5 г;
- Е) 4,5 г.

13. Таркибида хлор бор 0,2266 г модда эритмасига кумуш нитратнинг 0,1121 N эритмасидан 30,00 мл қўшилди, сўнг ортиб қолган  $\text{Ag}^+$  ионларини аммоний роданиднинг 0,1158 N эритмасидан 0,50 мл сарф қилиб титрланди. Текширилаётган модда таркибидаги хлорнинг масеа қисми (%) ни ҳисобланг?

- А) 43,90%;
- В) 57,10%;

- С) 50,17%;
- Д) 49,30%;
- Е) 51,70%.

14. Тортими 1,7450 г кумуш қотишмаси нитрат кислотада эритилди ва эритма ҳажми 200 мл ҳажмли ўлчов колбасида белгигача дистилланган сув қуйилиб суюлтирилди. Ҳосил бўлган эритмадан 10 мл ни титрлаш учун аммоний роданиднинг 0,04672N эритмасидан 11,75 мл сарфланди. Қотишма таркибида неча фоиз кумуш бор?

- А) 33,94%
- В) 50,5%;
- С) 68,78%;
- Д) 67,88%;
- Е) 32,22 %.

15. Натрий хлориднинг 2,9014 г тортими 1000 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25 мл ни титрлаш учун кумуш нитрат эритмасидан 25,80 мл кетди. Кумуш нитрат эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисобланг.

- А) 0,04210N; 0,008171 г/мл;
- В) 0,008171 N; 0,004210 г/мл;
- С) 0,04120 N; 0,004210 г/мл;
- Д) 0,08171 N; 0,004085 г/мл;
- Е) 0,05790 N; 0,001829 г/мл.

16. Калий хлорид намунасида 0,9000 г торгим олиб, 200 мл ли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25,00 мл ни титрлаш учун  $\text{AgNO}_3$  нинг 0,05 N эритмасидан 30,00 мл сарфланган. Калий хлорид намунасида неча процент тоза  $\text{KCl}$  борлигини топинг.

- А) 89,7%;
- В) 99,3%;
- С) 0,7%;
- Д) 77,3%;
- Е) 99,7%.

17.  $\text{NaCl}$  тортимидан ўлчов колбасида 500 мл эритма тайёрланди. Бу эритмадан 25,00 мл олиб, устига кумуш нитратнинг 0,1 N эритмасидан 50,00 мл қўшилди.  $\text{AgNO}_3$

нинг ортиқчасини титрлаш учун  $\text{NH}_4\text{SCN}$  нинг 0,1 N эритмасидан 25,00 мл сарфланади. Натрий хлорид тортими массаси қанча бўлган?

- А) 7 г;
- В) 2,8 г;
- С) 3 г;
- Д) 3,5 г;
- Е) 0,3 г.

18. 0,9320 г силвинитни 250 мл ли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25,00 мл олиб титрланганда  $\text{AgNO}_3$  нинг 0,05140 N эритмасидан 21,30 мл сарф бўлди. Силвинитдаги  $\text{KCl}$  нинг масса қисми (%)ни топинг?

- А) 87,6%;
- В) 22,4%;
- С) 58,5%;
- Д) 74,46%;
- Е) 90,4%.

## XXIV БОБ. КОМПЛЕКСОНОМЕТРИК ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ

### 24.1. Комплексонометрия методининг моҳияти

Комплексонометрия титриметрик метод бўлиб, аниқланувчи ионларнинг баъзи бир органик реагентлар (комплексонлар) билан ўзаро таъсир реакциясига асосланган. Металлларнинг ионлари амалда бир зумдаёқ комплексонлар билан ўзаро таъсирлашиб, ўзгармас таркибли эрувчан кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил қилади. Комплексонлар бир қатор ўзига хос хусусиятларга эга:

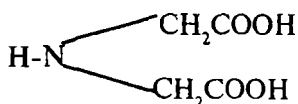
1) сувда ва баъзи бир эритувчиларда яхши эрийди;

2) кўпчилик металл катионлари билан осон реакцияга киришади, шу жумладан, бошқа комплекс ҳосил қилувчи реагентлар билан комплекс бирикмалар ҳосил қилмайдиган ишқорий — ер металллар катионлари билан ҳам сувда эрувчан барқарор комплекс бирикмалар ҳосил қиладилар;

3) баъзи бир комплексонлар у ёки бу катионларга танлаб таъсир қилиш хоссаларига эгадир.

Кўрсатиб ўтилган комплексонларнинг алоҳида хусусиятларга эга бўлиши уларни комплексонометрия деб аталувчи методларда титрантлар тариқасида кенг қўллашга имкон беради.

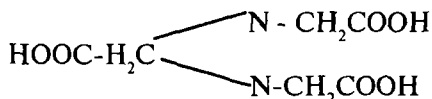
**Комплексонлар** — аминополикарбон кислоталарнинг ҳосилаларидан иборат органик бирикмалардир. Булардан энг оддийси иминодисирка кислотади.



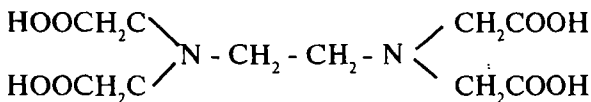
Комплексонлардан кенг тарзда қўлланиладиганлари куйидагилар:

Комплексон I — нитрилтрисирка кислота:

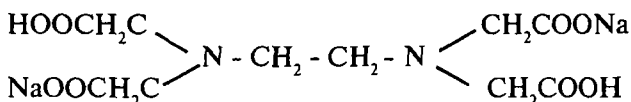




Комплексон II этилендиамин тетраасирка кислота (ЭДТС):

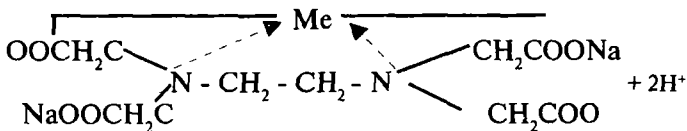
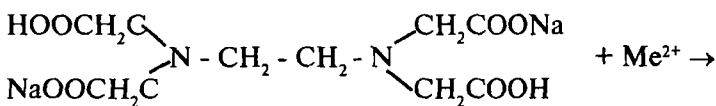


Комплексон III этилендиаминтетраасирка кислотанинг икки натрийли тузи (ЭДТА, Na - ЭДТА ёки Трилон Б, қисқача Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Tr):

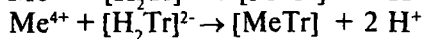
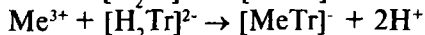
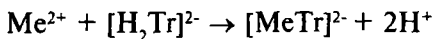


Комплексонлар таркибида карбоксил гуруҳлар (COOH) билан бирга, яна учламчи аминогуруҳ >N лар ҳам мавжуд. Шундай тузилиши сабабли бу бирикмалар металллар ионлари – комплекс ҳосил қилувчилар билан бирданига бир неча координацион боғлар ҳосил қила олиш хусусиятига эга бўлиши билан ажралиб турадилар.

Трилон Б кўпчилиқ катионлар билан мустаҳкам ва сувда эрувчан ички комплекс тузлар ҳосил қилади. Бу тузлар металл томонидан карбоксил гуруҳидаги водород атомлари ўрнини олиши ва катионларнинг аминогуруҳидаги азот атомлари билан ўзаро таъсири ҳисобига ҳосил бўлади. Бу жараёни қуйидагича тасаввур қилиш мумкин:



Комплексонлар билан металл катионлари орасидаги реакциялар стехиометрик тарзда, яъни қатъий эквивалент нисбатларда боради, бу вазият комплексонларни кўпгина катионларни миқдорий жиҳатдан аниқлашда қўллашга имконият яратади. Трилон Б кўпгина ионлар, чунончи,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ва бошқа ионларни аниқлашда фойдаланилади. Трилон Б эритмаси билан ҳар хил оксидланиш даражали металллар ионларини титрланганда қуйидаги реакциялар боради:



Бу ерда,  $[\text{H}_2\text{Tr}]^{2-}$  — натрий трилонатнинг аниони. Металлнинг бир эквивалент массаси унинг оксидланиш даражасига боғлиқ бўлмаган ҳолда комплекснинг бир эквивалент массадагисини боғлайди.

## 24.2. Комплексометрия методида эквивалент нуқтани белгилаш усуллари

Комплексометрик титрлашда эквивалент нуқтани бир неча усуллар ёрдамида белгилаш мумкин:

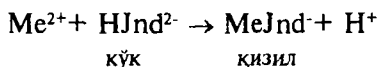
а) Аниқланувчи катионни комплексон билан ўзаро таъсири натижасида эритма катионига эквивалент миқдорда бўлган  $\text{H}^+$  ионлари ажралиб чиқади. Демак, эритмадаги водород ионларининг концентрациясини алкаиметрик титрлаш орқали аниқлаб, текширилаётган катион миқдори тўғрисида хулоса чиқариш мумкин.

б) Комплексометрик титрлашда эквивалент нуқтани физик-кимёвий методлар (спектрофотометрик, амперометрик, потенциометрик метод) билан белгилаш мумкин.

в) Титрлашнинг охириги нуқтаси металл индикаторлар ёрдамида аниқланади. Бу индикаторлар органик бўёқлар бўлиб, катионлар билан рангли комплекс бирикмалар ҳосил қиладилар. Бу рангли комплекслар, айна катионларни трилон Б билан ҳосил қиладиган комплексларига нисбатан беқарордир. Шу сабабли, трилон Б эритмаси билан титр-

ланганда металл катионларининг комплексон томонидан боғланиши юз бериб, бошқа ранг (кўк ранг)ли эркин индикатор ажралади. Шундай қилиб, эквивалент нуқтада металлнинг индикатор билан комплексининг қизил ранги эркин индикаторнинг кўк рангига ўтади.

Комплексонометрик титрлашда индикатор сифатида кўпинча хромоген қора ЕТ-00 ( $C_{20}H_{13}O_7N_3S$ ) дан фойдаланилади. Бу бўёқнинг аниони кўк рангли бўлади. Металл катионлари билан бу анион қизил вино рангидаги комплекс бирикма ҳосил қилади:

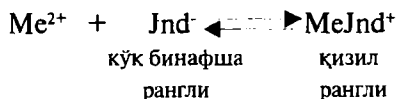


Трилон Б эритмаси билан титрланганда индикатор комплекси ( $\text{MeJnd}^{-}$ ) бузилади, чунки металл ионларини трилон Б ( $\text{Tr}$ ) томонидан нисбатан мустақкам комплексга боғланади, индикатор анионлари ( $\text{HJnd}^{2-}$ ) эса эритмада тўпланиб, эритмани кўк рангга киритади:



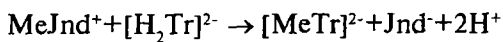
Эритманинг қизил—вино рангидан кўк рангга кириши муҳитнинг  $\text{pH}=8-10$  бўлганда, айниқса, яхши кузатилади. Шу сабабли эритмага ажраладиган водород ионларини нейтралловчи аммонийли буфер аралашма ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) қўшиб, титрлаш олиб борилади.

Комплексонометрик титрлашда эквивалент нуқтани аниқлашда ишлатиладиган металл-индикаторлардан яна бири пурпур кислотанинг аммонийли тузи — мурексид  $C_8H_8N_6O_6$  ҳисобланади. Бу индикаторнинг аниони  $\text{Jnd}^{-}$  металл катионлари билан қизил рангли комплекслар ҳосил қилади:



Бу комплекслар металлларнинг трилон Б билан ҳосил қиладиган комплексларига нисбатан беқарор, шу сабабли, титрлашда  $\text{Me}^{2+}$  катионлари трилон Б билан боғланади,

индикатор анионлари эритмада тўпланиб, унга кўк - бинафша ранг беради:



қизил рангсиз рангсиз кўк-бинафша

Бинобарин, титрлаш эритма кўк-бинафша тусга кирганда тўхтатилади.

### 24.3. Комплексонометрик титрлаш методлари

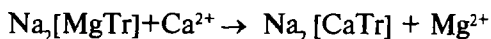
Комплексонометрик титрлашнинг қуйидаги методлари мавжуд: тўғри (бевосита) титрлаш, тескари титрлаш, ўринбосарни титрлаш, алкалиметрик титрлаш.

**1. Тўғри титрлаш** охири нуқтада рангини кескин ўзгартира оладиган индикаторлар маълум бўлганда ўтказилади. Масалан, магний, стронций, калций, рух ва бошқа катионларни трилон Б билан индикатор - мурексид ёки хромоген қора иштирокида аниқлаш мумкин.

Текшириладиган эритмага буфер аралашма қўшиш билан унинг рН қиймати ишқорий муҳитга (рН=10) келтирилади ва трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрланади.

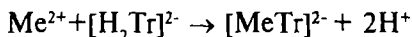
**2. Тескари титрлаш** текширилаётган металл катиони учун индикатор номаълум бўлган ҳолларда ўтказилади. Текширилаётган эритмага маълум ҳажмда (ортиқча) трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмасидан қўшилади, аралашма реакция тугалланиши учун иситилади, сўнг совитилгач трилон Б нинг ортиб қолгани магний тузи ёки рух тузи ( $\text{ZnSO}_4$ ) нинг титрланган эритмаси ёрдамида аниқланади. Бунда эквивалент нуқта магний ёки рух иони учун ишлатиладиган индикатор иштирокида белгиланади.

**3. Ўринбосарни титрлаш** кўпчилик катионларга нисбатан магний катионларини трилон Б билан мустаҳкам бўлмаган комплекс ҳосил қилишига асосланган. Шу сабабли, агар магнийли комплекс аниқланувчи металл катионлари (масалан,  $\text{Ca}^{2+}$ ) бор эритма билан аралаштирилса, мувозанат ўнг томонга силжийди, масалан:



Ажралиб чиққан  $Mg^{2+}$  катионлари трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмаси билан хромоген қора иштирокида титрлаб аниқланади, шу асосда текшириладиган металл катиони миқдори ҳисобланади, чунки реакцияда аниқланувчи катион миқдорига эквивалент бўлган  $Mg^{2+}$  катионлари ажралиб чиқади.

**4. Алкалиметрик титрлаш.** Комплексоннинг у ёки бу металл катионлари билан ўзаро таъсир жараёнида маълум эквивалент миқдордаги водород ионлари ажралиб чиқади:



Эквивалент миқдорда ҳосил бўлган водород ионлари ишқорнинг стандартлаштирилган эритмаси билан фенолфталеин иштирокида титрлаб аниқланади ва шу асосда текшириладиган эритмадаги аниқланиши лозим бўлган металл катионнинг миқдори ҳисоблаб чиқарилади.

### Комплексонометрик титрлаш методига доир лаборатория машғулотлари

#### 24.4. Трилон Б (комплексон III) нинг эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш

**Трилон Б нинг тахминан 0,05 N эритмасидан 500 мл тайёрлаш.** Трилон Б ( $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot 2H_2O$ ) нинг эквиваленти:

$$Э(Na_2[H_2Tr]) = \frac{372,24}{2} = 186,12$$

асосида 500 мл 0,05 N эритма тайёрлаш учун керак бўладиган  $m(Na_2[H_2Tr]) = 186,1 \cdot 0,05 \cdot 0,5 = 4,6525$  г трилон Б ўлчаб олинади. Тортим 500 мл ҳажмли ўлчов колбасига солинади ва колба дистилланган сув билан белгисига етгунча тўлдирilib эритилади. Трилон Б нинг аниқ концентрацияли эритмасини аниқ тортим бўйича тайёрлаш қийин, шунинг

учун амалда тахминий концентрацияли эритмаси тайёрланади, сўнгра унинг титри магний сульфат ёки калций нитратнинг стандарт эритмаси ёрдамида аниқланди.

**Калций нитратнинг 0,05000 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш.** Ҳисобланган миқдорга яқин калций нитрат тортими олиниб 250 мл сиғимли ўлчов колбасига солинади, дистилланган сувда эритилади ва эритмани ҳажми колбанинг белгисигача сув қўшиб етказилади ва яхшилаб аралаштирилади. Ҳосил бўлган эритманинг титри ҳисобланади.

**Буфер эритма тайёрлаш.** Анализ учун зарур бўлган аммонийли буфер эритма сиғими 500 мл бўлган ўлчов колбасида тайёрланиши мумкин. Колбага  $\text{NH}_4\text{Cl}$  нинг 20% ли эритмасидан 50 мл солиб, устига аммиакнинг 20% ли эритмасидан 50 мл қўшилади ва дистилланган сув қўшиш билан эритма ҳажми 500 мл га етказилади.

**Трилон Б нинг тайёрланган эритмаси нормаллигини аниқлаш.** Конуссимон колбага пипетка билан калций нитратнинг 0,05 N стандарт эритмасидан 25 мл солинади, устига 50 мл сув қўшилади. Сўнгра 25 мл аммиакли буфер эритмадан солинади, устига қуруқ хромоген қора индикаторининг натрий хлорид кристаллари билан 1:200 нисбатдаги аралашмасидан 20–30 мг солинади. Колбадаги тайёрланган аралашмани бюреткадаги трилон Б эритмаси билан титрланаётган эритма ранги қизил тусдан кўк тусга киргунча титрланади. Трилон Б эритмасининг концентрацияси (нормаллиги) қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$N(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr}) = \frac{N(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot V(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)}{V_{\text{пр}}(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr})}$$

## 24.5. Тупроқнинг сувли сўримидаги калций ва магний катионлари миқдорини аниқлаш

Комплексонометрик метод билан тупроқ эритмасидаги  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг биргаликдаги миқдорини топиш мумкин. Бу аниқлашнинг моҳияти шундан иборатки, аввал тупроқнинг сувли сўрими хромоген қора иштиро-

кида трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрлаб  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг биргаликдаги миқдори топилади. Сўнг тупроқнинг сувли сўримини мурексид иштирокида трилон Б эритмаси билан титрлаб  $\text{Ca}^{2+}$  катионлари миқдори топилади ва иккала аниқлашларнинг фарқидан  $\text{Mg}^{2+}$  катионлари миқдори ҳисобланади.

**Тупроқнинг сувли сўримини тайёрлаш.** Ҳавода қуриган тупроқдан олиб, ҳовончада майдаланади, шу тупроқдан 50 г тортиб олиб, сиғими 1 литр бўлган колбага солинади, устига қайнатилган дистилланган сувдан 500 мл қўшилади. Колба оғзи тиқин билан бекитиб 3–5 минут чайқатилади. Сўнг чўкма устидаги сувли сўрим катта воронкага ўрнатилган филтр орқали ўтказилади. Филтрат хира бўлса, иккинчи марта ўша филтр орқали ўтказилади.

**Калций ва магний катионларининг биргаликдаги миқдорини аниқлаш.** Тупроқнинг сувли сўримидан пипетка ёрдамида 50 мл олиб, конуссимон колбага солинади, устига аммонийли буфер аралашмадан 5мл, хромоген қорадан 20–30 мг қўшилади ва бюреткадаги трилон Б нинг 0,05 N эритмаси билан титрланаётган эритма ранги қизил-вино рангидан кўк рангга ўтгунча титрланади. Титрлаш 2–3 марта такрорланади ва ўртача қиймат олинади.

Калций ва магний ионларининг биргаликдаги миқдорлари 1000 мл эритма учун қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$Q(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = \frac{N(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr}) \cdot V_{\text{пр}}(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr})}{V(\text{тўпроқ сўрими})} \cdot 1000$$

**Калций катиони миқдорини топиш.** Тупроқ сўримидан пипетка билан 50 мл олиниб, конуссимон колбага солинади, натрий гидроксиднинг 2 N эритмасидан 2,5 мл қўшилади ва яна 30–40 мг мурексиднинг натрий хлорид кристаллари билан аралашмасидан қўшилади. Текшириляётган эритма бюреткадаги трилон Б нинг 0,05 N эритмаси билан кўкиш - бинафша тусга киргунча титрланади. Титрлашни 2–3 марта такрорлаб, ўртача қиймат ҳисобланади.

$\text{Ca}^{2+}$  катионнинг миқдори 1000 мл эритма учун (100 г тупроқ учун) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q(\text{Ca}^{2+}) = \frac{N(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr}) \cdot V_{\text{ўрг}}(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Tr})}{V(\text{тупроқсурими})} \cdot 1000 \text{ мг / л}$$

**Магний катиони миқдорини ҳисоблаш.** Бунинг учун топилган  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг биргаликдаги массасидан  $\text{Ca}^{2+}$  катионининг аниқланган миқдори айрилади:

$$Q(\text{Mg}^{2+}) = Q(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - Q(\text{Ca}^{2+}) = \text{ мг/л}$$

## Саволлар

1. Комплексометрия методининг моҳияти нимадан иборат?
2. Комплексонлар қандай моддалар ва уларга мисоллар келтиринг?
3. Комплексометрик методда эквивалент нуқта қандай индикаторлар иштирокида аниқланади?
4. Комплексометриянинг тўғри (бевосита) титрлаш усулини тушунтиринг?
5. Тескари титрлаш усули қандай бажарилади?
6. Ўринбосарларни титрлаш усули комплексометрияда қандай амалга оширилади?
7. Комплексометрияда алкалиметрик титрлашдан нима мақсадда фойдаланилади?
8. Трилон Б қандай органик модда? Унинг стандартлаштирилган эритмаси қандай тайёрланади?
9. Тупроқнинг сувли сўрими қандай тайёрланади?
10. Тупроқнинг сувли экстракти таркибидаги калций ва магний катионлари миқдори қандай топилади?

## Тестлар

1. Комплексон III (трилон Б) билан металл катионлари қандай нисбатда ўзаро таъсирлашади?
  - А) Катионлар зарядига боғлиқ ҳолда;



- В) Ҳамма вақт 1:1 нисбатда;
- С) Катион радиусига боғлиқ ҳолда;
- Д) Катионнинг заряди ва радиусига боғлиқ ҳолда;
- Е) Катион зарядига боғлиқ бўлмаган ҳолда хоҳлаган нисбатда.

2. Комплексон III нинг қандай атомлар гуруҳи аниқланувчи металл иони билан асосий (ионли) боғланишни ҳосил қилади?

- А) - COOH;
- В) - N =;
- С) - COONa;
- Д) - CH<sub>2</sub> -;
- Е) - COOH ва - COONa.

3. Трилон Б нинг қандай атомлар гуруҳи аниқланувчи металл ионлари билан координацион боғ ҳосил қилади?

- А) - COOH;
- В) - COONa;
- С) - N =;
- Д) - CH<sub>2</sub> -;
- Е) - COOH ва -CH<sub>2</sub> -.

4. Трилон Б билан хромоген қора иштирокида титрланганда эквивалент нуқтада қандай аналитик эффект кузатилади?

- А) Эритманинг кўк тусга кириши;
- В) Эритманинг қизил тусга кириши;
- С) Кўк рангли чўкма тушиши;
- Д) Қизил чўкма тушиши;
- Е) Эритманинг рангсизланиши.

5. Металлар катионлари эритмасини трилон Б билан комплексонометрик титрлаш қандай муҳитда ўтказилади?

- А) Ишқорий;
- В) Аммонийли буфер аралашма иштирокида;
- С) Нейтрал муҳитда;
- Д) Кислотали муҳитда;
- Е) Хоҳлаган муҳитда.

6. Комплексон III билан титрлашда алюминий катионининг эквивалент массаси нечага тенг?

- A) 26,98 г;
- B) 53,96 г;
- C) 13,49 г;
- D) 6,74 г;
- E) 40,47 г.

7. Магний катионларини трилон Б билан титрлашдаги эквивалент массаси қанча бўлади?

- A) 12,16 г;
- B) 24,32 г;
- C) 6,08 г;
- D) 48,62 г;
- E) 36,48 г.

8. Трилон Б эритмаси билан титрлашда калций катионининг эквивалент массаси неча граммга тенг?

- A) 10,2 г;
- B) 20,04 г;
- C) 5,01 г;
- D) 40,08 г;
- E) 60,12 г.

9. 250 мл 0,01 M  $ZnSO_4$  эритмасини тайёрлаш учун металл ҳолидаги қанча рух  $H_2SO_4$  да эритилади?

- A) 0,8 г;
- B) 0,08 г;
- C) 1,6 г;
- D) 0,16 г;
- E) 0,016 г.

10. 20,00 мл  $NiCl_2$  эритмасини титрлашда трилон Б нинг 0,02065 M эритмасидан 10,22 мл сарфланди. Никел тузи эритимасининг концентрациясини г/л да ҳисобланг.

- A) 0,2840 г/л;
- B) 5,680 г/л;
- C) 1,420 г/л;
- D) 2,480 г/л;
- E) 2,840 г/л.

11. Агар 20,00 мл  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$  ни титрлашга ЭДТА нинг 0,06905 М эритмасидан 17,26 мл сарфланган бўлса, эритманинг концентрациясини г/л да ҳисобланг.

- А) 23,54 г/л;
- В) 25,43 г/л;
- С) 2,354 г/л;
- Д) 11,77 г/л;
- Е) 24,53 г/л.

12. 10,0 мл  $\text{NiCl}_2$  эритмасига дистилланган сув, аммиаки буфер ва ЭДТА нинг 0,01085 М эритмасидан 20,0 мл қўшилди. Ортиқча ЭДТА ни титрлашда  $\text{MgCl}_2$  нинг 0,01292 М эритмасидан 5,47 мл сарфланди. Никел хлориднинг бошланғич концентрациясини г/л да ҳисобланг:

- А) 0,1997 г/л;
- В) 1,997 г/л;
- С) 19,97 г/л;
- Д) 2,994 г/л;
- Е) 0,998 г/л.

13. 1,3250 г қуритилган калций карбонат  $\text{CaCO}_3$  250 мл сифимли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25,00 мл ни титрлаш учун трилон Б эритмасидан 26,47 мл кетган. Трилон Б эритмасининг калций бўйича титри ва эритманинг нормаллигини аниқланг.

- А) 0,2005 г/мл; 0,1000 N;
- В) 0,0100 г/мл; 0,0205 N;
- С) 0,00250 г/мл; 1,00 N;
- Д) 0,002005 г/мл; 0,1000 N;
- Е) 0,02050 г/мл; 0,0100 N.

14. 100 мл сувни трилон Б билан хромоген қора иштирокида кўк ранг ҳосил бўлгунча титрлашда трилон Б нинг 0,1012 N эритмасидан 19,20 мл кетган бўлса, сувдаги магнийнинг концентрациясини мг/л да ҳисобланг.

- А) 38,86;
- В) 1,943;
- С) 4,19;
- Д) 14,93;
- Е) 19,43.

# **XXV БОБ. МИҚДОРИЙ АНАЛИЗНИНГ ФИЗИК ВА ФИЗИК-КИМЁВИЙ МЕТОДЛАРИ**

## **25.1. Анализнинг физик ва физик-кимёвий методларининг ўзига хос хусусиятлари**

Кимёвий анализнинг гравиметрик ва титриметрик методлари турли-туман моддаларнинг миқдорий таркибини аниқлашга имкон беради. Баъзан бу методлар билан аниқлашларни бажариш катта қийинчиликлар билан боғлиқ бўлиб, уларнинг асосийлари қуйидагилар:

1) аниқланувчи қисмни қўшимчалардан аввал ажратиб олиш зарурлиги;

2) кам миқдордаги аниқланувчи моддаларни анализ қилишда кимёвий методлар сезгирлигининг нисбатан кам бўлиши;

3) анализни тўлиқ бажариш учун (айниқса, гравиметрик методда) кўп вақт кетиши, чунки ишлаб чиқариш шароитида анализнинг тез бажарилиши ҳал қилувчи ўринни эгаллайди.

Миқдорий анализнинг физик ва физик-кимёвий (инструментал) методлари кимёвий методларга нисбатан юқори сезгирлиги ва аналитик аниқлашларнинг тез бажарилиши билан афзал ҳисобланади. Бу методлар билан анализларни бажариш учун бир неча минутлар керак бўлади, холос. Физик ва физик-кимёвий методлар билан анализ бажарилганда жуда оз миқдордаги анализ қилинувчи модда керак бўлади ва бу намунадаги аниқланувчи элемент ўта кам бўлганда ҳам миқдори топилиши мумкин. Кўпгина ҳолларда аниқланувчи компонентни текшириладиган модданинг бошқа таркибий қисмларидан ажратишга ҳожат қолмайди, шунингдек, индикаторлар қўллаш зарурати бўлмайди.

Моддаларнинг физик хоссалари билан уларнинг кимёвий таркиблари ўртасида маълум боғланиш мавжуд бўлади. Кимёвий реакциялар қўлламасдан моддалар таркибини аниқлаш имконияти бор методлар физик методлар деб аталади.

Моддаларни миқдорий жиҳатдан аниқлашда кимёвий реакциялардан фойдаланилганда, бу реакцияларнинг боришида эритмаларнинг физик хоссаларини ўзгариши (масалан, электр ўтказувчанлигини, рангнинг интенсивлигини ўзгариши) юз беради. Маълум реакцияларнинг боришида вужудга келадиган физик ҳодисаларни кўрсаткичларини ўлчашга асосланган анализ методлари физик-кимёвий методлар деб аталади.

Анализнинг физик ва физик-кимёвий методларини қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин:

1. Анализнинг электрокимёвий методлари. Бу методлар текшириладиган моддаларнинг электрокимёвий хоссаларидан фойдаланишга асосланади.

2. Анализнинг оптик (спектрал) методлари – текшириладиган бирикмаларнинг оптик хоссаларидан фойдаланишга асосланган.

3. Анализнинг хроматографик методлари – танлаб адсорбциялаш ҳодисасидан фойдаланишга асосланган.

4. Анализнинг радиометрик методлари – айна элементнинг радиоактив нурланишини ўлчашга асосланган.

5. Анализнинг масса-спектрометрик методлари айрим ионлаштирилган атом, молекулалар ва радикалларнинг массаларини аниқлашга асосланган.

### **Анализнинг электрокимёвий методлари**

Электрокимёвий методларга маълум кимёвий реакциялар натижасида текшириладиган системаларнинг ўзгарадиган электрик параметрларини ўлчашга ва қайд қилишга асосланган методлар киради: электрогравиметрия, потенциометрия, кондуктометрия, полярография, амперометрия ва бошқалар.

**Электрогравиметрик метод** аниқланаётган элемент (модда)ни электролиз ёрдамида электрод юзасида чўктиришга асосланган. Бунда электрод юзаси тозаланади ва массаси ўлчанади. Бу электрод текшириладиган эритмага туширилиб, ўзгармас ток манбаига уланади ва электролиз амалга оширилади. Электролиз тугагач, электрод қурилади, массаси яна ўлчанади. Чўктирилган модда миқдори электрод массасининг ортишига қараб аниқланади. Электр токи

чўктирувчи «реагент» вазифасини бажаради. Электродларда металллар (Cu, Ag, Au, Ni, Cr ва бошқалар), оксидлар (масалан, PbO<sub>2</sub>) ва кам эрувчан тузлар (AgCl) ажралиши мумкин.

**Потенциометрик метод** текширилаётган эритмага туширилган электрод потенциалини титрлаш вақтида ўзгаришини ўлчашга асосланган. Эквивалент нуқта яқинида потенциал қийматининг кескин ўзгариши кузатилади. Электрод потенциалининг қиймати эритмадаги анионнинг концентрациясига боғлиқ бўлади.

**Кондуктометрик метод** ўзгармас ҳароратда эритмадаги электролит концентрацияси билан эритманинг электр ўтказувчанлиги орасидаги боғланишга асосланган. Одатда, эритманинг концентрацияси қанча юқори бўлса, унинг электр ўтказувчанлиги шунча катта бўлади. Дастлаб аниқланувчи электролит концентрациялари маълум бўлган эритмаларнинг электр ўтказувчанлигини ўлчаш йўли билан калибрланган чизиғи тузилади. Сўнгра текширилаётган эритманинг электр ўтказувчанлиги ўлчанadi ва калибрланган чизиқдан фойдаланиб, анионнинг электр ўтказувчанликка мос келадиган концентрация топилади.

**Полярографик метод** диффузион ток билан шу анион токни келтириб чиқарувчи модданинг концентрацияси орасидаги пропорционал боғланишга асосланган. Анионнинг боғланиш ток кучи билан берилган кучланишни ифодаловчи эгри чизиқдан иборат бўлиб, ундан ток қийматини топиш мумкин ва шу асосда эритмада қандай катионларнинг мавжудлиги ва уларнинг миқдори ҳақида хулоса чиқарилади.

**Амперометрик метод** индикатор электрод билан солиштириш электроди орқали эритмадан ўтадиган ўзгармас кучланиш чегара диффузион токнинг кучининг ўзгаришини ўлчаш асосида титрлашнинг охириги нуқтасини аниқлашга асосланган. Титрлаш натижалари асосида токнинг эритмага қўшилган ишчи эритманинг ҳажмига боғлиқлигини ифодаловчи график тузилади. Шу графикдан титрлашнинг эквивалент нуқтаси аниқланади, стандарт эритманинг титрлашга сарфланган ҳажми асосида аниқланаётган модданинг миқдори ҳисобланади.

### **Анализнинг оптик (спектрал) методлари**

Анализнинг оптик методларига моддалар томонидан ютиладиган, тарқатиладиган, қайтариладиган электромаг-

нит нурланишнинг спектрларини текширишга асосланган спектрал методлар киради. Моддаларнинг молекулалари ёки атомларининг элетромагнит нурланиш билан таъсирлашуви айти модда учун ўзига хос тарзда боради. Анализнинг оптик методлари гуруҳига қуйидагилар киради:

**Фотометрик метод** рангли эритмалар томонидан спектрнинг кўринадиган қисмидаги нурларнинг ютилишини ўлчашга асосланган. Кўпчилик ҳолларда ютилган ёруғлик миқдори билан эритманинг ҳажм бирлигидаги модда миқдори ўртасида пропорционал бўлган боғланиш мавжуд бўлади.

**Эмиссион спектрал анализ** элементларнинг қўзғалган атомларини бир хил шароитларда маълум тўлқин узунлигидаги нур тарқатиш хусусиятига асосланган. Бу метод модданинг элемент таркибини аниқлашга имкон беради, яъни текшириляётган модда таркибига қандай кимёвий элементлар, қандай нисбатларда кириши ҳақида хулоса қилишга ёрдам беради.

**Аланга фотометрияси** эмиссион спектрал анализнинг бир тури бўлиб, бунда спектрал чизиқларнинг фотографиясини олиш ўрнига нурланишнинг интенсивлиги фотоэлемент ва галванометр ёрдамида ўлчанади. Текшириляётган эритма алангага аэрозол ҳолда киритилади. Бу метод бир қатор элементларни  $10^{-3}$  г сезгирлик билан ва 2-4% аниқлик билан топишга ёрдам бера олади.

**Атом-абсорбцион спектрофотометрия** текшириляётган элемент атомларининг газ ҳолатида ёруғликнинг стандарт манбадан тарқаладиган нурланишнинг ютган энергиясини ўлчашга асосланган. Бу метод жуда истиқболли, фавқулодда тез ривожланаётган аналитик методдир. Бу метод бир қанча афзаликларга эга: селективлиги, юқори сезгирлиги ( $10^{-9}$ - $10^{-13}$  г), анализни бажаришнинг тезлиги ва ўлчашнинг соддалиги, анализни тўлиқ автоматлаштириш мумкинлиги кабилар.

**Рентгеноспектрал метод** моддаларни рентген нурлари таъсирида ўрганишга асосланган. Моддаларни атом ва молекуляр тузилиши ҳақидаги маълумотни икки усулда олиш мумкин. Биринчи усулда рентген нурларининг монохроматик тўплами манбадан текшириляётган намунага юборилади. Агар энергия қандайдир ички орбитадан битта электронни юлиб олишга етарли бўлса, бунда фотоэлектрик ютилиш юз беради. Бунда ташқи орбита электронларидан бири юлиб олинган электрон орбитасига ўтади, рентген

нурларига ўхшаш нурланиш тарқатади. Бу нурланиш иккиламчи бўлиб, унинг спектри элементларнинг оптик спектрлари каби бўлади.

Иккинчи усули рентген нурланиши таъсирида модда томонидан чиқарилган электронлар энергиясини магнит ёки электр майдонида анализ қилишга асосланган. Бу усулни электрон спектроскопия деб номланади. Электрон спектроскопия методи билан даврий системанинг ҳамма элементларини ҳеч қандай қайта ишловсиз ва ажратмасдан туриб аниқлашга имкон беради ва унинг сезгирлиги –  $10^{-6}$  г.

### **Анализнинг хроматографик методи**

Хроматографик метод эриган моддалар аралашмаси, газлар, суюқликлар буғларининг аралашмаларини сорбцион метод билан динамик шароитларда ажратишга асосланган. Текшириляётган эритма сорбент тўлдирилган колонка орқали ўтказилади. Аралашмадаги компонентларни турлича ютилиши ҳисобига уларнинг колонка узунлиги бўйича ажралиши юз беради. Колонкали ва қоғоз хроматографиясида компонентларни миқдорий анализ қилиш айрим зоналарни анализ қилиш билан амалга оширилади.

### **Анализнинг радиометрик методлари**

Кейинги вақтларда юқори сезгирликка эга бўлган ( $10^{-7}$ - $10^{-11}$  г) ва моддани парчаламасдан анализ қила оладиган радиометрик метод кенг қўлланилмоқда. Радиометрик метод-радиоактив элементлар тарқатадиган заррачалар нурланишини ўлчашга асосланган методдир. Бу нурланишни махсус ҳисоблагич ускуналари ёрдамида ўлчаш мумкин. Радиоактив нурланишни кўпинча Гейгер-Мюллер ҳисоблагичида ўлчанади. Намунадаги радиоактив элементнинг миқдори вақт бирлигидаги нурланишнинг интенсивлигини ўлчаш ёрдамида топилади. Ҳозирги даврда икки йўналишдаги радиометрик метод қўлланилади: радиоактивацион анализ ва радиоактив индикаторлардан фойдаланиб қилинадиган анализ.

Радиоактивацион анализ элементларни турли ядро заррачалари (нейтронлар, дейтронлар, протонлар,  $\alpha$ -заррачалар) билан бомбардимон қилиб, фаоллаштиришга асос-



ланган. Бунда ҳосил бўладиган радиоактив нурланишнинг миқдоран ўлчами текширилади намундаги айти элемент миқдорининг мезони бўлиб ҳисобланади.

Текширилади модда билан бир вақтнинг ўзида аниқланувчи элементнинг миқдори маълум бўлган стандарт намуна ҳам нурлантирилади. Олинган натижаларни солиштириб, қуйидаги нисбатдан қидирилади компонентнинг массасини ҳисоблаб чиқариш мумкин:

$$\frac{\text{Номаълум намунадаги масса, } x}{\text{Эталондаги масса, } m} = \frac{\text{Номаълум намунадаги элементнинг умумий активлиги}}{\text{Эталондаги элементнинг умумий активлиги}}$$

Радиоактив индикаторлар (нишонли атомлар) методи элемент ёки унинг бирикмаларининг тозалик даражасини аниқлашда кенг қўлланилади. Бу метод кимёвий ва биологик жараёнларнинг механизмини ўрганишда қўлланилади энг яхши методлардан ҳисобланади.

### **Анализнинг масс-спектрал методи**

Масс-спектрал метод ионланган атом, молекулалар ёки радикалларни электр ёки магнит майдони таъсирида ионлар оқимини ажратиш йўли билан массани зарядга нисбатига боғлиқ равишда аниқлашга асосланган.

Текшириладиган намуна (газ, қаттиқ жисм) камерада электронлар билан бомбардимон қилинганда ионлар ҳосил бўлади. Сўнг массанализатор  $m < m$  бўлган бошқа нурлардан ажратади ва ажратилган нурлар тезлигини оширади. Ажратилган мусбат ионлар оқимини фотографик (масс-спектрография) ёки фотоэлектрик (масс-спектрометрия) методлари билан ўлчанади ва элементларнинг масса спектрлари ҳосил қилинади.

Анализнинг масс-спектрал методлари соаноат, фан ва янги технологиянинг турли соҳаларида қўлланилмоқда. Бу методлар изотоп таркибини белгилашга имкон беради, реакция маҳсулотларининг таркибини текширишга, ўта

тоза моддалар таркибидаги қўшимчаларни аниқлашга ёрдам беради.

Масс-спектрал методларни бошқа кимёвий ва физик-кимёвий методлар билан биргаликда олиб бориш, шунингдек, электрон ҳисоблаш машиналари иштирокида олиб бориш бу ўта истиқболли метод учун жуда кенг имкониятлар очиб беради.

### **Анализнинг радиофизик методлари**

Радиофизик методларга электромагнит майдони таъсири натижасида вужудга келадиган ҳар хил физик ҳодисаларга асосланган ва моддаларнинг электрик ва магнитли хоссаларини махсус радиофизик ускуналар ёрдамида кузатишга боғлиқдир. Бу методларнинг афзаллиги назорат қилишнинг автоматлаштирилган системаларида кенг миқёсда қўллаш имконияти борлигидадир.

**Электрон парамагнит резонанс (ЭПР) методи.** Ўзгармас магнит майдонида парамагнит заррачалар томонидан электромагнит тўлқинларини резонанс ютилиши ҳодисасидан фойдаланишга асосланган. Бу метод парамагнит моддаларнинг концентрациясини ўлчашда, оксидланиш-қайтарилиши жараёнларини текширишда, кимёвий кинетика ва кимёвий реакциялар механизмини ўрганишда муваффақият билан қўлланилмоқда.

**Ядро магнит резонанси (ЯМР) методи** ўзгармас магнит майдонида текшириладиган модда томонидан электромагнит тўлқинларини ядро магнетизми ҳисобига резонансли ютилишга асосланган. Бу метод комплекс бирикмаларини текширишда, эритмадаги ионлар ҳолатини ўрганишда қўлланилади.

**Ядро гамма-резонанс спектроскопияси (ЯГР-спектроскопия) методи** мессбауэр эффектини кузатишга асосланган. ЯГР-спектроскопия методи моддалардаги кимёвий боғланишлар хусусиятларини белгилашда, шунингдек, комплекс ва элемент органик бирикмаларни текширишда қўлланилади.

Юқоридаги каби методларнинг ривожланиши маълум даражада кимёвий технология, атом энергетикаси, космонавтика, биология, биокимё каби соҳаларни жадал ривожланишига имконият яратди.

## Анализнинг оптик методлари

### 25.2. Оптик методларнинг умумий тавсифи

Аналитик кимёда кўпинча моддаларнинг жуда оз миқдорлари («асари»)ни аниқлаш заруриятига дуч келинади. Масалан, тоза металллар таркибидаги қўшимчалар фоизнинг мингдан бир улушлари билан ўлчанади. Бундай кам миқдордаги моддаларни кимёвий методлар билан аниқлаш мутлақо мумкин бўлмайди, бундай ҳолларда анализнинг оптик методларидан фойдаланилади. Кўп қўлланиладиган абсорбцион анализ ҳисобланиб, спектрофотометрия, колориметрия ва фотоколориметрия каби методлар билан бажарилиши мумкин.

**Спектрофотометрия** бир жинсли система томонидан кўринувчи, ултрабинафша ва инфрақизил монохроматик нурларнинг ютилишини ўлчашга асосланган.

**Колориметрия** рангли эритмада полихроматик нурларнинг ютилиш даражасини ўлчашга асосланган.

**Фотоколориметрия** текшириладиган моддалар томонидан полихроматик нурланишнинг ютилиш даражасини ўлчашга фотоэлементлардан фойдаланишга асосланган.

Система томонидан маълум миқдордаги нур энергияси ютилганда атомлар қўзғалган ҳолатга ўтади. Спектрофотометрия ва фотоколориметриядаги бир жинсли системада ютилган энергия миқдори модданинг эритмадаги концентрациясига тўғри пропорционал боғланишда бўлади.

**Нурнинг ютилиш қонунилари (колориметрия қонунилари).** Интенсивлиги  $J_0$  бўлган нур оқими эритмали кюветага (идишга) тушганда унинг бир қисми (интенсивлиги  $J_r$  бўлгани) кюветанинг юзасидан қайтади, яна бир қисми (интенсивлиги  $J_a$  бўлгани) эритма томонидан югилади ва қолган қисми (интенсивлиги  $J_t$ ) эритмадан ўтиб кетади. Бу қисмлар орасида қуйидагича боғланиш бўлади:

$$J_0 = J_r + J_a + J_t$$

Амалиётда битта ва айна кюветадан фойдаланилганда қайтарилган нурнинг интенсивлиги доимий бўлади, бун-

дан ташқари, сувли эритмалар билан ишланганда, бу қиймат кичик бўлади ва уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Бунда:

$$J_0 \approx J_a + J_1$$

Нурнинг эритма томонидан ютиладиган қисми  $J_a$  эритмада иштирок этувчи модданинг молекулалари ёки ионларига боғлиқ бўлганлиги учун бу қийматни бевосита аниқлаб бўлмайди. Бу қийматни эритмага тушаётган нурнинг интенсивлиги  $J_0$  дан текширилаётган эритмадан ўтиб кетган нурнинг интенсивлиги  $J_1$  айирмаси орқали топилади.

Эритмадан ўтишда нур оқими эритмадаги молекулалар ёки ионлар қанчалик кўп бўлса ўз интенсивлигини шунчалик кўп даражада йўқотади. Шунинг учун нур оқимининг кучсизланиш даражаси фақат модданинг табиатига боғлиқ бўлмасдан, шунингдек, концентрация ( $C$ ) га ва эритма қатламининг қалинлиги ( $l$ ) га ҳам боғлиқдир.

П.Бугер ва И. Ламбертлар томонидан эритма қавати қалинлиги билан нур оқимининг ютилиши орасидаги боғланиш борлиги топилди: бир хил қалинликдаги моддалар қавати бир хил ва тенг қисмдаги нур оқимини ютади. (Бугер-Ламберт қонуни):

$$J_t = J_0 e^{-kl}$$

Бу ерда,  $J_t$  — эритмадан ўтган нур оқимининг интенсивлиги;

$J_0$  — эритмага тушаётган нур интенсивлиги;

$e$  — натурал логарифм асоси;

$k$  — нурнинг ютилиши коэффициентини;

$l$  — эритма қатламининг қалинлиги.

Бу формулани ўнли логарифмни қўллаб ёзилса қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$J_t = J_0 \cdot 10^{-kl}$$

Нурнинг ютилиш коэффициентини ( $k$ ) фақат эриган модданинг табиатига ва нурнинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлади. Бу коэффициент сон жиҳатдан ёруғлик оқими интенсивлигини 10 марта камайтирувчи эритма қавати қалинлиги қийматининг тескари нисбатига тенг бўлади:

$$k = \frac{l}{10}$$

Бугер-Ламберт қонуни монохроматик нур учун, яъни маълум тўлқин узунлигига эга бўлган нур учун тааллуқлидир.

Бер томонидан эриган модда концентрацияси ўзгартирилганда, доимий қалинликдаги эритма қавати томонидан нур оқимининг ютилишининг ўзгариши ўрганилди. Бунинг натижасида нур оқимининг ютилиш даражаси модданинг концентрациясига тўғри пропорционал эканлиги топилди:

$$k = E \cdot C.$$

Бу ерда,

$E$  – пропорционаллик коэффициент бўлиб, концентрацияга боғлиқ бўлмай, эриган модданинг табиатига боғлиқдир;

$C$  – нурни ютувчи модда концентрацияси.

Бугер-Ламберт қонуни формуласи ва Бер қонуни формулаларини бирлаштирилса, Бугер-Ламберт-Бер қонунининг математик ифодаси ҳосил бўлади:

$$A = \lg \frac{J_0}{J_t} = E \cdot C \cdot l$$

$\lg \frac{J_0}{J_t}$  ифода рангли эритмаларни тавсифловчи муҳим катталиқ бўлиб, у эритманинг оптик зичлиги деб аталади ва  $A$  ҳарфи билан белгиланади:

$$A = E \cdot C \cdot l$$

Демак, эритманинг оптик зичлиги рангли эритманинг концентрациясига ва қатламининг қалинлигига тўғри пропорционал боғланган. Бундан эса эритмалар қатламларининг қалинлиги ўзаро тенг бўлган ҳолда (бошқа омиллар ҳам бир хил бўлганда), қайси эритмада рангли модда (ёки ион) нинг концентрацияси қўп бўлса ўша эритманинг оптик зичлиги ҳам катта бўлади, деган хулоса келиб чиқади.

Агар эритма Бугер-Ламберт-Бер қонунига бўйсунса, оптик зичлиги  $A$  нинг концентрацияга боғлиқлигини ифодаловчи график тўғри чизиқдан иборат бўлади. Бордию эритма бу қонунга бўйсунмаса, тўғри чизиқли боғланиш

бузилади. Эритмалари Бугер-Ламберт-Бер қонунидан четланувчи кўпгина моддалар бор. Бундай четлашишнинг муҳим сабаблари қуйидагилар: текширилаётган моддалар эритмаларида бегона ионларнинг иштироки, нур энергиясини ютувчи бирикмаларнинг ионланиш даражасининг ўзгариши эритма рангининг ўзгаришига, бинобарин, оптик зичликнинг ўзгаришига таъсир қилиши, анализ боришида эритманинг суюлтирилиши моддаларнинг гидролизига таъсири, рН қийматининг ўзгаришининг бир қатор реакцияларга таъсир қилиши натижасида нур ютилишининг ўзгариши, эритма ҳароратнинг ўзгариши ва бошқалар.

Агар  $C=1$  мол/л,  $l=1$  см бўлган ҳолларда  $E$  моляр ютилиш коэффиценти бўлиб, нурнинг тўлқин узунлиги  $\lambda$  билан маълум боғланишда бўлади.

### 25.3. Колориметрия методлари

Колориметрия методи 1795 йил В.Севергин томонидан таклиф қилинган ва абсорбцион анализнинг оддий методларидан ҳисобланади. Колориметрия методлари текширилаётган эритма билан стандарт эритманинг рангларини солиштиришга асосланган.

Ҳар бир модда электромагнит нурланишни ютади ва қайтаради. Тўлқин узунлиги 400 дан 760 ммк гача бўлган (кўринувчи ёруғлик) нурланишни ютиш қобилиятига эга бўлган ҳамма моддалар эритмалари рангли бўлади.

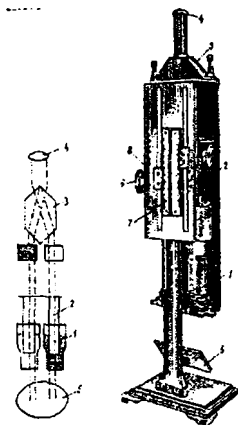
Эритма ранги қанчалик қуюқ бўлса, айти эритмадаги модда ёки ионнинг концентратсияси шунчалик катта бўлади. Агар текширилаётган ва стандарт эритмаларнинг ранги бир хил бўлса, улардаги моддаларнинг миқдори ҳам бир хил бўлади демакдир. Бинобарин, ранги қуюқ бўлган текширилаётган эритмани суюлтириб, стандарт эритма рангига келтирилса ва текширилаётган эритма неча баробар суюлтирилганлигини билган ҳолда текширилаётган эритмадаги эриган модда (ион) миқдорини топиш мумкин.

Колориметрик метод жуда оз миқдордаги моддаларни аниқлашда фойдаланилади. Бу методнинг қулайлиги шундаки, анализни ўтказиш учун кам вақт керак бўлади, бундан ташқари аниқланувчи моддани ажратиб олиш талаб қилинмайди.

## Колориметриянинг визуал методлари

**Тенглаштириш методи (қатлам қалинлигини ўзгартириш методи).** Туби тиниқ бўлган цилиндрга қуйилган эритмага юқоридан қаралганда унинг рангининг қуюқлиги суюқлик қатламининг баландлиги (қалинлиги) билан тўғри пропорционал боғланишда эканлигини кўриш мумкин. Эритмалардан бири қаватининг қалинлигини ( $l_{\text{станд.}}$ ) ўзгартирмасдан, иккинчисиникини ( $l_{\text{текш.}}$ ) ўзгартириб стандарт ва текширилаётган эритмалар рангининг қуюқликлари орасидаги фарқ йўқотилади, яъни иккала эритма рангининг қуюқлиги бир-бирига тенглаштирилади. Эритмалар қатламининг қалинликларини ва стандарт эритма концентрациясини билган ҳолда текширилаётган эритмадаги аниқланаётган модда концентрациясини ҳисоблаб топиш мумкин. Бунда қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$C_{\text{текш.}} \cdot l_{\text{текш.}} = C_{\text{станд.}} \cdot l_{\text{станд.}} \quad \text{ёки} \quad C_{\text{текш.}} = \frac{C_{\text{станд.}} \cdot l_{\text{станд.}}}{l_{\text{текш.}}}$$



33-расм. Дюбоск колориметри ва унинг тузилиши:  
1-стаканчалар; 2-оптик шишадан ясалган цилиндрлар;  
3-оптик система; 4-окуляр; 5-оқ экран; 6-винт;  
7-шкала; 8-ҳисоблаш учун нониус.

Эритмалардан бири қаватининг қалинлигини ўзгартириш йўли билан иккала эритма ранглари қуюқлигини тенглаштириш **колориметрлар** деб аталадиган махсус асбобларда бажарилади.

Дюбоск колориметри (ботириш колориметри) дан фойдаланилганда аниқроқ натижалар олинади (33-расм).

Дюбоск колориметри билан ишланганда текширилаётган ва стандарт эритмалар шакли ҳамда ўлчамлари бир хил кювета (стаканча) ларга солинади, улар асбобга жойлаштирилади. Ҳар қайси кювета тепасига қўзғалмайдиган шиша ўзак ўрнатилган. Махсус винтлар ёрдамида стаканчаларни кўтариб, шиша ўзақларни уларга ботириш ёки чиқариш мумкин. Кюветалар тагига айланадиган кўзгу ўрнатилган бўлиб, ёруғлик кўзгудан қайтиб, стандарт ва текширилаётган эритмалар орқали ўтади, сўнгра шиша ўзақларга тушади ва махсус призмаларда сингандан сўнг кузатувчига кўринади.

Окулярдаги кўриш майдони диаметри бўйича иккига бўлинган, рангининг қуюқлиги турлича бўлган ярим доиралардан иборат. Чап ярим доирага ўнг кюветадаги эритма орқали ўтадиган, ўнг ярим доирага эса чап кюветадаги эритма орқали ўтадиган нурулар тушади. Винтлар ёрдамида шиша ўзақларнинг кюветалардаги эритмаларга ботиб туриш баландлиги ва эритмалар қатламларининг баландлиги ўзгартирилади ҳамда иккита ярим доираларнинг бир хил рангда бўлишига эришилади. Шундан сўнг шкала бўйича эритмалар устунининг баландлиги ҳисоблаб топилади ва стандарт эритманинг концентрациясини билган ҳолда, текширилаётган эритманинг концентрацияси юқорида келтирилган формула орқали топилади.

**Стандарт сериялар методи.** Бу методда битта стандарт эритма тайёрланмай, балки аниқланадиган ионнинг концентрацияси аста-секин ортиб борадиган концентрацияларига эга бўлган (бир-биридан концентрацияси 10–15% га фарқ қиладиган) 10–15 стандарт эритмалар тизими тайёрланади. Текшириладиган эритманинг ранги шу стандарт эритмалар ранглари билан солиштирилади. Агар текширилаётган эритманинг ранги стандарт эритма ранги билан бир хил бўлса, унда уларнинг концентрациялари ҳам бир хил бўлади. Борди-ю, синалаётган эритманинг ранги иккита бир-бирига яқин стандарт намуналар ранги оралиғида бўлса, бун-



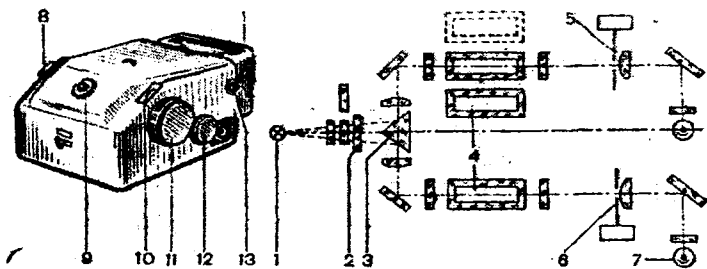
дай ҳолларда концентрация ўртача арифметик қиймат тарзида ҳисоблаб чиқарилади. Стандарт сериялар методида янги тайёрланган стандарт эритмалардан фойдаланиш лозим.

**Колориметрик титрлаш методи.** Бу методда аниқланувчи ионнинг аниқ миқдорини сақловчи титрланган эритмаси тайёрланади. Аниқланаётган эритма ранги билан стандарт эритманинг ранги тенглаштирилади. Стандарт эритмани реагентлар аралашмасига титрланган эритма қўшиш йўли билан тайёрланади. Аниқлашни бир хил ўлчов цилиндрлари (25–30)·2,5 см) да олиб борилади. Биринчи цилиндрга текшириляётган эритма солиниб, устига ранг ҳосил қиладиган реагентдан маълум миқдорда қўшилади. Масалан, агар текшириляётган эритмада  $Fe^{3+}$  ионлари бўлса, устига нитрат кислота ва аммоний роданид қўшилади. Иккинчи цилиндрга стандарт эритма тайёрлаш учун дистилланган сув ва реагент (нитрат кислота ҳамда аммоний роданид) солинади. Бюреткадан текшириляётган эритманинг рангига тенглашгунча титрланган эритма ( $Fe^{3+}$  ионлари бор эритма) қўшилади. Титрланган эритманинг сарфланган ҳажми бюреткадан ҳисобланади. Стандарт эритманинг сарфланган ҳажми ва унинг таркибидаги ( $Fe^{3+}$ ) ионнинг концентрациясини билган ҳолда текшириляётган эритмадаги аниқланувчи ион ( $Fe^{3+}$ ) нинг миқдорини ҳисоблаб топиш мумкин.

### Фотоколориметрия

Эритма орқали ўтган ёруғликнинг интенсивлиги эритманинг концентрацияси ва эритма қаватининг қалинлигига боғлиқ ҳолда ўзгаришидан ташқари, тушаётган ёруғлик оқими интенсивлиги ўзгаришига ҳам боғлиқдир. Фотоколориметрик аниқлашларда эритма орқали ўтган ёруғликнинг интенсивлиги тўғрисида фотооқимнинг кучи асосида хулоса чиқариш мумкин. Аниқлашлар фотоэлектроколориметрлар (ФЭК) да олиб борилади. Иккита фотоэлементи бор фотоэлектроколориметрлар (қўш «елкали») дан фойдаланиш қулайдир. Иккала фотоэлементлар умумий занжирга шундай уланганки, улар ҳосил қиладиган фототоклар қарама-қарши йўналишда бўлади.

Иккала фотоэлемент бир хил ёритилганда (стандарт эритма ва текшириляётган эритмаларнинг) ранги бир хил



34-расм. ФЭК-56 фотозлектроколориметрининг ташқи кўриниши ва тузилиш схемаси: 1-ёруғлик манбаи; 2-ёруғлик филтри; 3-призма; 4-кювета; 5-диафрагма (ўлчовли); 6-компенсацион диафрагма; 7,8-фотозэлементлар; 9-индикатор лампа; 10-ўлчовли диафрагма шкаласи; 11-ҳисоблаш барабани тутқичи; 12-кюветаларни силжитиш тутқичи; 13-ёруғлик оқимини тўсувчи пардалар тутқичи.

бўлганда уларнинг ҳосил қиладиган галванометр занжиридаги токи ўзаро компенсацияланган бўлади ва галванометр кўрсаткичи нол қийматини кўрсатади. Бу иккала эритмадан ўтаётган ёруғликнинг интенсивлиги бир хиллигини билдиради. Эритмалар рангида озгина фарқ бўлиши фототокнинг ўзгаришига сабаб бўлади, буни галванометр кўрсаткичининг оғишига қараб билинади.

Ёруғлик манбаидан тарқалаётган ёруғлик оқими ёруғлик филтри орқали ўтиб призмага тушади ва у ерда ёруғлик дастаси икки қисм: чап ва ўнг қисмга бўлинади. Ёруғлик тутамлари кўзгуда қайтарилиб параллел йўналишга эга бўладилар. Сўнг ёруғлик дасталари кюветадаги суюқликдан ўтиб линзаларга тушади. Линзалар фокусда хира ойна ўрнатилган бўлиб, улар орқасида фотозэлементлар жойлаштирилган (34-расм).

Фотоколориметрларда ёруғлик филтрлари қўлланилади. Бунинг сабаби қуйидагича: маълумки, рангли эритма орқали ўтаётган нур монохроматик эмас, яъни у аниқ тўлқин узунлигига эга эмас. Фойдаланилаётган нур спектрнинг қисқа ёки кенг соҳасини ташкил этувчи тўлқин узунликларидagi нурлар йиғиндисидан иборат бўлиши мумкин. Рангли эритма спектрнинг барча тўлқин узунликлардаги нурларни бир текисда ютмайди. Ёруғликнинг айрим нурлари кучли ютилади, баъзилари умуман ютилмайди.

Эритмалар орқали ўтадиган нурнинг мураккаб таркибли эканлигини ҳисобга олиб, колориметрик аниқлашлар пайтида ундан маълум тўлқин узунликдаги нурлар ажратиб олинади. Бу ишни амалга оширишда монохроматик ёруғлик филтрларидан фойдаланилади. Ёруғлик филтрлари тиниқ шиша пластинкадан иборат бўлиб, улар ҳар хил рангга бўялган. Эритманинг рангига қараб шундай ёруғлик филтри танлаб олинадики, у орқали ўтган нурнинг асосий қисми рангли эритмага ютилади. Ёруғлик филтрлари нурни тўлиқ монохроматик ҳолатга келтира олмайди, лекин ёруғлик филтрлари ёруғликнинг шундай қисқа спектрал соҳасини ажрата оладики, унда текшириладиган модда эритмаси максимал даражада юта оладиган тўлқин узунликдаги нур бўлади.

Фотоколориметрик текширишда олинadиган натижаларнинг тўғри бўлиши ёруғлик филтри тўғри танланишига боғлиқ. Текшириладиган эритманинг рангига қараб ёруғлик филтри танланади, уларнинг ранглари орасида қуйидаги боғланиш бўлади:

Эритма ранги	Танланадиган ёруғлик филтри ранги
Кўк	Сарғиш-яшил, сариқ
Зангори-яшил	Пушти
Яшил-зангори	Қизил
Яшил	Тўқ-қизил
Сарғиш-яшил	Бинафша
Сариқ	Зангори
Пушти	Яшил-зангори
Қизил	Зангори-яшил
Тўқ-қизил	Яшил

Эритманинг рангига мос келадиган ёруғлик филтри тажриба йўли билан танланади. Бунинг учун кюветадаги эритма фотоколориметрга жойлаштирилади, турли ёруғлик филтрларини тушаётган нур йўлига қуйиб, эритманинг оптик зичлиги ўлчанади. Ёруғлик филтри тўғри танланганда фотоколориметр шкаласи оптик зичликнинг энг катта қийматини кўрсатади.

Фотоколориметрлар билан ишлашда қуйидагиларга эътибор бериш лозим:

– керак бўлмаганда симобли лампани ёқилган ҳолда қолдирмаслик керак;

– иш бошлашдан олдин кюветалар яхшилаб артилиши лозим;

– кюветаларни ўрнатишда кюветанинг иш қисмига (суюқликнинг жойлашган қисми юзасига) бармоқлар теги-зилмаслиги керак;

– бир ёруғлик филтри иккинчиси билан алмаштирилганда оптик зичликни ўлчаш ёруғлик филтрини алмаштирилгандан сўнг камида бир минут ўтгандан кейин бажарилиши лозим.

## **Оптик методларга доир лаборатория машғулотлари**

### **25.4. Сувдаги темир миқдорини колориметрик метод (тенглаштириш методи) билан аниқлаш**

Аниқлаш темир (III) ионининг сулфосалицил кислота билан сариқ рангли комплекс ҳосил қилишига асосланган бўлиб, эритма рангининг қуюқлиги сувдаги темирнинг миқдорига боғлиқ бўлади. Аниқлаш Дюбокс колориметри билан бажарилади. Анализ ўтказиш учун сулфосалицил кислотанинг 10% ли эритмаси ва аммиакнинг 10% ли эритмаси керак бўлади.

**Стандарт эритма тайёрлаш.** 0,8636 г аммоний-темир (III) сульфат кристаллоидрати  $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  1 литр дистилланган сувда эритилади. Бу эритмадан пипетка билан 10 мл олиб 100 мл ҳажмли ўлчов колбасига солиниб, дистилланган сув қўшиб эритма ҳажми колба белгисигача етказилади. Стандарт ишчи эритма анализ ўтказиладиган куни тайёрланади. 1 мл стандарт эритма 0,01 мг Fe(III) сақлайди.

**Анализ қилиш тартиби.** 50 мл сифимли ўлчов колбасига 10 мл ишчи стандарт эритмасидан солиб, устига сулфосалицил кислотанинг 10% ли эритмасидан 10 мл ва аммиакнинг 10% ли эритмасидан 10 мл қўшилади.

Бошқа 50 мл сифимли колбага пипетка билан 20 мл текшириладиган сувдан солиниб, устига 10 мл сулфосалицил кислотанинг 10% ли эритмасидан ва аммиакнинг 10% эритмасидан ҳам 10 мл қўшилади. Иккала колбадаги тайёрланган эритмаларнинг ранги бир-бирига яқин бўлиши лозим. Агар текширилаётган сувнинг ранги қуюқроқ бўлса, биринчи колбага яна 10 мл ишчи стандарт эритмадан қўшилади. Аксинча, борди-ю стандарт эритманинг ранги қуюқроқ

Бўлса, унда биринчи колбадаги эритма қайтадан тайёрланади: ўлчов колбасига 4 мл ишчи стандарт эритма солиниб, устига 10 мл сулфосалицил кислота эритмаси ва 10 мл аммиак эритмасидан қўшилади. Иккала колбадаги эритмаларнинг ранги деярли бир хил бўлишига эришилгач, ҳар бир колбага дистилланган сув қўшиб, эритмалар ҳажми белгигача етказилади.

Иккинчи колбада тайёрланган текшириладиган эритмадан 10 мл олиб колориметр кюветасига солинади. Бошқа кюветасига янги тайёрланган биринчи колбадаги стандарт эритмадан 10 мл солинади ва текширилаётган эритманинг қавати баландлигини ўзгартириб оптик мувозанат ҳолатига келтирилади. Аниқлашни стандарт эритманинг қаватини ҳар хил баландликлари билан такрорланади.

Темирнинг миқдори қуйидагича ҳисобланади:

$$m(\text{Fe}) = \frac{l_{\text{станд}}}{l_{\text{текш}}} \cdot V \cdot 0,01 \cdot \frac{1000}{V_1}$$

Бу ерда:  $V$  – қўшилган ишчи стандарт эритманинг ҳажми (мл);  
 $V_1$  – аниқлаш учун олинган текшириладиган сув ҳажми (мл).

Олинган натижалари жадвалга ёзилади:

23-жадвал

Т/р	l текш.	l станд.	l станд./l текш.	m(Fe)	Изоҳ

### 25.5. Эритмадаги мис (II) иони миқдорини фотоколориметрик аниқлаш

Миснинг тузлари қишлоқ хўжалигида заҳарли кимёвий моддалар сифатида ишлатилади. Бундан ташқари мис (II) ионлари микроўғитлар таркибига киради. Бинобарин, эритмадаги мис (II) ионларининг миқдорини аниқлаш амалий жиҳатдан аҳамиятга эгадир.

Мис (II) иони миқдорини фотоколориметрик аниқлашда  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини аммиак билан тўқ кўк рангли комплекс ион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ҳосил қилишидан фойдаланилади.

Бундай эритманинг ранги барқарор, унинг рангининг интенсивлигини ўлчашда ФЭК-56 М маркали фотоэлектроколориметрдан фойдаланилади.

Эритмадаги миснинг концентрациясини аниқлашда мис тузининг стандарт эритмаси тайёрланиб, даражаланган график тузилади ва текширилаётган эритмадаги мис (II) иони миқдори шу график ёрдамида аниқланади.

**Стандарт эритма тайёрлаш.** 3,9270 г кимёвий тоза мис сульфат  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  олинади ва сизими 1000 мл бўлган ўлчов колбасида дистилланган сувда эритилади, устига 5 мл конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho=1,84$  г/мл) қўшилади ва колба белгисигача дистилланган сув қўшилади. Тайёр бўлган эритманинг 1 мл да 1 мг  $\text{Cu}^{2+}$  иони бўлади.

**Даражаланган график тузиш.** Ҳажми 50 мл бўлган ўлчов колбаларидан 7 дона олинади. Уларга тартиб бўйича рақамлар қўйиб чиқилади. 1–6 колбаларга мутаносиб тартибда 25, 20, 15, 10, 5, 3 мл дан пипетка ёрдамида тайёрланган мис тузининг стандарт эритмасидан солинади. 7-колбага стандарт эритма солинмайди. Барча колбаларга 10 мл дан суултирилган (1:3 нисбатда) аммоний гидроксид эритмаси солинади ва аралашмаларнинг ҳажми дистилланган сув қўшиб колбаларнинг белгиларига қадар етказилади, аралаштирилади, колбалар оғзи тиқин билан бекитилади. Эритмаларнинг оптик зичликларини ўлчашга киришилади, бунда еттинчи колбадаги эритма («нол эритма» ёки «салт эритма») биринчи кюветага, қолган эритмалар эса навбатма-навбат иккинчи кюветага солинади. Иккинчи кюветага энг аввал  $\text{Cu}^{2+}$  ионининг концентрацияси кичик бўлган эритмаси солинади, унинг оптик зичлиги қизил ёруғлик филтрдан ўтган нурдан фойдаланиб ўлчанади. Сўнг кюветадаги эритма қайтариб ўша колбага солинади ва кювета концентрацияси бир оз юқори эритма билан тўлдирилади. Қолган эритмаларнинг оптик зичликлари шу тартибда ўлчанади. Фойдаланаётган кюветадаги эритманинг қалинлиги (l) 1 см бўлиши керак, кюветага эритма солингач, унинг оғзи қопқоқ билан бекитилиши лозим.

Тайёрланган барча эритмаларнинг оптик зичликлари ўлчаб олингандан кейин, даражаланган график тузилади. Бунинг учун абсцисса ўқига  $\text{Cu}^{2+}$  ионининг концентрацияси (0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 0,006 мг/мл), ордината ўқига шу

концентрацияларга мос келадиган оптик зичликлар жойлаштирилади. Ҳар икки катталиққа тўғри келадиган биттадан нуқталар ўзаро туташтирилганда тўғри чизиқли боғлашниш-даражаланган график ҳосил бўлади.

**Текшириляётган эритмадаги мис (II) иони миқдорини топиш.** Ҳажми 50 мл бўлган ўлчов колбасига 0,01 мг/мл дан 0,5 мг/мл оралиғида  $\text{Cu}^{2+}$  иони сақловчи текшириляётган эритмадан озгина солинади, устига 1 томчи конц. сульфат кислота ( $\rho=1,84$  г/мл) томизилади, лойқа ҳосил бўлгунча 1:3 нисбатда суюлтирилган аммиак эритмасидан томчила-тиб қўшилади. Шундан сўнг яна 10 мл аммиак эритмаси қўшилади ва эритма ҳажми дистилланган сув қўшиш билан колба белгисигача етказилади. Колбадаги эритма яхшилаб чайқатилади. Даражаланган график тузишда ишлатилган кюветага текшириляётган эритмадан 1 см қалинликда солинади, қизил ёруғлик филтрдан фойдаланиб шу эритманинг оптик зичлиги ўлчанади.

Текшириляётган эритманинг оптик зичлигининг қиймати топилгач, даражаланган графикдан шу эритмага мос келувчи 1 мл даги  $\text{Cu}^{2+}$  ионини мг лардаги миқдорини топиш мумкин. Топилган қийматни текшириляётган эритманинг ҳажми (50 мл) га кўпайтириб, мис (II) ионининг умумий миқдорини топса бўлади.

## **25.6. Хромат (дихромат) ҳолидаги хромни фотоэлектродориметрик солиштириш методи билан аниқлаш**

$\text{Cr}^{+6}$  ионлари сариқ (хроматлар) ёки олов рангли (дихроматлар) тусда бўлади. Аниқ концентрацияли стандарт эритманинг ва текшириладиган эритмаларнинг оптик зичликлари ФЭК-56 ёки ФЭК-56 М маркали фотоэлектродориметрларда ўлчанади.

Ишлатиладиган реагентлар: кумуш нитратнинг 0,05М эритмаси, аммоний персульфатнинг 25% ли эритмаси, сульфат кислотанинг (1:1) эритмаси.

**Стандарт эритма тайёрлаш.** 0,2818 г калий дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , сифими 1000 мл бўлган ўлчов колбасига миқдоран ўтказилади, эритилади, дистилланган сув қўшиб эритма

ҳажми колба белгисигача етказилади. Бундай эритманинг 1 мл да 0,1 мг  $\text{Cr}^{+6}$  иони бўлади.

Ҳажми 50 мл бўлган ўлчов колбасидан иккита олиб, биринчисига текшириладиган эритмадан ( $\text{Cr}^{3+}$  иони сақловчи эритмадан) пипетка ёрдамида 10 мл солинади. Устига кумуш нитратнинг 0,05 N эритмасидан 5 мл, аммоний персулфатнинг 25% ли эритмасидан 10 мл, сульфат кислотанинг 1:1 нисбатда суютирилган эритмасидан 5 мл қўшилади ва иситилади. 10 мл текшириладиган эритмада 5 мг атрофида  $\text{Cr}^{3+}$  иони бўлиши керак. Эритма совутилгач, дистилланган сув қўшиб, ҳажми колба белгисигача етказилади ва аралаштирилади. Иккинчи 50 мл сигимли ўлчов колбасига стандарт эритмадан 20 мл солиб, устига дистилланган сув қўшиб, ҳажми колба белгисигача етказилади. Стандарт ва текшириладиган эритмалардан кюветага бир хил қалинликда қуйиб, бу эритмаларнинг оптик зичликлари кўк рангли ёруғлик филтрлари орқали ўлчанади. Текшириладиган ва эталон эритмаларнинг оптик зичликлари дистилланган сувга нисбатан ўлчанади.

Текшириладиган эритмадаги элементнинг концентрацияси ( $C_{\text{текш.}}$ ) формула бўйича топилади:

$$\frac{C_{\text{текш.}}}{C_{\text{станд.}}} = \frac{A_{\text{текш.}}}{A_{\text{станд.}}} \quad \text{ёки} \quad C_{\text{текш.}} = \frac{C_{\text{станд.}} \cdot A_{\text{текш.}}}{A_{\text{станд.}}};$$

бу ерда,  $C_{\text{станд.}}$  — стандарт эритмадаги элементнинг концентрацияси;

$A_{\text{станд.}}$  — стандарт эритманинг оптик зичлиги;

$A_{\text{текш.}}$  — текшириладиган эритманинг оптик зичлиги.



## АНАЛИЗНИНГ ЭЛЕКТРОКИМӨВИЙ МЕТОДЛАРИ

### 25.7. Анализнинг электрогравиметрик методининг умумий тавсифи

Электрогравиметрик метод анализнинг физик-кимёвий методлари жумласига киради. Шу билан бирга бу метод тортма анализнинг бир тури ҳисобланади. Унинг ўзига хос хусусияти аниқланаётган ионни электродининг оғирлиги маълум бўлган электролизерда электролиз қилиш йўли билан ажратиб олишдир.

Электрогравиметрик методда деярли фақат металлларнинг миқдорини топишда фойдаланилади. Эритмаларда металллар катионлар ҳолида бўлади ва электролиз вақтида бу ионлар катодга томон ҳаракат қилади ҳамда катодда зарядсизланиб металл ҳолида бу электродга чўқади. Катод оғирлигининг ортишига қараб электролиз вақтида ажралиб чиққан металлнинг миқдори аниқланади. Металлларнинг катодда ҳосил бўлган чўкмалари кўпчилик ҳолларда чўктириладиган ва тортма шаклларга қўйиладиган талабларга яхши жавоб беради. Шунинг учун электролиз баъзи металлларнинг тузлари эритмасидаги шу металлларнинг миқдорини аниқ топишга имкон беради. Электрогравиметрик метод рангли металллар ва улар қотишмаларини текширишда кенг қўлланилади.

Аниқланадиган металллар чўктириладиган электроднинг сирти мумкин қадар катта бўлиши ва электрод мумкин қадар енгил бўлиши ҳамда эритмани аралаштиришга ҳалал бермаслиги лозим. Бу талабларга амалда тобора кўпроқ ишлатилаётган тўрсимон электродлар яхши жавоб беради. Анод сифатида, кўпинча спирал шаклидаги платина симдан фойдаланилади.

### 25.8. Мис (II) сульфат эритмасидаги мис миқдорини аниқлаш

Мисни электрогравиметрик аниқлаш уни кислотали эритмадан электролиз ёрдамида платина катодда ажралишига асосланган.

Электролизни ўтказишда катод вазифасини платина сим тўри, анод вазифасини эса платина симдан тайёрланган спирал бажаради. Электродлар яхшилаб тозаланади. Бунинг

учун электродлар нитрат кислотанинг 1:1 нисбатда суюлтирилган қайноқ эритмасига бир неча дақиқа ботириб олинади ва дистилланган сув билан ювилади. Бундан ташқари, катод спирт, эфир билан ювилади, қуритилади, сўнг аналитик тарозидида массаси аниқланади. Электролиз қилиш асбоби тузилади. Электр токи манбаи сифатида қўрғошин аккумуляторидан фойдаланилади (кучланиши 2 В бўлган). Ҳажми 150 мл бўлган тоза стакан олиб, 0,1-0,15 г мис сақловчи мис (II) сульфат  $\text{CuSO}_4$  эритмасидан соламиз. Устига нитрат кислотанинг 2 N эритмасидан 7-8 мл ва сульфат кислотанинг суюлтирилган эритмаси (1:4) дан 3 мл қўшилади. Сўнгра стакандаги эритмага платина тўр электрод (катод) ботирилади, бу электрод стакан деворига ва тубига тегмаслиги керак. Бошқа электрод – платина спирали (анод) платина тўр электроднинг қоқ марказига жойлаштирилади. Шундан сўнг текшириляётган эритмани стакандаги суюқликнинг сирти тўрсимон электроднинг юқори қисмидан 1 см паст баландликкача сув қўшиб суюлтирилади. Стакан оғзи шиша пластинкалар билан бекитилади. Стакандаги эритма газ алангаси ёрдамида  $60^\circ\text{C}$  гача иситилади. Тўрсимон катод ток манбаининг манфий қутбига, анод эса мусбат қутбига уланади. Электролизни эритмани тўлиқ рангсизлангунча давом эттирилади, сўнг миснинг тўлиқ ажралганлиги  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  билан сифат реакцияси асосида аниқланади. Қизил қўнғир ранг ҳосил бўлмаса мис ионлари тўлиқ чўкканлигидан далолат беради.

Миснинг тўлиқ ажралганлигига ишонч ҳосил қилгач, токни узмасдан электродлар ювилади. 150 мл сиғимли стакандаги дистилланган сувга электродлар тез ўтказилади. Электродлар сувга тўлиқ ботиши лозим. 1-2 минут ўтгач ювиш такрорланади. Сувни алмаштириш анодда кислород пуфакчаларини ажралиши тўхтагунча 3-4 марта такрорланади. Шундан кейингина электр токи узилади. Катод спирт ва эфир билан ювилиб, муфел печида қуритилади. Катод массаси аниқлангач, яна қуритилиб, яна тортиб қўрилади (доимий массага келгунча бу иш такрорланади). Катоднинг электролизгача бўлган массаси ва электролиздан кейинги массаси орасидаги фарқ бўйича мис миқдори ҳисобланади.

Текшириш тугагандан кейин электродларни тозалаш учун уларни мис батамом эриб кетгунча  $\text{HNO}_3$  нинг суюл-

тирилган (1:1) қайноқ эритмасига ботириб турилади. Сўнгра электродларни аввал водопровод суви, кейин дистилланган сув билан яхшилаб ювилади.

## АНАЛИЗНИНГ ПОТЕНЦИОМЕТРИК МЕТОДИ

Потенциометрик метод электрод потенциалини титрланаётган ион концентрациясига боғлиқ равишда қийматининг ўзгаришини ўлчашга асосланган. Электрод потенциалини ионлар концентрациясига боғлиқлиги Нернст тенгламаси билан ифодаланади:

$$E_x = E_0 + \frac{0,059}{n} \lg C$$

Кумуш ионларининг маълум концентрацияли эритма-ни кумуш симни туширилса, унинг потенциали ушбу тенглама бўйича топилади:

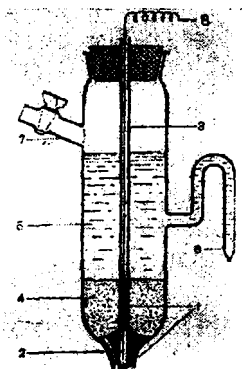
$$E_x = E_0 + 0,059 \lg[Ag^+]$$

Редокс – потенциаллар жадвалидан  $Ag^+ + e = Ag$  реакция учун  $E_0 = 0,80$  В эканлигини топамиз. Тенгламанинг иккинчи қисми қиймати кумуш ионлари концентрациясига боғлиқ бўлади.

Аниқланувчи ионнинг концентрацияси тўғрисида потенциалнинг қиймати асосида ҳулоса чиқариладиган электродни **индикатор электрод** деб юритилади. Индикатор электроднинг потенциали қиймати солиштириш электроди деб аталувчи бошқа электрод потенциалига солиштириб топилади. Солиштириш электродининг потенциали аниқланувчи ионлар концентрацияларига боғлиқ ҳолда ўзгармаслиги лозим. Бундай шароитга жавоб бера оладиган электрод сифатида стандарт водород электродни кўрсатиш мумкин, уни потенциал шартли равишда нолга тенг деб қабул қилинган.

Индикатор электрод ва стандарт водород электроддан тузилган галваник элементнинг электр юритувчи кучи, индикатор электроднинг потенциалига тенг бўлади:

$$E_x = E_{инд} - E_{в.эл}, \quad E_x = E_{инд} - 0 \quad \text{ёки} \quad E_x = E_{инд}$$



35-рasm. Каломел электрод.  
 1-симоб қавати; 2-платина  
 сим; 3-шиша най; 4-каломел  
 қавати; 5-KClнинг тўйинган  
 эритмаси; 6-сифон; 7-ёнбош-  
 даги най; 8-электродни занжир-  
 га улуш учун мис сим.

Потенциометрик метод-  
 да, одатда, водород электрод-  
 дан эмас (ундан фойдаланиш  
 қийинроқ бўлганлиги сабаб-  
 ли), балки каломел электрод-  
 дан фойдаланилади. Каломел  
 электрод сифони бор шиша  
 идишдан иборат. Идишнинг  
 тагига симоб жойлаштирила-  
 ди ва бу симоб шиша найга  
 кавшарланган платина сим  
 орқали занжирнинг ташқи  
 қисми билан контактда бўла-  
 ди. Каломел ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) қавати  
 жойлаштирилади. Идишнинг  
 қолган қисми KCl нинг  
 тўйинган эритмаси билан  
 тўлдирилади. Бундай элек-  
 троднинг потенциали эрит-  
 мадаги  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  ионлари кон-

центрациясига боғлиқ бўлади. Симоб устидаги эритмада калий  
 хлориднинг тўйинган эритмаси бўлганлиги сабабли  $\text{Cl}^-$  ион-  
 лари концентрацияси ўзгармасдир, бинобарин  $[\text{Hg}_2]^{2+}$  ион-  
 ларининг концентрацияси ҳам доимийдир. Шундай қилиб,  
 каломел электроднинг потенциали доимийдир.

Индикатор электроднинг потенциални топиш учун уни  
 каломел электрод билан бирлаштириб, ҳосил бўлган ячей-  
 кани ўлчаш асбоби-потенциометрга уланали. Агар ўлчаш  
 кучли электролитлар эритмасида олиб борилса, электрод  
 потенциали, масалан кумуш электроди потенциали ион-  
 лар активлигининг функцияси ҳисобланади:

$$E_x = E_0 + 0,059 \lg a_{\text{Ag}^+}$$

Бинобарин, ионлар активлигини потенциал  $E_x$  нинг  
 қиймати бўйича аниқлаш мумкин.

Потенциометрик титрлашда электрод потенциалининг  
 қиймати кимёвий реакциянинг бориши жараёнида ўлча-  
 нади. Титрлашнинг охири нўқтаси электрод потенциални-  
 нинг сакраб ўзгаришига мос келади.

## 25.9. Эритмадаги йодид ва хлоридларни биргаликдаги иштирокида аниқлаш

Галогенидлар аралашмаси эритмасидаги миқдорларини аниқлаш потенциални икки сакраб ўзгариши асосида амалга оширилади.

Титрлашни кумуш нитратнинг стандарт эритмаси билан кумуш индикатор электроди ва тўйинган каломел электроди иштирокида компенсация методини қўллаб амалга оширилади. Аввало  $\text{Ag}^+$  ва  $\text{I}^-$  ионлари ўртасида реакция боради. Бунда,  $E_{\text{кал.эл.}} > E^0 \text{AgI/I}^-$ , бўлганлиги учун кумуш электрод потенциометрнинг минус (-) клеммасига уланади.  $\text{I}^-$  ионларининг ҳаммаси боғланганда ва  $\text{Ag}^+$  ионлари билан  $\text{Cl}^-$  ионлари ўртасида реакция бошланганда индикатор электроднинг потенциали қиймати тўйинган каломел электродникига нисбатан мусбатроқ қийматга эга бўлиб қолади, бу электродларнинг потенциометрга уланган клеммаларини алмаштириш заруриятини келтириб чиқаради. Шунингдек, кумуш йодид чўкмасининг  $\text{I}^-$  ионларини адсорбилашини ҳам ҳисобга олиш керак. Шу сабабли, титрлашни галогенид ионларини адсорбиланишига халақит берувчи кучли электролит  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  ёки  $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  иштирокида олиб борилади. Хлоридлар ёки уларни бошқа галогенидлар билан аралашмасини аниқлашда калий нитрат ёки калий сульфатнинг тўйинган эритмаси билан тўлдирилган кўприкдан фойдаланилади, борди-ю калий хлориднинг тўйинган эритмасидан фойдаланилса,  $\text{Cl}^-$  ионлари титрланувчи эритмага диффузияланиб ўтиши мумкин.

Ҳар бир титрлашдан олдин индикатор электроди кумуш галогенидлар чўкмасидан тозаланади, бунинг учун электрод аммиакнинг 10% ли эритмасига тушириб қўйилади, сўнг дистилланган сув билан ювилади.

Титрлаш учун ишлатиладиган стаканга маълум ҳажмда пипетка ёрдамида ўлчаниб текширилладиган эритмадан солинади, устига шунча ҳажмда барий нитрат ёки барий ацетатнинг 10% ли эритмасидан қўшилади.

Дастлабки титрлаш ўтказилиб, потенциалнинг иккита сакраб ўзгариши аниқлаб олинади. Сўнг стандарт эритмадан 2 томчидан қўшиб иккала сакраб ўзгаришини топиш учун аниқ титрлаш ўтказилади.

Потенциалнинг биринчи сакраб ўзгаришига мос келадиган стандарт эритманинг ҳажми ( $V_1$ ) текшириладиган эритмадаги  $J^-$  ионлари миқдорини топишга имкон беради. Стандарт эритманинг потенциалнинг иккинчи сакраб ўзгарувчи қиймати асосида белгиланган умумий ҳажми ( $V_2$ ) текшириладиган эритмадаги  $Cl^-$  ва  $J^-$  ионлари миқдорига мос келиб, умумий ҳажмдан  $V_1$  ни айирмаси ( $V_2 - V_1$ ) асосида эритмадаги  $Cl^-$  ионлари миқдори ҳисоблаб топилади.

## **АНАЛИЗНИНГ ПОЛЯРОГРАФИК МЕТОДИ**

Полярофик метод текшириладиган эритмани томчилатиб турувчи симоб катодга эга бўлган ускуна-полярографда узулуксиз ўсиб борадиган кучланишда электролиз қилишга асосланган. Кучланишнинг ўзгариши билан эритмадан ўтаётган ток кучини ўзгариши йўлини ифодаловчи полярографик (вольт-ампер) эгри чизиқлари олинади.

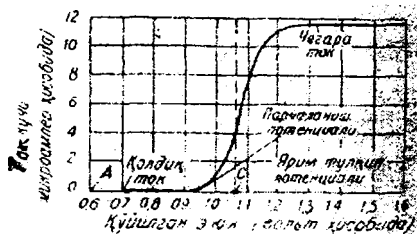
Текшириладиган эритмага туширилган электродларга кучланиш берилиб, уни секин-аста ошириб борилса, аввал эритма орқали ток деярли ўтмайди. Текшириладиган электролитнинг ажралишига етарли даражада кучланиши оширилганда, ток кучи кескин ошади. Кучланишнинг ана шу қийматини ажралиш потенциали деб номланади. Элементнинг иони электрод потенциалининг маълум бир қийматида қайтарилади.

Полярографик методнинг асосий талабларидан бири электродлардаги ток зичлигининг бир-биридан катта фарқ қилишидир. Бунга эришиш учун қайтарилиш билан борадиган электрохимик реакция кетадиган электрод (индикатор электрод) кичик юзага эга бўлиши керак. Бунинг учун кўпинча томчилайдиган симоб электрод ёки қаттиқ микроэлектродлар (платина, графит)дан фойдаланилади. Иккинчи электрод (солиштириш электроди) катта юзага эга бўлиши лозим. Бундай электрод вазифасини ёки электролизёр тагидаги симоб ёки бўлмаса каломел электрод бажариши мумкин.

Электролитик ячейкага берилган кучланиш катод ва анодда қутбланиш вужудга келтиради, шунингдек, эритмадан ток ўтишига сарфланади.

$$E = E_a - E_k + iR$$

Бу ерда:  $E_a$ ,  $E_k$  – анод ва катоднинг потенциаллари.



36-расм. Полярографик эгри чизик.

Агар эритмада индифферент электролит иштирок этса,  $R$  нинг қиймати жуда кичик бўлади ва  $iR$  ни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Аноднинг юзаси жуда катталигини ҳисобга олинса, унинг кутбланиши ўта кичик бўлиб, бунда  $E = E_k$ . Шундай

қилиб, ташқи кучланишнинг ўзгариши амалда катод потенциалининг ўзгаришига олиб келади.  $E_k$  нинг аста-секин ўзгаришига қараб волт-ампер эгри чизиги (полярографик эгри чизик, полярографик тўлқин) олиш мумкин. Абсцисса ўқида  $E_k$  кучланишининг қийматлари жойлаштирилади, ординат ўқида ток кучи қийматлари жойлаштирилади.

Аввал ток кучи жуда кам (қолдиқ ток) бўлиб, кучланишнинг ошиши билан занжирдаги ток кучининг ўзгариши кузатилмайди. Эгри чизикнинг бу қисмида текширилётган модданинг ажралиш потенциали қийматига эришилмайди, электролиз бормайди. Бу қийматдан кучланиш ошиши билан ток кучи жуда тез ортиб боради ва эгри чизик юқорига тикроқ кўтарила бошлайди. Эгри чизикнинг бу бўлаги электролиз жараёни бораётганлигини ифодалайди:



Амалгама билан қопланган симоб томчиси ўз оғирлиги билан идиш тубига тушади, электролиз эса симобнинг янги томчисида давом этади. Бир оз вақтдан сўнг ток кучининг ортиб бориш жараёни тўхтайтилади ва эгри чизик горизонтал кўринишга эга бўлиб, абсцисса ўқида параллел бўлиб қолади. Бу вақтда электрод юзасига аниқланувчи модданинг келиши диффузия жараёнига боғлиқ бўлиб қолади, унинг бориш тезлиги модданинг электрод юзасидаги ва эритманинг бутун массасидаги концентрацияга боғлиқ бўлиб қолади.

Потенциалнинг қандайдир қийматига эришилганда вақт бирлиги ичида электрохимий реакцияга киришаётган заррачалар сони электродга эритмадан диффузияланиб келаётган заррачалар сонига тенг бўлиб қолади. Концентрацион кутбланиш ҳолати вужудга келиб, бунда ток кучи қиймати доимий бўлиб қолади. Диффузия ҳисобига электрод юзасига келувчи текширилаётган модда ионларининг ҳаммаси тўлиқ зарядсизланадиган шундай ток кучини диффузион ёки чегара ток деб номланади.

Юқори концентрацияли эритмадан нисбатан кам концентрацияли эритмага ионларнинг диффузияси тезлиги иккала эритма концентрациялари орасидаги фарққа пропорционалдир. Шунинг учун диффузион ток эритмадаги текшириладиган ионнинг концентрациясига пропорционалдир. Диффузион ток кучининг концентрацияга боғлиқлиги Илкович тенгламаси билан ифодаланади:

$$J_{\text{диф}} = 605 D^{1/2} n m^{2/3} t^{1/6} C$$

Бу ерда:  $J_{\text{диф}}$  – диффузион ток ( $\text{мкА} = 10^{-6} \text{А}$ );

$D$  – ионнинг диффузия коэффициенти ( $\text{см}^2 \text{сек}^{-1}$ );

$n$  – ионнинг қайтирилишдаги қабул қилган электронлар сони;

$m$  – капиллярдан 1 секундда оқиб тушадиган симобнинг массаси ( $\text{мг}$ );

$t$  – томиш даври (секунд);

$C$  – аниқланувчи ионнинг концентрацияси ( $\text{мол/л}$ ).

Бир ва айна ион учун бир хил шароитларда диффузион токнинг концентрацияга чизиқли боғланишдан  $J_{\text{диф}} = kC$  фойдаланилади.

Бироқ, бу тенгламани амалий жиҳатдан модданинг аниқ миқдорларини аниқлашда қўллаш қийинчилик туғдиради, чунки бу ҳолда бир қатор қийматлар (диффузия коэффициенти ва бошқалар)ни билиш керак бўлади. Шу сабабли миқдорий аниқлашларда кўпинча бошқа методлар (даражаланган график методи, солиштириш методи ва қўшимчалар қўшиш методи) қўлланилади.

Поляграфик эгри чизиқнинг қия қисмининг ўртасидаги нуқтадан абсцисса ўқига перпендикуляр туширилса,



чегара токнинг ярмига мос келадиган потенциалнинг қий-  
матига эга бўлинади. Бундай потенциални ярим тўлқин  
потенциали деб аталади. Ярим тўлқин потенциални концен-  
трацияга боғлиқ бўлмай, қайтариловчи ион табиатига боғ-  
лиқ бўлади. Шунинг учун ярим тўлқин потенциалнинг  
қиймати бўйича эритмада иштирок этувчи ионни сифат  
жиҳатдан топиш мумкин.

Полярографик тўлқин баландлиги чегара токни ифода-  
лайди ва у катодда қайтариладиган ионнинг концентрациясига  
тўғри пропорционал бўлганлиги учун текшириладиган мод-  
данинг концентрациясини топишга имкон беради.

Полярографик анализни бажаришда **полярограф** деб  
номланувчи ўлчов асбобларидан фойдаланилади. Миқдо-  
рий полярографик аниқлашларда қуйидаги методлардан  
фойдаланилади:

1. **Даражаланган график методи.** Бу методда аниқ маъ-  
лум бўлган концентрациядаги текширилувчи иони бор бир  
неча стандарт эритмаларнинг полярограммалари олинади.  
Тўлқин баландлиги ва концентрациялар асосида даража-  
ланган график тузилади. Сўнг текшириладиган эритманинг  
полярографик тўлқини ўлчанади ва даражаланган график  
ёздамида тўлқин баландлиги асосида аниқланувчи ионнинг  
концентрацияси топилади.

2. **Солиштириш методи** қўлланилганда фақат битта аниқ-  
ланувчи ионнинг концентрацияси аниқ бўлган стандарт  
эритма ( $C_{ст}$ ) нинг полярограммаси олинади. Сўнг шу ион  
бўлган текшириладиган эритманинг полярограммаси  
олинади. Полярографик тўлқинларнинг баландлигини  $h_{ст}$  ва  
 $h_x$  билан белгилаб, пропорция тузиш мумкин:

$$\frac{C_x}{C_{ст}} = \frac{h_x}{h_{ст}}$$

Бу ердан эритмадаги ионнинг қидириладиган концентра-  
цияси ( $C_x$ ) топилади:

$$C_x = C_{ст} \cdot h_x / h_{ст}$$

**3. Қўшимчалар қўшиш методи.** Электролизёрга текшириладиган эритмадан аниқ ўлчамдаги ҳажмда солинади ва текшириლაётган модда (ион)нинг полярограммаси олинади. Сўнгра шу эритмага 1-3 мл аниқланувчи модданинг стандарт эритмасидан қўшилиб, яна полярограммаси олинади. Текшириლაётган эритманинг концентрацияси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\frac{C_{\text{текш}}}{C_{\text{ст}}} = \frac{h_{\text{текш}}}{h_{\text{ст}}} (h_{\text{ст}} = h_{\text{умум}} - h_{\text{текш}})$$

Бу ерда:  $h_{\text{умум}}$  – синалаётган эритма билан қўшилган стандарт эритманинг биргаликдаги тўлқини баландлиги;

$C_{\text{ст}}$  – қўшилаётган стандарт эритманинг концентрацияси;

$C_{\text{текш}}$  қуйидагича топилади:

$$C_{\text{текш}} = \frac{C_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}}}{V_{\text{ст}} + V_{\text{текш}}}$$

Бу ерда:  $V_{\text{ст}}$  – электролизёрга қўшилган стандарт эритманинг ҳажми (мл);

$V_{\text{текш}}$  – электролизёрга солинган текшириладиган эритманинг ҳажми (мл);

$C_{\text{ст}}$  – стандарт эритманинг бошланғич концентрацияси.

### **25.10. Эритмадаги рух(II) иони миқдорини солиштириш методи билан аниқлаш**

Сигими 50 мл бўлган ўлчов колбасига концентрацияси 0,5 мг/мл бўлган рух сульфат  $ZnSO_4$  эритмасидан 10 мл солиб, устига 20 томчи желатина томизилади ва эритма ҳажми колба белгисигача калий хлориднинг 1N эритмасидан қўшилиб етказилади. Тайёрланган эритма яхшилаб чайқатилади. Бу тайёр бўлган стандарт эритманинг концентрацияси

$$C_{\text{ст}} = 0,5 \cdot \frac{10}{50} = 0,1 \text{ мг / мл}$$

бўлади. Сўнг шу стандарт эритмадан тоза электролизёрга 20–25 мл солинади, 15-20 минут давомида эритмадан тоза водород ўтказилади. Шундан сўнг полярограмма олиб, у асосида график тузилади ва тўлқин баландлиги аниқланади.

Бошқа сифими 50 мл бўлган ўлчов колбасига концентрацияси номаълум бўлган рух сульфат эритмаси солинади, 20 томчи желатина қўзилади ва эритма ҳажми калий хлориднинг 1N эритмасидан қўшиб колба белгисигача етказилади, яхшилаб аралаштирилади. Бу эритмадан тоза электролизёрга 20–25 мл қуйилади, эритма орқали 15–20 минут водород ўтказилади, сўнг полярограммаси олинади. График асосида тўлқиннинг баландлиги топилади. Рух (II) иони ( $Zn^{2+}$ )нинг концентрацияси қуйидаги формуладан топилади:

$$\frac{C_{cm}}{h_{cm}} = \frac{C_{текш}}{h_{текш}} \text{ бу ердан } C_{текш} = h_{текш} \frac{C_{cm}}{h_{cm}}$$

## Саволлар

1. Миқдорий анализнинг физик ва физик-кимёвий методларининг кимёвий методларига нисбатан афзаллиги нималардан иборат?
2. Анализнинг физик методларининг моҳияти нимадан иборат?
3. Қандай методлар физик-кимёвий методлар деб аталади?
4. Анализнинг физик ва физик-кимёвий методларини қандай гуруҳларга бўлиш мумкин?
5. Анализнинг электрокимёвий методлари қандай турларга ажратилади?
6. Анализнинг оптик (спектрал) методларига кирувчи усулларни тавсифини келтиринг?
7. Анализнинг хроматографик методининг моҳиятини тушунтиринг?
8. Анализнинг радиометрик методлари нимага асосланади?
9. Оптик методларнинг умумий тавсифи ва спектрофотометрия, колориметрия ва фотоколориметрия методлари ҳақида тушунча беринг.

10. Ёруғликнинг ютилиш қонунларига қайси қонунлар киради?
11. Эритманинг оптик зичлиги қандай катталиқ ва у қайси формула бўйича ҳисобланади?
12. Колориметриянинг визуал методлари қандай гуруҳларга бўлинади?
13. Фотоколориметриянинг моҳияти қандай?
14. Колориметрик методдан фойдаланишнинг сабаби бу методнинг қайси хусусиятларига боғлиқ эканлигини тушунтириб беринг.
15. Қандай эритмалар колориметрияда стандарт эритмалар деб юритилади?
16. Стандарт сериялар методининг моҳияти нимадан иборат?
17. Тенглаштириш методининг моҳияти нимадан иборат?
18. Электрогравиметрик анализнинг моҳияти нимадан иборат?
19. Электрогравиметрик анализда ишлатиладиган электродлар қандай хоссаларга эга бўлиши керак?
20. Анализнинг потенциометрик методи нимага асосланган?
21. Солиштириш электродлари — стандарт водород электроди ва колломел электродининг тузилиши қандай?
22. Полярографик анализ методининг моҳияти нимадан иборат?
23. Полярографик анализни олиб боришнинг асосий шартлари нималардан иборат?
24. Полярографик тўлқин нимани ифодалайди ва унинг баландлиги қандай омилга боғлиқ бўлади?
25. Миқдорий полярографик аниқлашларда қандай анализ методлари қўлланилади?

## Тестлар

1. 1 мл да 1 мг  $\text{Cu}^{2+}$  бўлган 1000 мл стандарт эритма тайёрлаш учун кимёвий тоза  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  дан неча грамм олиш керак?
  - А) 3,9270 г;
  - В) 39,270 г;
  - С) 1,9635 г;

- Д) 1,096 г;
- Е) 0,39270 г.

2. Таркибида маълум миқдорда  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  бўлган 2,00 г моддадан  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  ионлари ҳисобига қизил рангли 100 мл эритма тайёрланди. Стандарт сериялар методи бўйича колориметрик аниқлашда бу эритманинг ранги 1 мл да 0,1 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  сақловчи эритма рангига мос келди. Модда таркибидаги  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  нинг фоиз таркибини ҳисобланг.

- А) 50%;
- В) 0,5%;
- С) 2,5%;
- Д) 0,05%;
- Е) 5,0%.

3. Агар суюлтирилган стандарт эритманинг 1 литрида 0,005 г аниқланувчи элемент бўлиб, стандарт эритма рангини текшириладиган эритма ранги билан тенглаштириш учун 20,00 мл стандарт эритмани 24,00 мл гача суюлтиришга тўғри келган бўлса, аниқланувчи элементни текшириладиган эритмадаги концентрацияси қандай?

- А) 0,5 г/л;
- В) 0,05 г/л;
- С) 0,005 г/л;
- Д) 0,0025 г/л;
- Е) 5,0 г/л.

4. Колориметрда солиштириб кўриладиган эритмалардан бирининг концентрацияси 0,02 мг/мл, эритма қаватининг баландлиги эса 10 мм. Агар иккинчи эритмада ўша рангдор модданинг концентрацияси 0,015 мг/мл бўлса, бу эритма қавати қандай баландликда бўлганда унинг ранги колориметрда худди биринчи эритма ранги каби бўлиб кўринадиди?

- А) 10,1 мм;
- В) 15,6 мм;
- С) 18,0 мм;
- Д) 13,3 мм;
- Е) 8,8 мм.

5. Модданинг 5 грами сизими 250 мл ўлчов колбасида сувда эритилган. Сўнгра бу эритмадан 50,00 мл олиниб, у яна 1 литргача суюлтирилган. Ана шу суюлтирилган эритмадаги  $\text{Fe}^{3+}$  миқдорини аниқлаш учун эритма колориметрик усулда (тенглаштириш методи билан) текширилган. Стандарт эритмада 0,01 мг/мл  $\text{Fe}^{3+}$  бўлган; стандарт эритма қаватининг баландлиги 30 мм бўлганда унинг ранги қават қалинлиги 40 мм бўлган эритма ранги билан бирдек бўлган. Бу моддадаги темирнинг фоиз миқдорини ҳисобланг.

- A) 0,25%;
- B) 0,50%;
- C) 2,5%;
- D) 1,25%;
- E) 0,75%.

6.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  эритмасининг концентрацияси 0,037 мол/л бўлиб, бу эритма қаватининг баландлиги 14,4 см га тенг. Текшириладиган калий бихромат бор эритма қаватининг баландлиги 15,1 см бўлса,  $C_{\text{текш}}$  ни ҳисобланг.

- A) 0,035 мол/л;
- B) 0,037 мол/л;
- C) 0,37 мол/л;
- D) 0,053 мол/л;
- E) 0,0175 мол/л.

7.  $\text{NiSO}_4$  эритмаси қаватининг баландлиги  $h_{\text{станд}} = 3,22$  см бўлиб, унинг концентрацияси 0,062 мол/л га тенг. Таркибида  $\text{NiSO}_4$  бўлган текшириладиган эритма қаватининг баландлиги  $h_{\text{текш}} = 2,88$  см бўлса, синаладиган  $\text{NiSO}_4$  эритмасининг концентрацияси қандай бўлади?

- A) 0,062 мол/л;
- B) 0,031 мол/л;
- C) 0,0693 мол/л;
- D) 0,693 мол/л;
- E) 0,620 мол/л.

8. Ботирма колориметрда  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари аммоний роданид  $\text{NH}_4\text{SCN}$  иштирокида эритмадан топилди. Текширилаётган эритманинг баландлиги 27,9 мм ва стандарт эритманинг баландлиги 30,3 мм бўлганда рангнинг бир хиллиги кузатилади.

Стандарт эритмада 100 мг/л темир бўлса, текшириладиган эритмадаги  $\text{Fe}^{3+}$  ионлари миқдорини ҳисобланг.

- А) 105,7 мг/л;
- В) 100,7 мг/л;
- С) 107,5 мг/л;
- Д) 10,75 мг/л;
- Е) 1,057 мг/л.

9. Солиштирилаётган эритмаларидан бирининг концентрацияси 0,002 мг/мл, эритма қаватининг баландлиги 10 мм. Бошқа шу модда эритмасининг концентрацияси 0,0015 мг/мл бўлса, эритма қавати баландлиги қандай бўлса, айти эритма ранги биринчи эритмани рангидек бўлади?

- А) 133 мм;
- В) 10,3 мм;
- С) 1,33 мм;
- Д) 13,3 мм;
- Е) 31,3 мм.

10. Сувдаги  $\text{NH}_4^+$  иони Несслер реактиви билан ботирма колориметрда аниқланди. Текширилаётган сувнинг ранги қуюқлиги қават баландлиги 38 мм бўлганда, қаватининг баландлиги 34 мм бўлган стандарт эритманинг рангига тенглашди. Стандарт эритма 4 мг/л аммоний нитрат  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  бўлса, сувдаги  $\text{NH}_4^+$  ионлари миқдорини ҳисобланг.

- А) 1,79 мг/л;
- В) 35,8 мг/л;
- С) 8,35 мг/л;
- Д) 5,38 мг/л;
- Е) 3,58 мг/л.

11. Тортими 1,000 г бўлган қотишма эритилди ва керакли ишловдан кейин ўз таркибида  $\text{HMnO}_4$  ҳолидаги марганец бор 300,00 мл эритма ҳосил қилинди. Стандарт эритма сифатида калий перманганатнинг 0,0100 N эритмасидан фойдаланилади. Рангнинг бир хиллиги эритмаларнинг баландлиги мутаносиб тарзда 5,00 см ва 8,49 см бўлганда кузатилди. қотишмадаги марганецнинг масса қисми(%)ни ҳисобланг.

- А) 1,89%;
- В) 1,98%;

- С) 8,19%;
- Д) 0,189%;
- Е) 18,9%.

12. Эритманинг оптик зичлиги кюветадаги қаватининг қалинлиги 2 см бўлганда 0,14 га тенг. Эритманинг моляр ютиш коэффициенти 4650 га тенг бўлса, 1 литр эритмада қанча мис ионлари бўлади?

- А) 9,60 мг;
- В) 0,96 мг;
- С) 0,69 мг;
- Д) 0,48 мг;
- Е) 6,90 мг.

13. Мис қотишмасининг тортими 0,650 г бўлган намунаси эритилгач, аммиак эритмаси билан таъсирлашганда 500 мл рангли эритма ҳосил қилинди. Бу эритманинг кюветадаги қалинлиги 2 см бўлгандаги оптик зичлиги 0,254 га тенг бўлди. Агар моляр ютиш коэффициенти 423 бўлса, қотишмадаги мис масса қисмини (%) аниқланг.

- А) 2,92%;
- В) 4,61%;
- С) 1,46%;
- Д) 14,6%;
- Е) 0,73%.

14. Ток кучи 3,85 А бўлганда 15 минутда катодда қанча никел ажралиб чиқади?

- А) 1,54 г;
- В) 1,054 г;
- С) 15,4 г;
- Д) 0,77 г;
- Е) 0,154 г.

15. Ток кучи 2,5 А бўлганда 12 минутда қанча кадмий сульфатни парчалаш мумкин?

- А) 0,1944 г;
- В) 0,972 г;
- С) 19,44 г;
- Д) 1,944 г;



Е) 4,491 г.

16. Ток кучи 2,3 А бўлганда  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  эритмасининг электролизда 6 минутда неча миллилитр водород ажралиб чиқади?

- А) 96 мл;
- В) 9,6 мл;
- С) 6,9 мл;
- Д) 48 мл;
- Е) 960 мл.

17. 2,456 г  $\text{ZnCl}_2$  ни кучи 5 А бўлган электр токи билан парчалаш учун рух хлорид эритмаси орқали неча минут электр токи ўтказиб туриш керак?

- А) 5,75 минут;
- В) 6,5 минут;
- С) 115 минут;
- Д) 1,15 минут;
- Е) 11,5 минут.

18. Ток кучи 0,45 А бўлганда 0,2 г никел ажратиб олиш учун қанча вақт керак бўлади?

- А) 24 минут;
- В) 36 минут;
- С) 4,2 минут;
- Д) 12 минут;
- Е) 48 минут.

19. 70 минутда 0,2345 г рух ажратиб олиш учун қандай микдордаги ток кучи зарур бўлади?

- А) 0,1468 А;
- В) 0,1648 А;
- С) 1,6480 А;
- Д) 16,480 А;
- Е) 0,0324 А.

20. Ток бўйича унум 90% га тенг бўлса, мис купороси эритмасидан ток кучи 0,2 А бўлганда 75 минутда электролиз натижасида неча грамм мис ажралиб чиқади?

- А) 2,6680 г;

- В) 0,6268 г;
- С) 0,2668 г;
- Д) 0,1334 г;
- Е) 0,3143 г.

21.  $\text{CuSO}_4$  эритмасини 16 минут 40 секунд давомиди 1,5 А ток кучи билан электролиз қилинганда катодда қанча мис метали ажралади?

- А) 9,440 г;
- В) 0,247 г;
- С) 4,494 г;
- Д) 0,494 г;
- Е) 0,944 г.

22.  $\text{AgNO}_3$  эритмаси орқали 3 А га тенг ток кучи ўтказилганда, катодда 1,0г қумуш ажралиши учун қанча вақт керак бўлади?

- А) 4 минут;
- В) 50 минут;
- С) 2,5 минут;
- Д) 0,5 минут;
- Е) 5 минут.

## Бахтсизлик ҳолатларида биринчи ёрдам кўрсатиш

Қандай бахтсизлик юз беришидан қатъи назар зудлик билан шифокорни чақириш лозим. Куйида ёзилганлар фақат биринчи ёрдам сифатида қўлланилади:

**1. Куйиш:** биринчи даражали куйиш-терининг қизариши кузатилади. Куйган жойга 90-96%ли этил спирт билан ҳўлланган пахта қўйилади, бу бир неча марта такрорланади.

Иккинчи даражали куйишда терида пуфакчалар ҳосил бўлади; тери спирт билан юқорида кўрсатилгандек ишланади, ёки 3-5% ли  $\text{KMnO}_4$  эритмаси ёки янги тайёрланган 5%ли танин эритмаси билан тери жигаррангга киргунча ҳўлланади.

Учинчи даражали куйишда тўқималарнинг бузилиши кузатилади, бунда куйган жой стерилланган бинт билан бойланади ва шифокор чақирилади.

**2. Катта кесилишлар.** Сув билан жароҳатни ювмаслик керак! Қонни ўзи жароҳатни тозалайди. Мустаҳкам жойлашиб олган жисмлар, масалан, шиша бўлаклари шифокор иштирокисиз жароҳатдан олинмаслиги лозим. Жароҳат стерилланган қуруқ дока билан бойланади. Пахта ишлатилмаслиги керак. Агар стерилланган дока бўлмаса, фойдаланилмаган ва дазмолланган дастрўмол билан жароҳатни бойлаш ҳам мумкин. Кучли қон оқишда жароҳатдан юқори қисм қаттиқ сиқиб бойланади.

**3. Терини кислоталар, ишқорлар, бром, фосфор томонидан куйиши.** Куйган жой водопровод жўмрагидаги кучли сув оқими билан ювилади. Шундан сўнг эҳтиётлик билан (ишқор таъсирида куйганда) 1%ли сирка кислота эритмаси билан ёки (кислота таъсирида куйганда) натрий гидрокарбонатнинг 1%ли эритмаси билан куйган жой ювилади. Бром таъсирида куйганда тананинг куйган жойи бензол билан ювилади. Фосфор таъсирида куйганда тананинг куйган қисмига мис сульфатнинг 1% ли эритмасига шимдирилган дока қўйилиб, уни бир неча марта алмаштирилади.

**4. Кўз куйиши.** Бундай ҳолда кўзни доимо очиқ ҳолда ушлаб водопровод жўмрагидан мўл сув оқими билан ювиш керак бўлади. Зудлик билан шифокор чақирилади. Кўз ишқорлар таъсиридан куйса, борат кислотанинг 2%ли эритмаси

билан ювилиши, кислота таъсирида куйганда эса натрий гидрокарбонатнинг 3%ли эритмаси билан ювилиши лозим.

**5. Оғиз ва лабларнинг ишқорлар, кислоталар ва оғир металлар тузларининг эритмалари таъсирдан куйиши.** Заҳарга қарши воситалар, масалан, сут, оқсил, сули қайнатмаси истеъмол қилинади. Кислоталар таъсирида куйганда оғиз бўшлиғини бўр ёки магний оксид суспензияси билан чайилади, ишқорлар таъсирида куйганда эса оғиз бўшлиғи сирка кислотанинг 1%ли эритмаси ёки лимон шарбатининг сувли эритмаси билан чайилади.

**6. Нафас олиш йўллари яллиғлантирувчи газлар, хлор, бром, водород хлорид, азот оксидлари таъсирида заҳарланиши.** Заҳарланган одам тоза ҳавога олиб чиқилиб, безовта қилинмайди. Сув буғлари, натрий гидрокарбонат эритмасини пуркаш билан ингаляция қилинади. Кислород билан нафас олдирилади. Нафас олиш тўхтаб қолса, жабрланган сунъий нафас олдирилади.

**7. Водород сульфид, ис гази, цианид кислота, арсин гази, фосфин билан заҳарланиш.** Жабрланган тоза ҳавога олиб чиқилиб, безовта қилинмайди. Оғир аҳволда бўлса, сунъий нафас (кислород билан) олдирилади. Цианид кислота таъсирида заҳарланганда 2 г натрий тиосульфат ва 0,5 г натрий нитратнинг 50 мл сувдаги эритмаси истеъмол қилинади.

**8. Аммиакдан заҳарланиш.** Сирка ёки лимон шарбати қўшилган кўп миқдордаги сув ичирилади ва қусишга мажбур қилинади. Ўсимлик мойи, сут ёки тухум оқсили ичирилади. Аммиак буғлари билан нафас олишда заҳарланиш юз берса, жабрланган очиқ ҳавога олиб чиқилиб, уни тинч қолдирилади.

**9. Ҳар хил заҳарлар ҳисобига заҳарланиш.** Жабрланганга мис купоросининг 3%ли эритмасидан 15~25 мл ичирилиб, қусишга мажбур қилинади ва шу йўл билан заҳар ошқозондан чиқарилади.

# Иловалар

1-жадвал

## Реактивлар эритмаларини тайёрлаш

Т / Р	Номла-ниши	Формуласи	Моле-куляр массаси а.м.б.	Зичли-ги. г/мл	Фонз миқдо-ри, %	Нормал-лиги, N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
Кислоталар							
1.	Нитрат (конц.)	$\text{HNO}_3$	63,0	1,4	65,3	14,5	
2.	Нитрат (суюл.)	$\text{HNO}_3$	-	-	-	2	145,0 мл, $\rho=1,4$ , 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
3.	Сулфат (конц.)	$\text{H}_2\text{SO}_4$	98,0	1,84	95,6	36	
4.	Сулфат (суюл.)	$\text{H}_2\text{SO}_4$	-	-	9,25	2	56 мл, $\rho=1,84$ , 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
5.	Хлорид (конц.)	$\text{HCl}$	36,5	1,19	37,2	12	
6.	Хлорид (суюл.)	$\text{HCl}$	-	-	7,1	2	162 мл, $\rho=1,19$ , 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
7.	Сирка (конц.)	$\text{CH}_3\text{COOH}$	60,0	1,05	99,5	17	
8.	Сирка (суюл.)	$\text{CH}_3\text{COOH}$				2	120 мл, $\rho=1,05$ , 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
9.	Вино (суюл.)	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	150	-	-	2	150 г олиб, эритма 1литрга етгунча дист. сув қўшилади.

1-жадвалнинг давоми

Т / Р	Номланиши	Формуласи	Молекуляр массаси а.м.б.	Зичлиги, г/мл	Фоиз миқдори, %	Нормалиги, N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
<b>А с о с л а р</b>							
1.	Аммоний гидроксид (конц.)	$\text{NH}_4\text{OH}$	35,0	0,91	25	15	
2.	Аммоний гидроксид (суюл.)	$\text{NH}_4\text{OH}$	-	-	-	2	138 мл конц. аммоний гидроксидга 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
3.	Барийли сув	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	315,5	-	-	0,4	Эритма тўйинган (63 г 1 литр эритмада)
4.	Оҳакли сув	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	74,0	-	-	0,05	Эритма тўйинган (1,3 г 1 литр эритмада)
5.	Калий гидроксид (суюлт.)	$\text{KOH}$	56,0	-	-	2	112 г сувда эритилиб, ҳажми 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
6.	Натрий гидроксид	$\text{NaOH}$	40,0	-	-	6	240 г сувда эритилиб ҳажми 1 литрга етказилади.
7.	Натрий гидроксид (суюл.)	$\text{NaOH}$	40,0	-	-	2	80 г сувда эритилиб ҳажми 1 литрга етказилади.

1-жадвалнинг давоми

Г / р	Номланиши	Формуласи	Молекуляр массаси а.м.б.	Нормаллиги N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
Т у з л а р					
1.	Алюминий нитрат	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	375	0,5	62,5
2.	Алюминий хлорид	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	241,5	0,5	40,2
3.	Алюминий сульфат	$Al_2(SO_4)_3$	342	0,5	28,5
4.	Аммоний ацетат	$CH_3COONH_4$	77	4	300 г тузни сувга эритиб ҳажми 1 литрга етказилади.
5.	Аммоний карбонат	$(NH_4)_2CO_3$	96	2	96 г яхши майдаланган тузни 1 литр 2N $NH_4OH$ да эритилади.
6.	Аммоний нитрат	$NH_4NO_3$	80,0	0,5	40,0
7.	Аммоний оксалат	$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$	142	0,5	35 г туз 100 мл сувда эритилади ва эритма 1 литрга етгунча 2N $NH_4OH$ эритмаси қўшилади.
8.	Аммоний персульфат	$(NH_4)_2S_2O_8$	228	0,5	57г туз 100 мл сувда эритилиб, 1 литрга етгунча $NH_4OH$ нинг 2N эритмасидан қўшилади.
9.	Аммоний роданид	$NH_4SCN$	76	0,5	38,0
10.	Аммоний сульфат	$(NH_4)_2SO_4$	132	2	132,0
11.	Барий нитрат	$Ba(NO_3)_2$	261	0,5	62,5
12.	Барий хлорид	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	244	0,5	61,0

1-жадвалнинг давоми

13.	Висмут нитрат	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	485	0,5	80,8 г туз суюлтирилган $\text{HNO}_3$ да эритилади, эритма ҳажми дистил.сув қўшиб 1л га етказилади.
14.	Висмут хлорид	$\text{BiCl}_3$	315		52,5 г туз суюлтирилган $\text{HCl}$ да эритилиб, сув қўшиб 1литрга етказилади.
15.	Гипсли сув	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	172	-	2,5 г туз 1 литр сувда эритилади.
16.	Кадмий нитрат	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	380,5	0,5	77,1
17.	Кадмий хлорид	$\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$	228	0,5	27,0
18.	Калий нитрат	$\text{KNO}_3$	101	0,5	50,5
19.	Калий нитрит	$\text{KNO}_2$	85	0,5	42,5
20.	Калий бромид	$\text{KBr}$	119	0,5	59,5
21.	Калий дихромат	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	294	0,5	74,0
22.	Калий карбонат	$\text{K}_2\text{CO}_3$	138	0,5	34,5
23.	Калий перманганат	$\text{KMnO}_4$	158	0,05	1,6
24.	Калий роданид	$\text{KSCN}$	97	0,5	48,5
25.	Калий хлорид	$\text{KCl}$	74,5	0,5	37,25
26.	Калий хромат	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	194	0,5	48,5
27.	Калий гексациано(III)-феррат	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	329	0,5	55,0
28.	Калий гексациано(II)-феррат	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	422	0,5	52,5



1-жадвалнинг давоми

29.	Калий йодид	KJ	166	0,5	83,0
30.	Калций сульфат	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	172	-	Тўйинган эритмаси
31.	Калций хлорид	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	219	0,5	54,8
32.	Калций нитрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236	0,5	59,0
33.	Кобалт нитрат	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	291	0,5	72,8
34.	Кобалт хлорид	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	238	0,5	59,5
35.	Кумуш нитрат	$\text{AgNO}_3$	169,9	0,05	8,5 г тузни сувда эритиб, ҳажми 1 литрга етказилади.
36.	Магний хлорид	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	203	0,5	50,8
37.	Марганец нитрат	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	287	0,5	71,7
38.	Марганец сульфат	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	223,1	0,5	55,8
39.	Мис нитрат	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	242,0	0,5	62,5
40.	Мис сульфат	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	250,0	0,5	62,5
41.	Натрий нитрит	$\text{NaNO}_2$	69	0,5	34,5
42.	Натрий сульфат	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	322,2	0,5	85,6
43.	Натрий сульфит	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	252,0	0,5	63,0
44.	Натрий тиосульфат	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	248,2	0,5	62,0
45.	Натрий хлорид	$\text{NaCl}$	58,5	0,5	29,25
46.	Натрий карбонат	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	286	0,5	71,5
47.	Натрий ацетат	$\text{CH}_3\text{COONa}$	136,0	1,0	136
48.	Натрий гидро-тарtrat	$\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	172	1,0	172
49.	Натрий гидро-фосфат	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	358	0,5	59,7
50.	Натрий карбонат	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	106	0,5	26,5
51.	Никел нитрат	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	290,8	0,5	72,7
52.	Никел сульфат	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	281	0,5	70,2
53.	Рух нитрат	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	297,5	0,5	74,4
54.	Рух хлорид	$\text{ZnCl}_2$	136	0,5	34,0
55.	Симоб (I)-нитрат	$\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	561,3	0,2	56,1 г тузни $\text{HNO}_3$ нинг 2N эритмасидан 120 мл да эритиб, 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.

1-жадвалнинг давоми

56.	Симоб(II)-нитрат	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	343	0,2	34,3 г тузни $\text{HNO}_3$ нинг 2N эритмасидан 100 мл да эритиб, 1 литрга етгунча дистл. сув қўшилади.
57.	Симоб(II)-хлорид	$\text{HgCl}_2$	271,5	0,2	27,2=
58.	Стронций нитрат	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	211,6	0,5	52,9
59.	Стронций хлорид	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	266,6	0,5	66,7
60.	Сурма(III)-хлорид	$\text{SbCl}_3$	228,1	0,5	38,2 г $\text{SbCl}_3$ ни $\text{HCl}$ нинг 4N эритмасидан 150 мл қўшиб эритилади ва $\text{HCl}$ 1N эритмасидан қўшиб 1 л гача суюлтирилади.
61.	Хром(III)-сулфат	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	716,5	0,5	59,7
62.	Хром (III)-хлорид	$\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	266	0,5	44,3
63.	Қалай (II)-хлорид	$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	225,6	0,5	56,4 г тузни 250 мл конц. $\text{HCl}$ да эритиб 1 литрга етгунча дист. сув қўшиб суюлтирилади.
64.	Кўрғошин ацетат	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	379,3	0,5	94,7 г туз суюлтирилган $\text{CH}_3\text{COOH}$ да эритилиб, 1 литрга етгунча дист. сув қўшилади.
65.	Кўрғошин нитрат	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	331,2	0,5	82,8

## Ионларни топиш учун махсус реактивлар

№	Номланиши	Тайёрлаш
1.	Ализарин $\text{Cl}_4\text{H}_2\text{O}_2(\text{OH})_2\text{SO}_3\text{Na}$	0,1% ли сувли эритмаси ёки 96% ли этил спиртидаги тўйинган эритмаси.
2.	Алюминон $\text{C}_{22}\text{H}_{11}\text{O}_9(\text{NH}_4)_3$	0,5г алюминон 500 ли сувда эритилади (0,1% ли эритма)
3.	Аммоний молибдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	70 г аммоний молибдат 55 мл 25% ли аммиак эритмаси ва 2б5 мл сув аралашмасида эритилади. Устига 270 мл $\text{HNO}_3$ ( $\rho=1,2$ г/мл) ва 400 мл сув аралашмаси қўшилади. 2 сутка тинч қолдирилиб, сўнг тиниқ эритма бошқа идишга солинади.
4.	Аммоний сульфид $(\text{NH}_4)_2\text{S}$	200 мл конц. аммиак эритмаси водород сульфид билан тўйинтирилади; яна 200 мл конц. аммиак эритмаси қўшиб, дистилланган сув билан 1 литр гача суёлтирилади.
5.	Аммоний тетрароданомеркурат(II) $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$	8 г симоб (II)-хлорид ва 9 г аммоний роданид 100 мл сувда эритилади.
6.	Анилин хлоргидрати $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2\cdot\text{HCl}$	10 мл анилин ва 10 мл $\text{HCl}$ ( $\rho=1,19$ г/мл) аралаштирилади.
7.	Бромли сув	1 мл бром суюқлиги 100 мл сувда эритилади.
8.	Диметилиоксим (Чугаев) реактиви $(\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_2\text{O}_2)$	1 г диметилглиоксимни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
9.	Дитизон $\text{SC}(\text{N}_2\text{HC}_6\text{H}_5)_2$	0,01 г дитизонни 100 мл $\text{CCl}_4$ (ёки $\text{CHCl}_3$ ) да эритилади.
10.	Дифенил карбазид $\text{OC}(\text{NH}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5)_2$	1 г реагентни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
11.	Дифениламин $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$	1 г дифениламин 100 мл конц. $\text{H}_2\text{SO}_4$ ( $\rho=1,84$ г/мл) да эритилади.
12.	Йодли сув $\text{I}_2+\text{KJ}$	1,3 г йод ва 3 г $\text{KJ}$ 10мл дист. сувда эритилади ва эритма ҳажми 1 литр га етгунча дистилланган сув қўшилади.
13.	Калий дигидроантимонат $\text{KH}_2\text{SbO}_4$	22 г тузни 1 литр дистилланган сувда иситиб эритилади, 5 минут қайнатилади, совитиб $\text{KOH}$ нинг 6N эритмасидан 35 мл қўшилади. 1 сутка тинч қолдирилади ва сўнгра филтрланади.

2-жадвалнинг давоми

№	Номланиши	Тайёрлаш
14.	Крахмал эритмаси	1 г крахмал 3-5 мл совуқ сув билан аралаштирилади. Бу аралашмага 100 мл иссиқ дистилланган сув қўшилади, қайнатилади, аралаштирилади, сўнг совитилади.
15.	Магнезиал аралашма $MgCl_2 + NH_4Cl + NH_4OH$	100 г $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ва 100 г $NH_4Cl$ дистил. сувда эритилиб, устига 50 мл 25% ли $NH_4OH$ қўшилади ва 1 литрга етгунча дистилланган сув билан суултирилади.
16.	Натрий гексанитро (III)- кобалтат $Na_3[Co(NO_2)_6]$	21 г натрий нитрит (х.т.) ва 29 г кобалт нитрит 50 мл дистилланган сувда эритилади, 1 мл 80% ли сирка кислота қўшилади, 48 соат тинч қолдирилади сўнг, филтирланиб, дистилланган сув билан 100 мл гача суултирилади ёки 40 г натрий кобалтнитрит 100мл дистилланган сувда эритилади.
17.	Натрий нитропруссид, 3% ли эритмаси $Na_4[Fe(CN)_5NO]$	3 г реактивни 97 мл дистилланган сувда эритилади.
18.	Натрий родизонат, 5% ли эритма $Na_2C_6O_6$	5 г реактивни 95 мл дистилланган сувда эритилади
19.	Несслер реактиви $K_2[HgJ_4] + KOH$	8 г калий йодид ва 11,5 г симоб(II)-йодидни 45 мл дистилланган сувда эритилади. Устига $KOH$ нинг 6N эритмасидан 50 мл қўшилади, тинч қолдирилади ва чўкма устидаги сууюклик бошқа склянкага қўйилиб, тиқини зич бекитилади.
20.	Натрий-қўрғошин гексанитро(II)-купрат $Na_2[PbCu(NO_2)_6]$	2 г натрий нитрит (х.т.), 0,09 г мис ацетат ва 1,6 г қўрғошин ацетат 16 мл дистил. сув ва 0,2 мл 30% ли сирка кислота аралашмасида эритилади.
21.	Сулфасалицил кислота, 10% ли эритмаси $HO_2S$ $C_6H_4HCOOH$	10 г кислотани 90 мл сувда эритилади.
22.	Уранил ацетат $UO_2(CH_3COO)_2$	Тузнинг 30% ли сирка кислотатаги тўйинган эритмаси.
23.	Фаурголт реактиви (кумуш-аммиакли эритма) $AgNO_3 + KNO_3 + NH_4OH$	1,7 г кумуш нитрат ва 25 г калий нитрат дистилланган сувда эритилади, 25% ли аммиак эритмасидан 17 мл қўшилади, дистилланган сув қўшиб, эритма 1 литрга стказилади.
24.	Фуксин $C_{20}H_{20}N_3Cl$	0,1 г фуксин 100 мл сувда эритилади.

## Баъзи бир индикаторлар эритмасини тайёрлаш

№	Индикаторнинг номи	pH	Тайёрлаш усули
1.	Метил зарғалдоғи (0,1% ли эритма)	3,1-4,4	0,1 г индикатор 100 мл дистилланган сувда эритилади.
2.	Метил қизил (0,1% ли эритма)	4,4-6,2	0,1 г индикаторни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
3.	Фенолфталеин (0,1% ли эритмаси)	8,0-10,0	0,1 г индикаторни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
4.	Лакмус (0,5% ли эритмаси)	5,8-8,0	0,5 г индикатор 100мл дистилланган сувда эритилади.

## 4-жадвал

## Муҳим кислоталар ва асосларнинг ионланиш константалари (25°C)

T/p	Номланиши	Формулasi	Ионланиш константаси	pK қиймати
Кислоталар				
1.	Вино	$H_2C_4H_4O_6$ >>	$K_1 = 9,1 \cdot 10^{-4}$ $K_2 = 4,3 \cdot 10^{-5}$	3,04 4,37
2.	Гипойодит	HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64
3.	Гипохлорит	HCIO	$5,0 \cdot 10^{-8}$	7,30
4.	Дихромат	$H_2Cr_2O_7$	$K_2 = 2,3 \cdot 10^{-2}$	1,64
5.	Йодат	HIO <sub>3</sub>		0,79
6.	Карбонат	$H_2CO_3$ >>	$K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$	6,35 10,32
7.	Металсиликат	$H_2SiO_3$ >>	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-10}$ $K_2 = 2,0 \cdot 10^{-12}$	10,0 11,70
8.	Нитрит	HNO <sub>2</sub>	$5,1 \cdot 10^{-6}$	5,30
9.	Ортоборат	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	$K_1 = 5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
10.	Оксалат	$H_2C_2O_4$ >>	$K_1 = 5,6 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 5,4 \cdot 10^{-5}$	1,25 4,27
11.	Ортосиликат	$H_4SiO_4$ >> >>	$K_1 = 1,3 \cdot 10^{-11}$ $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$ $K_3 = 2,0 \cdot 10^{-14}$	9,9 11,8 13,7

4-жадвалнинг давоми

T/p	Номланиши	Формуласи	Ионланиш константаси	pK қиймати
Кислоталар				
12.	Ортофосфат	$H_3PO_4$ >> >>	$K_1 = 7,6 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_3 = 4,2 \cdot 10^{-13}$	2,12 7,21 12,38
13.	Олма	$H_2C_4H_4O_5$ >>	$K_1 = 3,5 \cdot 10^{-4}$ $K_2 = 8,9 \cdot 10^{-6}$	3,46 5,05
14.	Пирофосфат	$H_4P_2O_7$ >> >>	$K_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 3,2 \cdot 10^{-3}$ $K_3 = 2,0 \cdot 10^{-7}$ $K_4 = 4,3 \cdot 10^{-10}$	1,52 2,64 6,70 9,37
15.	Роданид	HSCN	$1,4 \cdot 10^{-1}$	0,85
16.	Салицил	$C_6H_4(OH)COOH$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2,97
17.	Сирка	$CH_3COOH$	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
18.	Сулфат	$H_2SO_4$	$K_2 = 1,2 \cdot 10^{-2}$	1,94
19.	Сулфид	$H_2S$ >>	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-13}$	6,99 12,89
20.	Сулфит	$H_2SO_3$ >>	$K_1 = 1,7 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$	1,76 7,20
21.	Сулфосалицил	$C_6H_3(OH)(COOH)SO_3H$ >>	$K_2 = 1,4 \cdot 10^{-3}$ $K_3 = 1,8 \cdot 10^{-12}$	2,86 11,74
22.	Фосфорит	$H_3PO_3$ >>	$K_1 = 1,6 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 2,0 \cdot 10^{-7}$	1,80 6,70
23.	Фторид	HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$	3,17
24.	Хлорсирка	$CH_2ClCOOH$		2,86
25.	Хромат	$H_2CrO_4$ >>	$K_1 = 1,1 \cdot 10^{-1}$ $K_2 = 3,2 \cdot 10^{-7}$	0,98 6,50
26.	Қаҳрабо	$H_2C_6H_4O_4$ >>	$K_1 = 1,6 \cdot 10^{-5}$ $K_2 = 2,3 \cdot 10^{-6}$	4,21 5,63
27.	Цианид	HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$	9,21
28.	Этилендиаминтра сирка	ЭДТА >> >> >>	$K_1 = 1,0 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 2,1 \cdot 10^{-3}$ $K_3 = 5,4 \cdot 10^{-7}$ $K_4 = 1,1 \cdot 10^{-11}$	1,99 2,67 6,27 10,95

4-жадвалнинг давоми

T / p	Номланиши	Формуласи	Ионланиш константаси	pK қиймати
А с о с л а р				
1.	Аммиак эритмаси	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
2.	Анилин	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,2 \cdot 10^{-10}$	9,38
3.	Барий гидроксид	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	$K_2 = 2,3 \cdot 10^{-1}$	0,64
4.	Гидроксиламин	$\text{NH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$	8,02
5.	Дифениламин	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{H}_2\text{O}$	$7,1 \cdot 10^{-14}$	13,15
6.	Кальций гидроксид	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$K_2 = 4,0 \cdot 10^{-2}$	1,40
7.	Кумуш гидроксид	$\text{AgOH}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
8.	Қўрғошин гидроксид	$\text{Pb}(\text{OH})_2$ >>	$K_1 = 9,55 \cdot 10^{-4}$ $K_2 = 3,0 \cdot 10^{-8}$	3,02 7,52
9.	8-Оксихинолин	$\text{C}_9\text{H}_7\text{ON} + \text{H}_2\text{O}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	8,99
10.	Тиомочевина	$\text{CS}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$	$1,35 \cdot 10^{-13}$	11,87
11.	Уротропин	$(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	8,87
12.	Хинолин	$\text{C}_9\text{H}_7\text{N} + \text{H}_2\text{O}$	$6,3 \cdot 10^{-10}$	9,20

5-жадвал

Муҳим кам эрувчан моддаларнинг эрувчанлик кўпайтмаси

T/p	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
1.	$\text{AgBr} (\text{Ag}^+, \text{Br}^-)$	$5,3 \cdot 10^{-13}$	12,28
2.	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 (2\text{Ag}^+, \text{CO}_3^{2-})$	$8,2 \cdot 10^{-12}$	11,09
3.	$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4 (2\text{Ag}^+, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$3,5 \cdot 10^{-11}$	10,46
4.	$\text{AgCl} (\text{Ag}^+, \text{Cl}^-)$	$1,78 \cdot 10^{-10}$	9,75
5.	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 (2\text{Ag}^+, \text{CrO}_4^{2-})$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,95
6.	$\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 (2\text{Ag}^+, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	$1,0 \cdot 10^{-10}$	10,00

## 5-жадвалнинг давоми

T/p	Модланинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
7.	$\text{AgJ} (\text{Ag}^+, \text{J}^-)$	$8,3 \cdot 10^{-17}$	16,08
8.	$\text{Ag}_3\text{PO}_4 (3\text{Ag}^+, \text{PO}_4^{3-})$	$1,3 \cdot 10^{-20}$	19,89
9.	$\text{Ag}_2\text{S} (2\text{Ag}^+, \text{S}^{2-})$	$6,3 \cdot 10^{-50}$	49,20
10.	$\text{Ag SCN} (\text{Ag}^+, \text{SCN}^-)$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,97
11.	$\text{Al}(\text{OH})_3 (\text{Al}^{3+}, 3\text{OH}^-)$	$1,0 \cdot 10^{-32}$	32,00
12.	$\text{AlPO}_4 (\text{Al}^{3+}, \text{PO}_4^{3-})$	$5,75 \cdot 10^{-19}$	18,24
13.	$\text{BaCO}_3 (\text{Ba}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$5,1 \cdot 10^{-9}$	8,29
14.	$\text{BaC}_2\text{O}_4 (\text{Ba}^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,96
15.	$\text{BaCrO}_4 (\text{Ba}^{2+}, \text{CrO}_4^{2-})$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	9,93
16.	$\text{Ba}(\text{OH})_2 (\text{Ba}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,3
17.	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 (3\text{Ba}^{2+}, 2\text{PO}_4^{3-})$	$6,0 \cdot 10^{-39}$	38,22
18.	$\text{BaSO}_4 (\text{Ba}^{2+}, \text{SO}_4^{2-})$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,97
19.	$\text{BiJ}_3 (\text{Bi}^{3+}, 3\text{J}^-)$	$8,1 \cdot 10^{-19}$	18,09
20.	$\text{Bi}(\text{OH})_3 (\text{Bi}^{3+}, 3\text{OH}^-)$	$3,2 \cdot 10^{-32}$	31,5
21.	$\text{Bi}_2\text{S}_3 (2\text{Bi}^{3+}, 3\text{S}^{2-})$	$1,0 \cdot 10^{-97}$	97,0
22.	$\text{CaC}_2\text{H}_2\text{O}_6 (\text{Ca}^{2+}, \text{C}_2\text{H}_2\text{O}_6^{2-})$	$7,7 \cdot 10^{-7}$	6,11
23.	$\text{CaCO}_3 (\text{Ca}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$4,8 \cdot 10^{-9}$	8,32
24.	$\text{CaC}_2\text{O}_4 (\text{Ca}^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$2,3 \cdot 10^{-9}$	8,64
25.	$\text{CaCrO}_4 (\text{Ca}^{2+}, \text{CrO}_4^{2-})$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	3,15
26.	$\text{CaF}_2 (\text{Ca}^{2+}, 2\text{F}^-)$	$4,0 \cdot 10^{-11}$	10,40
27.	$\text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{Ca}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	5,26
28.	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 (3\text{Ca}^{2+}, 2\text{PO}_4^{3-})$	$2,0 \cdot 10^{-29}$	28,70
29.	$\text{CaSO}_4 (\text{Ca}^{2+}, \text{SO}_4^{2-})$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	5,04
30.	$\text{Cd}(\text{CN})_2 (\text{Cd}^{2+}, 2\text{CN}^-)$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	8,0
31.	$\text{CdCO}_3 (\text{Cd}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$5,2 \cdot 10^{-12}$	11,3
32.	$\text{CdC}_2\text{O}_4 (\text{Cd}^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$1,5 \cdot 10^{-8}$	7,8
33.	$\text{Cd}(\text{OH})_2 (\text{Cd}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	13,66
34.	$\text{CdS} (\text{Cd}^{2+}, \text{S}^{2-})$	$7,9 \cdot 10^{-27}$	26,10
35.	$\text{CoCO}_3 (\text{Co}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$1,4 \cdot 10^{-13}$	12,84
36.	$\text{CoC}_2\text{O}_4 (\text{Co}^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,2
37.	$\text{Co}(\text{OH})_2 (\text{Co}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$2,0 \cdot 10^{-15}$	14,80
38.	$\text{Co}(\text{OH})_3 (\text{Co}^{3+}, 3\text{OH}^-)$	$4,0 \cdot 10^{-45}$	44,4



T/P	Модданинг формуласи	Эрувчанлик қўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик қўпайтмаси кўрсаткичи
39.	$\text{CoS} (\text{Co}^{2+}, \text{S}^{2-})$	$4,0 \cdot 10^{-21}$	20,40
40.	$\text{Cr}(\text{OH})_2 (\text{Cr}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$1,0 \cdot 10^{-17}$	17,00
41.	$\text{Cr}(\text{OH})_3 (\text{Cr}^{3+}, 3\text{OH}^-)$	$6,3 \cdot 10^{-31}$	30,20
42.	$\text{CuCO}_3 (\text{Cu}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,60
43.	$\text{CuC}_2\text{O}_4 (\text{Cu}^{2+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	7,50
44.	$\text{CuCl} (\text{Cu}^+, \text{Cl}^-)$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	5,92
45.	$\text{CuI} (\text{Cu}^+, \text{I}^-)$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	11,96
46.	$\text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{Cu}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$2,2 \cdot 10^{-20}$	19,66
47.	$\text{CuS} (\text{Cu}^{2+}, \text{S}^{2-})$	$6,3 \cdot 10^{-36}$	35,20
48.	$\text{Cu}_2\text{S} (2\text{Cu}^+, \text{S}^{2-})$	$2,5 \cdot 10^{-48}$	47,60
49.	$\text{CuSCN} (\text{Cu}^+, \text{SCN}^-)$	$4,8 \cdot 10^{-15}$	14,32
50.	$\text{FeCO}_3 (\text{Fe}^{2+}, \text{CO}_3^{2-})$	$3,47 \cdot 10^{-11}$	10,46
51.	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 (4\text{Fe}^{3+}, 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-})$	$3,0 \cdot 10^{-41}$	40,52
52.	$\text{Fe}(\text{OH})_2 (\text{Fe}^{2+}, 2\text{OH}^-)$	$1,0 \cdot 10^{-15}$	15,00
53.	$\text{Fe}(\text{OH})_3 (\text{Fe}^{2+}, 3\text{OH}^-)$	$3,2 \cdot 10^{-38}$	37,50
54.	$\text{FePO}_4 (\text{Fe}^{3+}, \text{PO}_4^{3-})$	$1,3 \cdot 10^{-22}$	21,89
55.	$\text{FeS} (\text{Fe}^{2+}, \text{S}^{2-})$	$5,0 \cdot 10^{-18}$	17,3
56.	$\text{FeS}_2 (\text{Fe}^{2+}, \text{S}_2^{2-})$	$6,3 \cdot 10^{-31}$	30,2
57.	$\text{Hg}_2\text{Br}_2 (\text{Hg}^{22+}, 2\text{Br}^-)$	$5,8 \cdot 10^{-23}$	22,24
58.	$\text{Hg}_2\text{CO}_3 (\text{Hg}^{22+}, \text{CO}_3^{2-})$	$8,9 \cdot 10^{-17}$	16,05
59.	$\text{Hg}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{Hg}^{22+}, \text{C}_2\text{O}_4^{2-})$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	13,00
60.	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 (\text{Hg}^{22+}, 2\text{Cl}^-)$	$1,3 \cdot 10^{-18}$	17,88
61.	$\text{Hg}_2\text{I}_2 (\text{Hg}^{22+}, 2\text{I}^-)$	$4,5 \cdot 10^{-29}$	28,35
62.	$\text{Hg}_2\text{HPO}_4 (\text{Hg}^{22+}, \text{HPO}_4^{2-})$	$4,0 \cdot 10^{-13}$	12,40
63.	$\text{HgS} (\text{Hg}^{2+}, \text{S}^{2-})$	$1,6 \cdot 10^{-52}$	51,8
64.	$\text{Hg}_2\text{S} (\text{Hg}^{22+}, \text{S}^{2-})$	$1,0 \cdot 10^{-47}$	47,0
65.	$\text{Hg}_2(\text{SCN})_2 (\text{Hg}^{22+}, 2\text{SCN}^-)$	$3,0 \cdot 10^{-20}$	19,52
66.	$\text{Hg}_2\text{SO}_3 (\text{Hg}^{22+}, \text{SO}_3^{2-})$	$1,0 \cdot 10^{-27}$	27,0
67.	$\text{Hg}_2\text{SO}_4 (\text{Hg}^{22+}, \text{SO}_4^{2-})$	$6,8 \cdot 10^{-7}$	6,17

## 5-жадвалнинг давоми

T/p	Модданинг формуласи	Эрувчанлик қўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик қўпайтмаси кўрсаткичи
68.	$K_3[Co(NO_2)_6](3K^+, [Co(NO_2)_6]^{3-})$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	9,37
69.	$K_2Na[Co(NO_2)_6](2K^+, Na^+, Co(NO_2)_6^{3-})$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	10,66
70.	$KJO_4 (K^+, JO^{4-})$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	3,08
71.	$K_2PtF_6 (2K^+, PtF_6^{2-})$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	4,96
72.	$K_2SiF_6 (2K^+, SiF_6^{2-})$	$8,7 \cdot 10^{-7}$	6,06
73.	$MgCO_3 (Mg^{2+}, CO_3^{2-})$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	4,67
74.	$MgC_2O_4 (Mg^{2+}, C_2O_4^{2-})$	$8,6 \cdot 10^{-5}$	4,19
75.	$MgF_2 (Mg^{2+}, 2F^-)$	$6,5 \cdot 10^{-9}$	8,3
76.	$MgNH_4PO_4 (Mg^{2+}, NH_4^+, PO_4^{3-})$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	12,6
77.	$Mg(OH)_2 (Mg^{2+}, 2OH^-)$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	9,22
78.	$Mg_3(PO_4)_2 (3Mg^{2+}, 2PO_4^{3-})$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	13,0
79.	$MnCO_3 (Mn^{2+}, CO_3^{2-})$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	10,74
80.	$MnFe(CN)_6 (Mn^{4+}, Fe^{2+}, 6CN^-)$	$7,9 \cdot 10^{-13}$	12,10
81.	$MnNH_4PO_4 (Mn^{2+}, NH_4^+, PO_4^{3-})$	$1,0 \cdot 10^{-12}$	12,0
82.	$Mn(OH)_2 (Mn^{2+}, 2OH^-)$	$1,9 \cdot 10^{-13}$	12,72
83.	$MnS (Mn^{2+}, S^{2-})$	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,60
84.	$(NH_4)_3Co(NO_2)_6 (3NH_4^+, Co(NO_2)_6^{3-})$	$7,6 \cdot 10^{-6}$	5,12
85.	$(NH_4)_2PtCl_6 (2NH_4^+, PtCl_6^{2-})$	$9,0 \cdot 10^{-6}$	5,05
86.	$Na_3AlF_6 (3Na^+, AlF_6^{3-})$	$4,1 \cdot 10^{-10}$	9,39
87.	$NaSb(OH)_6 (Na^+, Sb(OH)_6^-)$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	7,4
88.	$Ni(CN)_2 (Ni^{2+}, 2CN^-)$	$3,0 \cdot 10^{-23}$	22,5
89.	$NiCO_3 (Ni^{2+}, CO_3^{2-})$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	6,87
90.	$NiC_2O_4 (Ni^{2+}, C_2O_4^{2-})$	$4,0 \cdot 10^{-10}$	9,4
91.	$NiFe(CN)_6 (Ni^{2+}, Fe^{2+}, 6CN^-)$	$1,3 \cdot 10^{-15}$	14,89
92.	$Ni(OH)_2 (Ni^{2+}, 2OH^-)$	$6,3 \cdot 10^{-18}$	17,20
93.	$NiS (Ni^{2+}, S^{2-})$	$3,2 \cdot 10^{-19}$	18,50
94.	$PbCO_3 (Pb^{2+}, CO_3^{2-})$	$7,49 \cdot 10^{-14}$	13,13
95.	$PbCl_2 (Pb^{2+}, 2Cl^-)$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,79
96.	$PbCrO_4 (Pb^{2+}, CrO_4^{2-})$	$1,8 \cdot 10^{-14}$	13,75

5-жадвалнинг давоми

T/p	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
97.	$\text{PbFe}(\text{CN})_6$ ( $\text{Pb}^{4+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ , $6\text{CN}^-$ )	$3,5 \cdot 10^{-15}$	14,46
98.	$\text{PbJ}_2$ ( $\text{Pb}^{2+}$ , $2\text{J}^-$ )	$1,1 \cdot 10^{-9}$	8,98
99.	$\text{Pb}(\text{OH})_2$ ( $\text{Pb}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ )	$1,1 \cdot 10^{-20}$	19,96
100.	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ ( $3\text{Pb}^{2+}$ , $2\text{PO}_4^{3-}$ )	$7,9 \cdot 10^{-43}$	42,10
101.	$\text{PbS}$ ( $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{S}^{2-}$ )	$2,5 \cdot 10^{-27}$	26,60
102.	$\text{PbSO}_4$ ( $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80
103.	$\text{Sb}_2\text{S}_3$ ( $2\text{Sb}^{3+}$ , $3\text{S}^{2-}$ )	$1,6 \cdot 10^{-93}$	92,80
104.	$\text{Sn}(\text{OH})_2$ ( $\text{Sn}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ )	$6,3 \cdot 10^{-27}$	26,20
105.	$\text{Sn}(\text{OH})_4$ ( $\text{Sn}^{4+}$ , $4\text{OH}^-$ )	$1,0 \cdot 10^{-57}$	57,0
106.	$\text{SnS}$ ( $\text{Sn}^{2+}$ , $\text{S}^{2-}$ )	$1 \cdot 10^{-25}$	25,0
107.	$\text{SrCO}_3$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ )	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
108.	$\text{SrC}_2\text{O}_4$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ )	$5,6 \cdot 10^{-8}$	7,25
109.	$\text{SrCrO}_4$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ )	$3,6 \cdot 10^{-5}$	4,44
110.	$\text{SrF}_2$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $2\text{F}^-$ )	$2,5 \cdot 10^{-9}$	8,61
111.	$\text{Sr}(\text{OH})_2$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ )	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,5
112.	$\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$ ( $3\text{Sr}^{2+}$ , $2\text{PO}_4^{3-}$ )	$1,0 \cdot 10^{-31}$	31,0
113.	$\text{SrSO}_3$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ )	$4 \cdot 10^{-8}$	7,4
114.	$\text{SrSO}_4$ ( $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ )	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,49
115.	$\text{ZnCO}_3$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ )	$1,45 \cdot 10^{-11}$	10,84
116.	$\text{ZnC}_2\text{O}_4$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ )	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,8
117.	$\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ( $2\text{Zn}^{2+}$ , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ )	$4,1 \cdot 10^{-16}$	15,39
118.	$\text{Zn Hg}(\text{SCN})_4$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Hg}(\text{SCN})_4^{2-}$ )	$2,2 \cdot 10^{-7}$	6,66
119.	$\text{Zn}(\text{OH})_2$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $2\text{OH}^-$ )	$7,1 \cdot 10^{-18}$	17,15
120.	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ( $3\text{Zn}^{2+}$ , $2\text{PO}_4^{3-}$ )	$9,1 \cdot 10^{-33}$	32,04
121.	$\text{ZnS}$ ( $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{S}^{2-}$ )	$1,6 \cdot 10^{-24}$	23,80

Сувли эритмалардаги стандарт редокс-потенциаллар  
( $t^0 = 25^{\circ}\text{C}$ )

Т/р	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	$E_0, \text{В}$
1.	Ag	$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,80
		$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag} + 2\text{NH}_3$	+0,37
		$\text{AgCl} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+0,22
		$\text{AgI} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{I}^-$	-0,151
2.	Al	$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
		$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,35
3.	As	$\text{As} + 3\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{AsH}_3$	-0,60
4.	Ba	$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,90
5.	Bi	$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightleftharpoons 2\text{Bi} + 6\text{OH}^-$	-0,46
6.	Br	$2\text{HBrO} + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,59
		$\text{Br}_2(\text{C}) + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,087
7.	Ca	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Ca} + 2\text{OH}^-$	-2,87
		$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$	-3,03
8.	Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,40
		$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd} + 4\text{NH}_3$	-0,61
		$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0,81
9.	Cl	$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,63
		$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36

Т/р	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	$E_0, \text{В}$
10.	Co	$\text{Co}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	+1,84
		$\text{Co}(\text{OH})_3 + e \rightleftharpoons \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	+0,17
		$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} + e \rightleftharpoons [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	+0,1
		$\text{Co}^{2+} + e \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,28
		$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Co} + 2\text{OH}^-$	-0,73
11.	Cr	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,33
		$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13
		$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,74
12.	Cu	$\text{Cu}^{2+} + \text{J} + e \rightleftharpoons \text{CuJ}$	+0,86
		$\text{Cu}^{2+} + \text{Br} + e \rightleftharpoons \text{CuBr}$	+0,64
		$\text{Cu}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,521
		$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,34
		$2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$	-0,08
13.	Fe	$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0,77
		$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	+0,36
		$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
		$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,56
14.	H	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,77
		$2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
		$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
		$\text{H}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{H}^-$	-2,25

б-жадвалнинг давоми

T/p	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E <sub>0</sub> , В
15.	Hg	$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$	+0,91
		$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}(c)$	+0,86
		$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Hg}(c)$	+0,79
		$2\text{HgCl}_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{Cl}^-$	+0,62
		$[\text{HgI}_4]^{2-} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg} + 4\text{I}^-$	-0,04
		$\text{HgS} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg} + \text{S}^{2-}$	-0,70
16.	J	$2\text{HJO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{J}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,45
		$\text{J}_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{J}^-$	+0,535
17.	K	$\text{K}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2,93
18.	Mg	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mg} + 2\text{OH}^-$	-2,69
		$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,37
19.	Mn	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,695
		$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
		$\text{Mn}^{3+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	+1,51
		$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
		$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,57
20.	N	$2\text{HNO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,29
		$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{NO}(r) + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
		$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
		$\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+ + 6\text{e} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,86
21.	Na	$\text{Na}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
22.	Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,23
		$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni} + 6\text{NH}_3$	-0,47
		$\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni} + 2\text{OH}^-$	-0,72

б-жадвалнинг давоми

Т/р	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E <sub>0</sub> , В
23.	O	$O_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,229
		$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$	+1,77
		$O_3 + H_2O + 2e \rightleftharpoons O_2 + 2OH^-$	+1,24
24.	Pb	$PbO_2 + 4H^+ + 2e \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	+1,455
		$PbO_2 + H_2O + 2e \rightleftharpoons PbO + 2OH^-$	+0,28
		$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb$	-0,126
25.	S	$S_2O_8^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	+2,01
		$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons S + 3H_2O$	+0,45
		$S + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons H_2S$	+0,14
26.	Sb	$SbO^+ + 2H^+ + 3e \rightleftharpoons Sb + H_2O$	+0,21
		$Sb + 3H^+ + 3e \rightleftharpoons SbH_3$	-0,51
27.	Si	$Si + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons SiH_4$	+0,10
		$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e \rightleftharpoons Si + 6OH^-$	-1,73
28.	Sn	$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn$	-0,14
		$Sn^{4+} + 2e \rightleftharpoons Sn^{2+}$	+0,15
		$HsnO_2^- + H_2O + 2e \rightleftharpoons Sn + 3OH^-$	-0,91
29.	Sr	$Sr^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sr$	-2,89
30.	Zn	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0,76
		$[Zn(NH_3)_4]^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn + 4NH_3$	-1,03
		$Zn(OH)_2 + 2e \rightleftharpoons Zn + 2OH^-$	-1,245

Эритмадаги водород ионларининг концентрациясидан  
 фойдаланиб, шу эритманинг рН ини (ёки аксинча)  
 ҳисоблаш жадвали

рН қийма- лар	Юздан бир									
	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Ўндан бир ,0	1,000	0,977	0,955	0,933	0,912	0,891	0,871	0,851	0,832	0,813
,1	0,794	0,966	0,759	0,741	0,725	0,708	0,692	0,676	0,661	0,646
,2	0,631	0,617	0,603	0,589	0,575	0,562	0,550	0,538	0,525	0,513
,3	0,501	0,490	0,479	0,468	0,457	0,447	0,437	0,427	0,417	0,407
,4	0,398	0,389	0,380	0,372	0,363	0,355	0,347	0,339	0,331	0,324
,5	0,316	0,309	0,302	0,295	0,288	0,282	0,275	0,269	0,263	0,257
,6	0,251	0,245	0,240	0,234	0,229	0,224	0,219	0,214	0,209	0,204
,7	0,200	0,195	0,191	0,186	0,182	0,178	0,174	0,170	0,166	0,162
,8	0,158	0,155	0,151	0,148	0,145	0,141	0,138	0,135	0,132	0,129
,9	0,126	0,123	0,120	0,117	0,115	0,112	0,110	0,107	0,105	0,102

Жадвалдан қуйидаги тартибда фойдаланилади:

**Биринчи мисол:** Фараз қилайлик, эритманинг  $pH=3,24$  га тенг бўлсин. Жадвалдаги ўндан бир мантиссадан “2” ни, юздан бир мантиссадан “4” ни топиб, улардан ўтказилади-ган чизиқларнинг кесишган жойидан  $H^+$  водород иони-нинг концентрацияси қиймати топилади ва уни  $10^{-3}$  рН нинг 10 даражасида олинган манфий қиймати -3 га кўпайтири-лади. Демак,  $pH=3,24$  бўлса, унда  $[H^+]=0,575 \cdot 10^{-3}$ .

**Иккинчи мисол:** эритмадаги  $[H^+]$  водород ионларининг концентрацияси  $1,32 \cdot 10^{-8}$  га тенг бўлса, уни  $0,132 \cdot 10^{-7}$  кўри-нишда ёзилади. Сўнгра 0,132 сони жадвалдан топилади. То-пилган сондан горизонтал ва вертикал чизиқлар ўтказиб рН қийматининг вергулдан кейинги икки қиймати топи-лади: улар 0,88. рН қиймати  $[H^+]$  иони концентрацияси-нинг қийматидаги  $10^{-7}$  кўпайтувчининг даражасидаги сон-нинг мусбат ишорали қийматига тенг.



Демак,  $[H^+] = 1,32 \cdot 10^{-8} = 0,132 \cdot 10^{-7}$  бўлса, унда  $pH = 7,88$  га тенг бўлади.

*8-жадвал*

Кислота, ишқор ва аммиакнинг сувдаги эритмаларининг солиштирма массаси (г/см<sup>3</sup>) қийматлари (20°C да)

Процентлар	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	KOH(15°)	NaOH	NH <sub>3</sub>
2	1,012	1,009	1,008	1,016	1,021	0,990
4	1,025	1,020	1,018	1,033	1,043	0,981
6	1,038	1,031	1,028	1,048	1,065	0,973
8	1,052	1,043	1,38	1,065	1,087	0,965
10	1,066	1,054	1,047	1,082	1,109	0,958
12	1,080	1,066	1,057	1,100	1,131	0,950
14	1,195	1,078	1,068	1,118	1,153	0,943
16	1,109	1,090	1,078	1,137	1,175	0,936
18	1,124	1,103	1,088	1,156	1,197	0,930
20	1,139	1,115	1,098	1,176	1,219	0,923
22	1,155	1,128	1,108	1,196	1,241	0,916
24	1,170	1,140	1,119	1,217	1,263	0,910
26	1,186	1,153	1,129	1,240	1,285	0,904
28	1,202	1,167	1,139	1,263	1,306	0,898
30	1,219	1,180	1,149	1,286	1,328	0,892
32	1,235	1,193	1,159	1,310	1,349	-
34	1,252	1,207	1,169	1,334	1,370	-
36	1,268	1,221	1,179	1,358	1,390	-
38	1,284	1,234	1,189	1,384	1,410	-
40	1,303	1,246	-	1,411	1,430	-
42	1,321	1,259	-	1,437	2,449	-
44	1,338	1,272	-	1,460	1,469	-
46	1,357	1,285	-	1,485	1,487	-
48	1,376	1,298	-	1,511	1,507	-
50	1,395	1,310	-	1,538	1,525	-
52	1,415	1,322	-	1,564	-	-
54	1,435	1,334	-	1,590	-	-
56	1,456	1,345	-	1,616	-	-

## 8-жадвалнинг давоми

Процентлар	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	KOH(15°)	NaOH	NH <sub>3</sub>
58	1,477	1,356	-	-	-	-
60	1,498	1,367	-	-	-	-
62	1,520	1,377	-	-	-	-
64	1,542	1,387	-	-	-	-
66	1,565	1,396	-	-	-	-
68	1,587	1,405	-	-	-	-
70	1,611	1,413	-	-	-	-
72	1,634	1,422	-	-	-	-
74	1,657	1,430	-	-	-	-
76	1,681	1,438	-	-	-	-
78	1,704	1,445	-	-	-	-
80	1,727	1,452	-	-	-	-
82	1,749	1,459	-	-	-	-
84	1,749	1,466	-	-	-	-
86	1,787	1,472	-	-	-	-
88	1,802	1,477	-	-	-	-
90	1,814	1,483	-	-	-	-
92	1,824	1,487	-	-	-	-
94	1,8312	1,491	-	-	-	-
96	1,8355	1,495	-	-	-	-
98	1,8365	1,501	-	-	-	-
100	1,8305	1,513	-	-	-	-

## Тестларнинг жавоблари

### Биринчи қисм

#### II боб

1. С. 2. Д. 3. А. 4. В. 5. В. 6. Д. 7. С. 8. Е. 9. В. 10. С. 11. С. 12.  
Д. 13. В. 14. С. 15. А. 16. Д. 17. Д. 18. В. 19. В. 20. А. 21. А. 22. В.  
23. Е. 24. А. 25. Д. 26. А. 27. Е. 28. В. 29. А. 30. С. 31. Е. 32. С. 33.  
В. 34. Е. 35. Е. 36. Е. 37. А.

#### III боб

1. Д. 2. В. 3. С. 4. В. 5. А. 6. Е. 7. С. 8. В. 9. В. 10. С. 11. А. 12.  
Д. 13. Е.

#### IV боб

1. С. 2. В. 3. Е. 4. Д. 5. А. 6. В. 7. Е. 8. А. 9. В. 10. С. 11. В. 12.  
А. 13. С. 14. Е. 15. С. 16. В. 17. Д. 18. В. 19. С. 20. Е. 21. А. 22. В.  
23. Д. 24. Е. 25. С. 26. А. 27. В. 28. С. 29. С. 30. Д.

#### V боб

1. А. 2. В. 3. С. 4. Д. 5. Е. 6. С. 7. В. 8. Д. 9. С. 10. А. 11. В. 12.  
С. 13. Д. 14. Е.

#### VI боб

1. В. 2. С. 3. Д. 4. С. 5. А. 6. Е. 7. В. 8. А. 9. С. 10. В. 11. Д. 12.  
Е. 13. А. 14. В.

### Иккинчи қисм

#### VII боб

1. А. 2. Д. 3. В. 4. С. 5. Д. 6. Е. 7. А. 8. В. 9. С. 10. Д. 11. Д. 12.  
Д. 13. В. 14. Е. 15. Е.

#### VIII боб

1. А. 2. В. 3. С. 4. Д. 5. Е. 6. А. 7. А. 8. В. 9. С. 10. Д. 11. Е. 12.  
В. 13. А. 14. Е. 15. С. 16. Д. 17. В. 18. А.

### **IX боб**

1. В. 2. Д. 3. В. 4. А. 5. Е. 6. С. 7. Е. 8. Д. 9. Е. 10. В.

### **X боб**

1. В. 2. С. 3. В. 4. А. 5. Е. 6. Д. 7. Е. 8. В. 9. А. 10. В. 11. С. 12. Е.

### **XI боб**

1. А. 2. В. 3. С. 4. Д. 5. Е. 6. С. 7. Д. 8. В. 9. А. 10. Е. 11. Д. 12. С. 13. В. 14. С. 15. В. 16. А. 17. Д. 18. В. 19. С. 20. Д. 21. Е.

### **XII боб**

1. С. 2. А. 3. В. 4. Д. 5. Е. 6. Д. 7. С. 8. А. 9. В. 10. Д. 11. С. 12. Е. 13. Д. 14. В. 15. А. 16. С. 17. Д.

### **XIII боб**

1. С. 2. В. 3. Д. 4. Е. 5. А. 6. Д. 7. С. 8. В. 9. Е. 10. В. 11. А. 12. Д. 13. А. 14. Е. 15. В.

### **XIV боб**

1. С. 2. А. 3. В. 4. С. 5. Д. 6. Е. 7. В. 8. Д. 9. С. 10. Е. 11. А. 12. В. 13. Д.

### **XV боб**

1. В. 2. С. 3. А. 4. А. 5. Д. 6. В. 7. С. 8. А. 9. В. 10. С. 11. Е. 12. Д. 13. В. 14. Е.

### **XVI боб**

1. С. 2. В. 3. А. 4. Д. 5. Е. 6. В. 7. А. 8. С. 9. Д.

### **XVII боб**

1. Е. 2. В. 3. Е. 4. Е. 5. Е. 6. В. 7. С. 8. Д. 9. С.

### **XIX боб**

1. E. 2. B. 3. Д. 4. C. 5. A. 6. Д. 7. E. 8. C. 9. Д. 10. A. 11. B. 12.  
C. 13. E. 14. Д. 15. B. 16. C. 17. A. 18. B. 19. Д. 20. E.

### **XX боб**

1. B. 2. C. 3. Д. 4. B. 5. B. 6. C. 7. Д. 8. A. 9. B. 10. C. 11. Д. 12.  
E. 13. B. 14. A. 15. E. 16. C. 17. Д. 18. A. 19. B. 20. C. 21. A.

### **XXI боб**

1. B. 2. E. 3. A. 4. B. 5. C. 6. Д. 7. B. 8. A. 9. C. 10. Д. 11. A. 12.  
B. 13. C. 14. E. 15. A. 16. B. 17. C. 18. Д. 19. E. 20. A. 21. B. 22. C.  
23. E. 24. Д. 25. A. 26. B.

### **XXII боб**

1. C. 2. C. 3. A. 4. B. 5. Д. 6. E. 7. A. 8. C. 9. B. 10. A. 11. C. 12.  
Д. 13. E. 14. B. 15. Д. 16. B. 17. C. 18. E. 19. A. 20. B. 21. Д. 22. E.  
23. A. 24. B. 25. E. 26. C. 27. Д. 28. E. 29. A. 30. B. 31. A. 32. Д. 33.  
E. 34. B. 35. C. 36. A.

### **XXIII боб**

1. A. 2. B. 3. C. 4. A. 5. E. 6. C. 7. Д. 8. C. 9. A. 10. A. 11. B. 12.  
C. 13. E. 14. Д. 15. A. 16. B. 17. C. 18. A.

### **XXIV боб**

1. B. 2. E. 3. C. 4. A. 5. B. 6. C. 7. A. 8. B. 9. Д. 10. E. 11. A. 12.  
B. 13. Д. 14. E.

### **XXV боб**

1. A. 2. B. 3. C. 4. Д. 5. E. 6. A. 7. C. 8. C. 9. Д. 10. E. 11. A. 12.  
B. 13. C. 14. B. 15. Д. 16. A. 17. E. 18. A. 19. B. 20. C. 21. Д. 22. E.

## Фойдаланилган адабиётлар

**Миркомилова М.С.** Аналитик кимё. Т., Ўзбекистон, 2003.

**Барсукова З.А.** Аналитическая химия. М., Высшая школа, 1990.

**Васильев В.П., Кочергина Л.А., Орлова Т.Д.** Сборник вопросов, упражнений и задач по аналитической химии. М., Высшая школа, 2003.

**Золотов Ю.А.** Основы аналитической химии. Книга 1,2. М., Высшая школа, 2002.

**Туробов Н., Бобоев Н.** Аналитик кимё. Маърузалар матни. Т., Ўзбекистон Миллий университети, 2000.

**Пиккеринг У.Ф.** Современная аналитическая химия. М., Химия, 1998.

**Сабадвори Ф., Робинсон А.** История аналитической химии. М., Мир, 1984.

**Скут Д, Уэст Д.** Основы аналитической химии. М., Мир, 1989.

**Харитонов Ю.Я.** Аналитическая химия. Книга 1. Качественный анализ. М., Высшая школа, 2001.

**Харитонов Ю.Я.** Аналитическая химия. Книга 2. Качественный анализ. М., Высшая школа, 2001.

**Юнинг Г.В.** Инструментальные методы химического анализа. М., Мир, 1988.

## Мундарижа

Сўз боши.....	3
<b>I БОБ. КИРИШ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Аналитик кимё фани, унинг халқ хўжалиги учун аҳамияти.....	5
1.2. Аналитик кимё фанининг қисқача тарихи.....	9
1.3. Аналитик кимё методлари.....	13

### Биринчи қисм

#### Аналитик кимёнинг назарий асослари

<b>II БОБ. ГОМОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ КИМЁ-ВИЙ МУВОЗАНАТ.....</b>	<b>16</b>
2.1. Массалар таъсири қонуни. Кимёвий мувозанат.....	16
2.2. Массалар таъсири қонунининг электролитик диссоциланиш жараёнига қўлланиши.....	22
2.3. Кучли электролитлар назарияси.....	25
2.4. Сувнинг ион кўпайтмаси. Водород кўрсаткич.....	30
2.5. Бир исмли ионлар таъсири. Буфер эритмалар.....	34

<b>III БОБ. ГЕТЕРОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ МУВО-ЗАНАТ.....</b>	<b>56</b>
3.1. Эрувчанлик кўпайтмаси.....	56
3.2. Бир исмли ионларнинг электролит эрувчанлигига таъсири. Туз эффекти.....	61
3.3. Чўкмаларнинг ҳосил бўлиш шароитлари.....	65
3.4. Ионларни бирин-кетин чўктириш.....	71
3.5. Чўкмаларнинг эриш шароитлари.....	73
3.6. Қийин эрийдиган бирикмани бошқа қийин эрувчан бирикмага айлантириш.....	76
3.7. Алмашилиш реакцияларининг йўналиши.....	79

<b>IV БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИНИНГ ГИДРОЛИЗ ЖАРАЁНИГА ҚЎЛЛАНИШИ</b> .....	85
4.1. Тузлар гидролизи.....	85
4.2. Гидролизланадиган тузлар эритмаларининг гидролиз константаси, гидролиз даражасини ҳисоблаш тенгламасини келтириб чиқариш.....	89
4.3. Гидролизланувчи тузлар эритмаларининг рН ва рОН қийматларини ҳисоблаш тенгламаларини чиқариш.....	102
4.4. Амфотер электролит эритмаларидаги мувозанат.....	109

<b>V БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИ ВА КОМПЛЕКС БИРИКМАЛАР</b> .....	120
5.1. Комплекс бирикмаларнинг тузилиши.....	120
5.2. Комплекс бирикмалар эритмаларидаги мувозанат. Беқарорлик константаси.....	121
5.3. Кимёвий анализларда комплекслар ҳосил қилиш методларининг қўлланиши.....	126
5.4. Ички комплекс бирикмалар.....	128
5.5. Кимёвий анализда қўлланиладиган органик реагентлар.....	130

<b>VI БОБ. КИМЁВИЙ АНАЛИЗДА ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИ</b> .....	136
6.1. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг аналитик кимёдаги қўлланилиши.....	136
6.2. Оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари (редокс-потенциаллар).....	138
6.3. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг йўналиши.....	141

## **Иккинчи қисм** **Сифат анализи**

<b>VII БОБ. СИФАТ АНАЛИЗИНИНГ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ</b> .....	149
7.1. Аналитик реакцияларни бажариш усуллари.....	149
7.2. Аналитик реакцияларнинг бажариш шароитлари, уларнинг сезгирлиги ва ўзига хослиги.....	152
7.3. Эритмани бўлиб-бўлиб ва систематик анализ қилиш.....	156
7.4. Катионлар анализининг системалари.....	158



7.4.1. Катионлар анализининг сульфидли системаси....	159
7.4.2. Катионлар анализининг кислота-асосли системаси.....	160
7.4.3. Катионлар анализининг аммиакли-фосфатли системаси.....	161
7.5. Анионлар ва уларнинг гуруҳлари.....	162

## **VIII БОБ. ЛАБОРАТОРИЯ ЖИҲОЗЛАРИ ВА ИШ УСУЛЛАРИ**.....169

8.1. Ярим микрокимёвий сифат анализда ишлатиладиган идишлар ва реактивлар.....	169
8.2. Ярим микроанализда айрим ишларни бажариш тартиби.....	173
8.3. Томчи ва микрокристаллоскопик реакцияларнинг бажарилиши.....	177
8.4. Аналитик кимё лабораториясида ишлаш қоидалари.....	178
8.5. Лаборатория ишлари дафтарини юргизиш.....	179

## **КАТИОНЛАРНИНГ ХУСУСИЙ РЕАКЦИЯЛАРИ ВА КАТИОНЛАР АРАЛАШМАСИ АНАЛИЗИ**

### **IX БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ БИРИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ**.....186

9.1. Биринчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи.....	186
9.2. Натрий $\text{Na}^+$ катионининг хусусий реакциялари.....	187
9.3. Калий $\text{K}^+$ катионининг хусусий реакциялари.....	188
9.4. Аммоний $\text{NH}_4^+$ катионининг хусусий реакциялари.....	190
9.5. Магний $\text{Mg}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	192
9.6. Биринчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби.....	195

### **X БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ИККИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ**.....202

10.1. Иккинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи.....	202
10.2. Калций $\text{Ca}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	203
10.3. Стронций $\text{Sr}^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	204

10.4. Барий $Ba^{2+}$ катионларининг хусусий реакциялари.....	205
10.5. Иккинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби.....	206
10.6. Биринчи ва иккинчи гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	209

## **XI БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....**

11.1. Учинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи....	216
11.2. Алюминий $Al^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	217
11.3. Хром $Cr^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	219
11.4. Темир $Fe^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	221
11.5. Темир $Fe^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	223
11.6. Марганец $Mn^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	225
11.7. Рух $Zn^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	227
11.8. Кобалт $Co^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	229
11.9. Никел $Ni^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	230
11.10. Учинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи.....	232
11.11. I, II ва III гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	236

## **XII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ТЎРТИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....**

12.1. Тўртинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи.....	245
12.2. Мис $Cu^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	246
12.3. Симоб $Hg^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	248
12.4. Кадмий $Cd^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	250
12.5. Висмут $Pb^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	251
12.6. Мишьяк $As^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	253
12.7. Мишьяк $As^{5+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	254
12.8. Сурма $Sb^{3+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	256
12.9. Сурма $Sb^{5+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	257
12.10. Қалай $Sn^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	258
12.11. Қалай (IV) $Sn^{4+}$ катионининг хусусий реакция-	

лари.....	259
12.12. Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби.....	260

**XIII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ БЕШИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....272**

13.1. Бешинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи.....	272
13.2. Кумуш $Ag^+$ катионининг хусусий реакциялари.....	273
13.3. Қўрғошин (II) $Pb^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	274
13.4. Симоб (I) $Hg_2^{2+}$ катионининг хусусий реакциялари.....	276
13.5. Бешинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби.....	278
13.6. I-V гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	281

**АНИОНЛАРНИНГ ХУСУСИЙ РЕАКЦИЯЛАРИ ВА АНИОНЛАР АРАЛАШМАСИ АНАЛИЗИ  
XIV БОБ. АНИОНЛАРНИНГ БИРИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....288**

14.1. Биринчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи.....	288
14.2. Сульфат аниони $SO_4^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	289
14.3. Сулфит аниони $SO_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	290
14.4. Тиосульфат аниони $S_2O_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	292
14.5. Карбонат аниони $CO_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	293
14.6. Фосфат аниони $PO_4^{3-}$ нинг хусусий реакциялари.....	294
14.7. Силикат аниони $SiO_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	296
14.8. Биринчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	297

**XV БОБ. АНИОНЛАРНИНГ ИККИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....304**

15.1. Иккинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи.....	304
15.2. Хлорид аниони $Cl^-$ нинг хусусий реакциялари.....	305

15.3. Бромид аниони $\text{Br}^-$ нинг хусусий реакциялари.....	306
15.4. Йодид аниони $\text{I}^-$ нинг хусусий реакциялари.....	307
15.5. Сульфид аниони $\text{S}^{2-}$ нинг хусусий реакциялари.....	309
15.6. Иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	310
15.7. Биринчи ва иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини систематик анализ қилиш тартиби.....	313

## **XVI БОБ. АНИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ.....**

16.1. Учинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи.....	319
16.2. Нитрат аниони $\text{NO}_3^-$ нинг хусусий реакциялари.....	319
16.3. Нитрит аниони $\text{NO}_2^-$ нинг хусусий реакциялари.....	321
16.4. Ацетат аниони $\text{CH}_3\text{COO}^-$ нинг хусусий реакциялари.....	324
16.5. Иккинчи ва учинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	325
16.6. I, II ва III гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби.....	327

## **XVII БОБ. ҚУРУҚ МОДДА АНАЛИЗИ.....**

17.1. Қуруқ моддани анализ қилишга тайёрлаш ва дастлабки синовлар.....	333
17.2. Қуруқ модда таркибидаги катионларни топиш.....	334
17.3. Қуруқ модда таркибидаги анионларни топиш.....	335

## **Учинчи қисм Миқдорий анализ**

### **XVIII БОБ. МИҚДОРИЙ АНАЛИЗНИНГ МОҲИЯТИ ВА УНИНГ МЕТОДЛАРИ.....**

18.1. Миқдорий анализ ва унинг кимёвий методлари.....	340
18.2. Анализнинг кимёвий методлари.....	341
18.3. Текшириладиган компонент концентрациясини ошириш.....	343
18.4. Миқдорий анализда қўлланиладиган лаборатория жиҳозлари ва идишлар.....	344

### **XIX БОБ. ГРАВИМЕТРИК (ТОРТМА) АНАЛИЗ.....**

19.1. Гравиметрик анализнинг моҳияти.....	351
19.2. Моддани анализга тайёрлаш, унинг тортимини	

олиш ва эритиш .....	352
19.3. Аниқланувчи компонентни чўктириш.....	353
19.4. Чўкмани эритмадан ажратиш ва уни ювиш.....	360
19.5. Чўкмани қуриштириш ва қиздириш.....	363
19.6. Гравиметрик анализдаги ҳисоблашлар.....	364
19.7. Аналитик тарози ва унда тортиш қоидалари.....	366
19.8. Барий хлорид кристаллогидрати таркибидаги кристаллизацион сувни аниқлаш.....	370
19.9. Тупроқнинг намлик даражасини аниқлаш.....	372
19.10. Темир (III) хлорид таркибидаги темирнинг фоиз миқдорини аниқлаш.....	373

## **XX БОБ. ТИТРИМЕТРИК АНАЛИЗ.....381**

20.1. Титриметрик анализнинг моҳияти ва ўзига хос хусусиятлари.....	381
20.2. Титриметрик анализ методлари.....	383
20.3. Титрланган ва стандартлаштирилган эритмалар тайёрлаш.....	385
20.4. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар .....	389

## **XXI БОБ. КИСЛОТА-АСОСЛИ ТИТРЛАШ (НЕЙТРАЛЛАШ) МЕТОДЛАРИ.....402**

21.1. Нейтраллаш методининг моҳияти.....	402
21.2. Кислота-асосли титрлаш методининг индикаторлари.....	403
21.3. Индикаторларнинг ўзгариши оралиғи, индикатор кўрсаткичи, титрлаш кўрсаткичи.....	406
21.4. Титрлаш эгри чизиқлари.....	407
21.5. Нейтраллаш методида титрлаш тартиби.....	424
21.6. Хлорид кислотанинг стандартлаштирилган ишчи эритмасини тайёрлаш ва унинг ёрдамида эритмадаги ишқор миқдорини аниқлаш.....	425
21.7. Аралашма таркибидаги натрий гидроксид ва натрий карбонат миқдорини биргаликда аниқлаш.....	430
21.8. Сувнинг карбонатли қаттиқлигини аниқлаш.....	432

## **XXII БОБ. ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИГА АСОСЛАНГАН (РЕДОКСИМЕТРИК) ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ.....440**

22.1. Редоксиметрия методларининг моҳияти ва турла-	
---	--

ри.....	440
22.2. Оксидланиш-қайтарилиш (редокс)-потенциаллар ва редокс реакцияларнинг йўналиши.....	442
22.3. Редокс-реакцияларнинг мувозанат константаси....	444
22.4. Редоксиметрия методларининг титрлаш эгри чизиқлари.....	445
22.5. Перманганатометрия методи. Калий перманганат $KMnO_4$ эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш.....	448
22.6. Мор тузи таркибидаги темир (II) миқдорини перманганатометрия методи билан аниқлаш.....	452
22.7. Техник натрий нитрит таркибидаги нитрит миқдорини аниқлаш.....	454
22.8. Йодометрия методи. Натрий тиосульфат, йод эритмаларини тайёрлаш ва улар титрини аниқлаш.....	456
22.9. Мис купороси таркибидаги мис(II) миқдорини аниқлаш.....	460
22.10. Техник сульфид таркибидаги $Na_2S$ миқдорини аниқлаш.....	461
22.11. Сувдаги эркин хлор миқдорини топиш.....	463

### **XXIII БОБ. ЧЎКТИРИШГА АСОСЛАНГАН ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ.....**

23.1. Чўктириш методининг моҳияти.....	474
23.2. Кумуш нитрат, аммоний роданид эритмалари тайёрлаш ва бу эритмалар титрини аниқлаш.....	478
23.3. Техник ош тузи таркибидаги хлор $Cl$ иони миқдорини Мор усули бўйича аниқлаш.....	481
23.4. Натрий бромид таркибидаги $Br$ ионлари миқдорини Фолгард усули бўйича аниқлаш.....	483
23.5. Меркуриметрия методи. Симоб (II)-нитратнинг эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш.....	485

### **XXIV БОБ. КОМПЛЕКСОНОМЕТРИК ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ.....**

24.1. Комплексонометрия методининг моҳияти.....	492
24.2. Комплексонометрия методада эквивалент нуқтани белгилаш усуллари.....	494
24.3. Комплексонометрик титрлаш методлари.....	496
24.4. Трилон Б (комплексон III) нинг эритмасини тай-	

ёрлаш ва унинг титрини аниқлаш.....	497
24.5. Тупроқнинг сувли сўримидаги калций ва магний катионлари миқдорини аниқлаш.....	498

**XXV БОБ. МИҚДОРИЙ АНАЛИЗНИНГ ФИЗИКА-ВИЙ ВА ФИЗИК-КИМЁВИЙ МЕТОДЛАРИ.....504**

25.1. Анализнинг физикавий ва физик-кимёвий методларининг ўзига хос хусусиятлари.....	504
25.2. Оптик методларнинг умумий тавсифи.....	511
25.3. Колориметрик методлар.....	514
25.4. Сувдаги темир миқдорини колориметрик метод (тенглаштириш методи) билан аниқлаш.....	520
25.5. Эритмадаги мис (II) иони миқдорини фотоколориметрик аниқлаш.....	521
25.6. Хромат (дихромат) ҳолидаги хромни фотоэлектр-колориметрик солиштириш методи билан аниқлаш.....	523

**АНАЛИЗНИНГ ЭЛЕКТРОКИМЁВИЙ МЕТОДЛАРИ**

25.7. Анализнинг электрогравиметрик методининг умумий тавсифи.....	525
25.8. Мис (II) сульфат эритмасидаги мис миқдорини аниқлаш.....	525

**АНАЛИЗНИНГ ПОТЕНЦИОМЕТРИК МЕТОДИ**

25.9. Эритмадаги йодид ва хлоридларни биргаликдаги иштирокида топиш.....	529
--	-----

**АНАЛИЗНИНГ ПОЛЯРОГРАФИК МЕТОДИ**

25.10. Эритмадаги рух(II) иони миқдорини солишти-риш методи билан аниқлаш.....	534
Бахтсизлик ҳолатларида биринчи ёрдам кўрсатиш.....	543
<b>Иловалар.....</b>	<b>545</b>
<b>Тестларнинг жавоби.....</b>	<b>567</b>
<b>Фойдаланилган адабиётлар.....</b>	<b>570</b>

**Каримжон Расулов**

# **АНАЛИТИК КИМЁ**

**Дарслик**

Нашр учун маъсул

Таҳририят мудир

Муҳаррир

Мусаҳҳиҳ

Компьютерда саҳифаловчи

*Н. Халилов*

*М. Миркомил*

*Д. Саъдуллаева*

*Қ. Аvezбаев*

*Ш. Хазратова*

Босишга рухсат этилди 20. 07. 2004 й. Бичими 84x108

Офсет қоғози. Шартли босма табағи 36,25.

Нашр табағи 36,0. Адади 500. 281 - буюртма

Андоза нусхаси Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги «ЎАЖБНТ» Марказининг компьютер бўлимида тайёрланди.

**TOSHKENT AXBOROT  
TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETINING**  
матбаа бўлими (Тошкент ш., Юнусобод тум.,  
Амир Темур кўчаси, 108-уй)