К.Р. РАСУЛОВ

АНАЛИТИК КИМЁ

ТОШКЕНТ-2004

543
р-24

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 – 200

БИБЛИОТЕКА
Бух. ТИП и ЛП
№ Ч 3117

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 мудири, кимё фанлари номзоди, доцент **Н.Т.Туробов**

Р $\frac{1707000000-60}{М352(04)-2004}$ қатъий буюртма, 2004

ISBN 5-635-02262-6

© Ғафур Ғулом 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 мустаҳкам 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 анализи" 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 шогирди Д.М.Исмаджоновага чуқур 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 жисмларнинг 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 қўлламасдан туриб амалга ошириб бўлмайди.

Аналитик кимё геология, геокимё, 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.Каримовнинг "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. Мурунтов кони дунёдаги гигант конлар қаторига киради. Республикада кумуш конлари ҳам бор. Булар Навоий ва Наманган вилоятидаги Оқтепа конидир. Ўзбекистон рангли металлар — мис, қўрғошин, рух, волфрам ва шу гуруҳга кирувчи бошқа металларнинг аниқланган захираларига эга.

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

Рангли металлар 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 металлар 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 Тубакат ва Сурхондарёдаги Хўжаикон конларидир.

Республикамиз 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. Кўнғиротда 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 йўлларини амалга ошириш учун аналитик кимёнинг анализ методлари алоҳида аҳамият касб этади. Мамлакатимиз рудаларидан тоза металлар 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 таҳдид 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 номукаммаллиги 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 бўшлиғининг ифлосланиши ҳам республикада экологик хавфсизликка солинаётган таҳдиддир. 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 олтингугурт 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, олтингугурт 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 таҳдид солаётган омиллардан бири экологик муаммо

эканлиги ҳаммамизга аёндир"(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. Миқдорий анализ аввал текшириш санъати деб аталувчи шаклда пайдо бўлди, бу йўл билан олтин ва кумуш каби қимматбаҳо металларнинг тозалиги (пробаси) аниқланар эди. Бу усуллар кўҳна Миср, Юнонистон ва Киев Русида қўлланилган. Ўша 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 (1627-1691йиллар, 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 муттасил амалга оширилди. У томонидан газ анализининг асослари яратилди, кристалларининг шакли бўйича сифат анализини бажаришда микроскопни қўллаш таклиф қилинди.

олий ўқув юртлари 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 металларни 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.Ғ.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^{-6}% 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 молданинг 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, текширилаётган 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 молданинг 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 молданинг бирор хоссасини ифодалайдиган 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.

Биринчи қисм

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:

$$mA+nB=pC$$

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

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

бу ерда, k – тезлик константаси, айни реакцияси учун доимий катталикдир.

Конкрет гомоген реакциялар тенгламаси учун реакция тезлиги ифодасини келтирамиз:

$$NH_4Cl + KOH = NH_4OH + KCl$$

$$\vartheta = k[NH_4Cl] \cdot [KOH]$$

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

$$C + CO_2 = 2CO$$
$$\vartheta = k[CO_2]$$

Массалар таъсири қонуни аналитик кимё анализларида залворли аҳамиятга эга. Сифат анализининг назарий асоси ҳар турли мувозанат ҳолатидаги кимёвий жараёнларга массалар 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.

Қуйидаги реакцияда кимёвий мувозанат қарор топади, деб ҳисоблайлик.

$$FeCl_3 + 3KSCN \rightleftharpoons Fe(SCN)_3 + 3KCl$$

Кимёвий мувозанат ҳолатида тўғри реакция тезлиги (ϑ_1) тескари реакция тезлиги (ϑ_2)га тенглашади, яъни

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 \qquad (2.1)$$

Тўғри реакция тезлиги $\vartheta_1 = k_1[FeCl_3] \cdot [KSCN]^3$

БИБЛИОТЕКА
Бух. ТИП и ЛП
№ Ч 3117

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

$$k_1\cdot[FeCl_3]\cdot[KSCN]^3 = k_2[Fe(SCN)_3]\cdot[KCl]^3$$

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

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[Fe(SCN)_3]\cdot[KCl]^3}{[FeCl_3]\cdot[KSCN]^3} \qquad (2.2)$$

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

$$K_{мув} = \frac{[Fe(SCN)_3]\cdot[KCl]^3}{[FeCl_3]\cdot[KSCN]^3} \qquad (2.3)$$

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 К 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 $mA+nB \rightleftarrows pC+qD$ билан ифодаланадиган реакция учун уч хил мувозанат константаси бўлиши мумкин.

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

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

K_T моддалар табиати ва ҳароратга боғлиқ бўлади.

Тенглама (2.4) даги ҳамма моддалар активликлари ($\alpha=[]\cdot f$) ни $[]\cdot f$ билан алмаштирилса, у ҳолда

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

бу ерда, K_C – концентрацион мувозанат константаси

$F = \frac{f_C^p \cdot f_D^q}{f_A^m \cdot f_B^n}$ 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 $\mu \to 0$, $f \to 1$, у ҳолда $K_C \to K_T$ 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 $Fe^{3+}+F^- \to FeF^{2+}$ таркибида HCl бўлган эритмада бораяпти, деб фараз қилайлик. Бу системада асосий реакция билан биргаликда қуйидаги рақобат реакциялари ҳам бориши мумкин:

$$Fe^{3+}+Cl^- \rightleftarrows FeCl^{2+}$$

$$FeCl^{2+}+Cl^- \rightleftarrows FeCl^{+}+ \ldots\ldots + FeCl_4^-$$

$$F^-+H^+ \rightleftarrows HF$$

$$FeF^{2+}+F^- \rightleftarrows FeF_2^{+}+ \ldots\ldots + FeF_6^{3-}$$

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

$$Fe^{3+},\ FeCl^{2+},\ FeCl_2^{+},\ FeCl_3,\ FeCl_4^-,$$

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:

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

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

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

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

Моляр қисм – айни бир шакл концентрацияси берилган элемент (ион)нинг эритмадаги ҳамма шакллари концентрациялари йиғиндиси (С)нинг қандай қисмини ташкил қилишини кўрсатади: $\gamma = \frac{\square}{C}$.

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:

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

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

$K_ш$ – шартли ёки эффектив мувозанат константаси.

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

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

акциясига киришувчи бегона моддалар концептрациясига 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 $К_ш$ бўлиши мумкин. Маълумотномаларда фақат оддий реакцияларнинг термодинамик мувозанат константалари берилган бўлиб, концентрацион ва шартли мувозанат константалари кўрсатилмайди.

Агар мувозанат константаси К=1 бўлса, бунда тўғри ва тескари реакцияларнинг тезликлари деярли тенглигини (бир хил эканлигини) билдиради. Бордию, К(мув)нинг қиймати 1 дан кичик бўлса, бу тескари реакция катта тезлик билан бораётганлигини билдиради, бинобарин К(мув)нинг сон қийматига қараб реакциянинг қайси томонга бораётганлигини билиш мумкин. Кимёвий мувозанат константаси К(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, $Fe(SCN)_3$ нинг концентрацияси ошганлиги учун эритманинг қизил рангга бўялиши кучаяди. Аксинча, калий хлориднинг кристалларини қўшилиши тескари реакциянинг устунлигини келтириб чиқаради, кимёвий мувозанат чапга силжийди, темир (III)-роданиднинг концентрацияси камаяди. Эритманинг ранги қизил рангдан сариш рангга ўта бошлайди.

Массалар таъсири қонуни қатъий тарзда электролитмаслар 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 парчаланади; 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 α (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:

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

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

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

Агар электролитнинг формуласини KtAn шаклида ифодаланса, ионланиш тенгламаси умумий кўринишда қуйидагича ёзилади:

$$KtAn \rightleftarrows Kt^+ + An^-$$

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

$K_{ион}$ электролитнинг ионларга ажралиш мойиллигини ўлчовидир. $K_{ион}$ 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, CH_3COOH нинг ҳар бир ажралаётган молекуласи биттадан катион (H^+) ва биттадан анион (CH_3COO^-) беришини ҳисобга олиб, ионланиш константаси тенгламасини бошқача кўринишда ёзиш мумкин. Шу мақсадда, иккита ионга парчаланувчи электролит (CH_3COOH)нинг моляр концентрациясини С(мол\л) билан, унинг ионланиш даражасини одатдагидек α билан

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

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

Бу (2.8) тенглама Оствалд (немис олими)нинг суюлтириш 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 суюлтирилмаган бўлса, айни электролит эритмасининг ионланиш даражаси α жуда кичик бўлади, (1-α)нинг қиймати бирга деярли тенг бўлиб қолади. Шу сабабли, бундай электролитлар учун ионланиш константаси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

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

Кўриб ўтилган қонуниятлар асосида эксперимental 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 суюлтириш 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 α=1,35:100=0,0135.

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

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

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:

$[H^+]=C \cdot \alpha$ 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:

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

2.3. Кучли электролитлар назарияси

Кучсиз электролитларнинг ионланиши кимёвий мувозанатга 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.

1-жадвал

KCl нинг 18^0C даги диссоциланиши

Концентрация, Смол/л	2	1	0,5	0,1	0,01
Ионланиш даражаси, α	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 хосдир. 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 тортади 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 квадратига 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. Кристалларни 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 (α) 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 коэффициенти" (f) тушунчаси боғлиқдир. Активлик коэффициентини фанга биринчи марта даниялик олим Н.Беррум киритди. Активлик коэффициенти ионларнинг ҳаракатчанлигини камайтирувчи ва уларнинг кимёвий активлигини сусайтиришга сабабчи бўладиган эритмада юз берадиган ҳодисаларни ифодаловчи катталикдир. Активлик коэффициенти ион активлигининг унинг ҳақиқий моляр концентрациясига нисбати билан ифодаланади.

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

Активлик коэффициенти электростатик кучларни ионнинг кимёвий ҳаракат қобилиятига таъсирини ифодалайди. Активлик коэффициенти f<1 бўлса, ионнинг эритмадаги ҳаракати секинлашганини билдиради; f=1 бўлса, ион эритмада ўз ҳақиқий моляр концентрациясига мутаносиб ҳолда таъсирлаша олади. Бундай ҳолда α=с 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 коэффициенти 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 эритманиниг ион кучи (μ) деб номлаш қабул қилинган. Эритма ион кучи 1921 йил Г.Н.Люис ва М.Рендел томонларидан таклиф қилинган формула бўйича ҳисобланади:

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

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 йигиндисининг ярмига тенгдир.

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

Мисол. 1 литрда 0,005 мол мис(II)-нитрат $Cu(NO_3)_2$ ва 0,001 мол алюминий сулфат $Al_2(SO_4)_3$ сақловчи эритманинг ион кучини ҳисобланг.

Ечиш: $Cu(NO_3)_2 \rightleftarrows Cu^{2+} + 2NO_3^-$; $Al_2(SO_4)_3 \rightleftarrows 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$

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

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

$$-\ell gf = 0{,}5Z^2\sqrt{\mu} \qquad (2.13)$$

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

$$-\ell gf = 0{,}5Z^2\frac{\sqrt{\mu}}{1+\sqrt{\mu}} \qquad (2.14)$$

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. Kt_2 An_3 кўринишдаги

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

$$K_{Kt_2An_3} = \frac{a^2_{Kt^{+3}} \cdot a^3_{An^{2-}}}{a_{Kt_2An_3}} \qquad (2.15)$$

келиб чиқади. Активликлар билан ифодаланган электролитик диссоциланиш константаси (2.15) ҳақиқий ёки термодинамик константа деб аталади. Термодинамик константа қийматидан 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:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

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 (22^0C) тенглиги аниқланган.

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

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

K_a —сув ионланишининг термодинамик константаси бўлиб, 25^0C 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:

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

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

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

келиб чиқади. Бу тенгламага K_aнинг эксперимент қиймати ва сувнинг ионланмаган молекулалари активлиги қийматларини қўйилса, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

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

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:

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

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. 20^0C ҳароратда водород ионларининг концентрацияси $2 \cdot 10^{-4}$ мол/л га тенг бўлса, OH^- ионлари концентрациясини ҳисобланг.

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

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

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

Масалан: $[H^+]=10^{-4}$ бўлганда, $pH=-lg[10^{-4}]=4$, агар $[H^+]=5\cdot10^{-10}$бўлса, $pH=-lg\ 5\cdot10^{-10}=-(0,70-10)=9,30$ 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:

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

Агар $[H^+]\cdot[OH^-]=1\cdot10^{-14}$ тенгламасини логарифмласак ва логарифм белгиларини уларнинг тескари ишоралари билан алмаштирсак,

$$pH + pOH = pK_{H_2O} = 14 \ (25^0C) \qquad (2.23)$$

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

$$pH=p\,K_{H_2O}-pOH=14-pOH$$

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 $2,5\cdot10^{-3}$мол/л бўлса, шу эритманинг pH ва pOH ни ҳисобланг.

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

$$pH=-\ lg\ [H^+]=-lg\ 2,5\cdot10^{-3}=-(lg\ 2,5\cdot lg\ 10^{-3})=-0,3979+3\cong2,6$$

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 pOH кўрсаткичи ҳисобланади:

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

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

2. pOH қиймати асосида эритманинг pH қиймати топилади:

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

Анализларда чўкмаларнинг ҳосил бўлиши ва уларнинг эриши билан борадиган реакцияларда эритмаларнинг pH 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 pH ни тахминий аниқлаш учун кўпинча метил зарғалдоғи, метил, қизил лакмус, фенолфталеин ва бошқа индикаторлардан фойдаланилади. Текширилаётган эритмаларнинг бу индикаторларга таъсирини солиштириб, муҳитнинг тахминий pH қиймати белгиланади. Кўпгина ҳолларда сифат анализи учун шунинг ўзи етарли ҳисобланади.

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

Моддаларнинг электролитик ионланиш даражаси нафақат шу модданинг эритмадаги концентрациясига боғлиқ бўлмасдан, эритмага бошқа электролитлар қўшилишига ҳам боғлиқдир. Кўпинча кучсиз электролитнинг ионланиш даражаси мақсадга мувофиқ равишда эритмага биринчи электролит билан бир исмли (умумий) ион сақловчи кучли электролит қўшиш йўли билан камайтирилади. Бир исмли ионнинг таъсирини массалар таъсири қонуни нуқтаи назаридан осон тушунтириш мумкин. NH_4OH нинг ионланиш жараёнини кўрайлик:

$$NH_4OH \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

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

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

Аммоний гидроксид эритмасига бир исмли ион сақловчи бирор кучли электролит, масалан, NH_4Cl эритмаси қўшилса, аралашмадаги NH_4^+ катионларининг концентрацияси бир неча марта ошади. Шу йўл билан бузилган мувозанат NH_4^+ ва OH^- ионларининг диссоциланмаган NH_4OH молекулалари ҳосил қилиши натижасида янги, бутунлай бошқа ҳолатда вужудга келади.

Бинобарин, эритмага қандайдир бир исмли ион сақловчи кучли электролит қўшилганда кучсиз электролитнинг ионланиш даражаси камаяди.

Қуйидаги тажрибани қилиб кўриш бу фикрнинг тўғрилигини тасдиқлайди. NH_4OH эритмасига 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, NH_4Cl қўшиб, у эриб кетгунча чайқатамиз, натижада эритманинг ранги олдингига қараганда анча нимранг бўлиб қолади. Биноба-

рин, иккинчи қисм эритмада OH^- ионларининг концентрацияси биринчи қисм эритмадагига нисбатан камдир.

Шунга ўхшаш сирка кислота CH_3COOH эритмасидаги H^+ ионларининг концентрациясини камайтириш учун эритмага айни кислотанинг тузидан озроқ, масалан, бир исмли ион CH_3COO^- 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 OH^- ионларини бу эритмага бирор кислота қўшиш билан жуда оз ионланадиган H_2O молекулаларига айлантириш мумкин, бу ўз навбатида NH_4OH нинг янги молекулаларини ионлаштиради. Бинобарин, ионланмаган молекулалар ионланиши натижасида эритмада камайиб кетаётган ионлар ўрнини тўлдирувчи захира вазифасини бажаради.

$$NH_4OH+HCl \rightleftarrows NH_4Cl+H_2O$$

NH_4OH ва H_2O кучсиз электролитлар бўлиб, улар эритмада, асосан, ионланмаган молекулалар ҳолида бўлади. Аксинча, кучли электролитлар HCl ва NH_4Cl эритмада ионлар ҳолида бўлади.

$$NH_4OH+H^++Cl^- \rightleftarrows NH_4^++Cl^-+H_2O$$

қисқартирилган ҳолда,

$$NH_4OH+H^+ \rightleftarrows NH_4^++H_2O$$

Бу жараёнда ионланмаган NH_4OH молекулалари эритмадан йўқолиб, NH_4^+ ионлари йиғилади.

CH_3COOH ва NaOH орасида борадиган реакцияни ҳам юқоридагига ўхшаш тенглама билан ифодалаш мумкин.

$$CH_3COOH+NaOH \rightleftarrows CH_3COONa+H_2O$$

$$CH_3COOH + Na^+ + OH^- \rightleftarrows CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$$

қисқартирилган ҳолатда,

$$CH_3COOH + OH^- \rightleftarrows CH_3COO^- + H_2O$$

Буфер.

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 H^+ ионлари концентрациясини амалда ўзгартирмай сақлаб туриш хоссаси буфер таъсири деб аталади.

Кўп бўлмаган ҳажмда кучли кислоталар ва ишқорлар қўшилганда, шунингдек суюлтиришдан pH 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 CH_3COOH ва натрий ацетат CH_3COONa аралашмаси; аммиакли буфер эритма – аммоний гидроксид NH_4OH ва аммоний хлорид NH_4Cl аралашмасидан иборат.

Концентрациялари 0,1М бўлган CH_3COOH ва CH_3COONa аралашмасининг бир литрига 0,01 мол HCl қўшилса, эритмадаги H^+ ионларининг концентрацияси деярли ортмайди, чунки бу ионлар эркин ҳолатда қолмасдан, дарҳол натрий ацетатнинг CH_3COO^- ионлари билан боғланиб, кам диссоциаланувчи CH_3COOH молекуларига айланади.

$$CH_3COONa + HCl = CH_3COOH + NaCl$$

ионли ҳолатда,

$$CH_3COO^- + Na^+ + H^+ + Cl^- = CH_3COOH + Na^+ + Cl^-$$
$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$

Шунинг учун эритманинг pHи деярли ўзгармайди.

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

$$CH_3COOH+NaOH=CH_3COONa+H_2O$$

ионли ҳолатда,

$$CH_3COOH+Na^++OH^-=CH_3COO^-+Na^++H_2O$$
$$CH_3COOH+OH^-=CH_3COO^-+H_2O$$

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

Аммонийли буфер эритма (NH_4OH+NH_4Cl)га ишқор қўшилганда борадиган жараённи қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$NH_4Cl+NaOH=NH_4OH+NaCl$$

ионли ҳолатда

$$NH_4^++Cl^-+Na^++OH^-=NH_4OH+Na^++Cl^-$$

қисқартирилган кўринишда

$$NH_4^++OH^-=NH_4OH$$

Ишқор қўшилганда, эритмадаги OH^- ионлари концентрацияси ортиб кетиши кузатилиши лозим эди. Лекин аммонийли буфер эритмада кўп миқдорда яхши диссоциланувчи NH_4Cl ҳисобига ҳосил бўлувчи NH_4^+ катионлари бўлади ва бу катионлар қўшилган OH^- ионларини боғлаб кам диссоциланувчи NH_4OH молекулаларини ҳосил қилади. Шундай қилиб, OH^- ионларининг концентрацияси ошиб кетмайди, pH қиймати ўзгармай қолади.

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

$$NH_4OH+HCl=NH_4Cl+H_2O$$

ионли ҳолатда

$$NH_4OH+H^++Cl^-=NH_4^++Cl^-+H_2O$$

қисқартирилган ионли кўринишида:

$$NH_4OH+H^+=NH_4^++H_2O$$

Кучли кислота қўшилганда H^+ ионлари аммоний гидроксиднинг OH^- ионлари билан бирикиб, кам диссоциланувчи сув молекулаларини ҳосил қилади. Сарф бўлган OH^- ионлари ўрни NH_4OH нинг диссоциланишидан ҳосил бўлган OH^- ионлари ҳисобига тўлдирилади ва шу ҳисобига эритманинг pH қиймати деярли ўзгармайди.

Шундай қилиб, буфер аралашмаларнинг pH қийматини амалда доимий сақлаб туриш хусусияти уларнинг айрим компонентлари эритмага киритилган (ёки реакция натижасида ҳосил бўлган) кислота ёки асосларнинг H^+ ёки OH^- ионларини ўзига боғлаб олишига асосланган дир.

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 HCl ёки NaOH қўшилса, ҳар икки ҳолда ҳам эритманинг pH қиймати кескин ўзгаради. Чунки, ундаги NH_4OH ёки NH_4Cl H^+ ёки OH^- ионларини боғлашга етмайди, эритмага қўшилган кислота ёки ишқор ортиб қолади ва pH қийматини кескин ўзгартириб юборади.

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

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

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

ми анча катта бўлгандагина эритма pH 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 pH 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 pH қийматларини доимий ушлаб туришга ёрдам беради. Тупроқ ҳам буфер хоссаларига эга бўлиб, тупроқ эритмасини pH қийматини ўзгартирувчи ташқи омиллар таъсиридан ҳимоя қилади.

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

1. Кучсиз кислоталар билан уларнинг тузлари аралашмасидан ҳосил бўлган буфер аралашмалар. Мисол тариқасида CH_3COOH ва CH_3COONa дан иборат буфер эритмани оламиз. Сирка кислотанинг ионланиш константаси тенгламасидан $[H^+]$ нинг қийматини топилади:

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

$$K_{CH_3COOH} = \frac{[H^+]\cdot[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \qquad (2.24)$$

бундан,

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

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

$$[CH_3COOH] \approx C_{кисл}$$

деб қабул қилиш мумкин.

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

$$[CH_3COO^-] \approx C_{туз}$$

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

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

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

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

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

$$pH = pK_{кисл} - \lg \frac{C_{кисл}}{C_{туз}}; \qquad (2.28)$$

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

ламасини NH_4OH ва NH_4Cl дан иборат буфер эритма мисолида келтириб чиқарамиз. NH_4OH нинг ионланиш константаси тенгламасидан $[OH^-]$ нинг қиймати топилади:

$$NH_4OH \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

$$K_{NH_4OH} = \frac{[NH_4^+]\cdot[OH^-]}{[NH_4OH]}, \qquad (2.29)$$

бу тенглама(2.29)дан,

$$[OH^-] = \frac{K_{асос}\cdot[NH_4OH]}{[NH_4^+]} \qquad (2.30)$$

$[NH_4OH]=C_{асос}$ ва $[NH_4^+]=C_{туз}$ ҳисоблаб, юқоридаги тенглама(2.30)га бу белгиларни қўйилади:

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

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

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

$$pOH=pK_{асос}-\lg\frac{C_{асос}}{C_{туз}} \qquad (2.33)$$

келиб чиқади, $pH+pOH=14$ бўлганлиги учун, демак:

$$pH=14-pOH=14-pK_{асос}+\lg\frac{C_{асос}}{C_{туз}} \qquad (2.34)$$

Буфер эритмаларнинг pH қийматини ҳисоблашга доир мисоллар келтирамиз.

1-мисол. CH_3COOH ва CH_3COONa дан иборат буфер эритмада ҳар бир моддадан 0,1 молдан бор. Шу аралашманинг pH қийматини ҳисобланг. 1л буфер эритмага а) 0,01 мол HCl; б) 0,01 мол NaOH қўшилганда, в) аралашмани сув билан 100 марта суюлтирилганда pH нинг қиймати қандай ўзгаришини ҳисобланг.

Ечиш:

1. Буфер эритма pH ни, сирка кислота учун pK=4,76 эканлигини маълумотномадан билган ҳолда ҳисобланади.

$$pH=pK_{кис}-\lg\frac{C_{кисл}}{C_{туз}};\ pH=4,76-\lg\frac{0,1}{0,1}=4,76$$

2. Буфер эритманинг бир литрига 0,01 мол HCl қўшилганда эритмадаги CH_3COONa нинг 0,01 мол миқдори шунча молдаги CH_3COOH га айланади: $C_{кисл}=0,1+0,01=0,11$ мол, $C_{туз}=0,1-0,01=0,09$ мол бўлиб қолади. Демак, pH=4,76-$\lg\frac{0,11}{0,09}=4,67$.

3. Шунга ўхшаш, 1 литр эритмага 0,01 мол NaOH қўшилганда 0,01 мол CH_3COOH шунча мол CH_3COONa га айланади.

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

Бинобарин,

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

4. Ниҳоят, эритма 100 марта суюлтирилганда ҳар бир таркибий қисмга кирувчи CH_3COOH ва CH_3COONa нинг концентрациялари юз марта камайиб, 0,001 мол бўлиб қолади:

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

2-мисол. NH_4OH ва NH_4Cl дан иборат буфер эритмада ҳар бир моддадан 0,1 молдан бўлса, шу эритмани pH қийма-

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

Ечиш:

1. Буфер эритманинг pH ни ҳисобланади: маълумотномада $pK_{NH_4OH}=4,75$

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

2. 0,01 мол HCl қўшилганда $C_{асос}$ қиймати камайиб, $C_{асос}=0,1-0,01=0,09$ мол, туз концентрацияси ошиб, $C_{туз}=0,1+0,01=0,11$ 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, $C_{асос}=0,1+0,01=0,11$ мол бўлади, туз концентрацияси камайиб, $C_{туз}=0,1-0,01=0,09$ мол бўлиб қолади. Демак:

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

4. Эритма 10 марта суюлтирилганда, буфер эритмадаги $[NH_4OH]=[NH_4Cl]=0,01$ мол бўлади. Ниҳоят:

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

3-мисол. $CH_3COOH+CH_3COONa$ таркибли буфер эритмадаги ҳар бир модданинг концентрацияси 0,1 молдан бўлса, а) CH_3COOH концентрациясини; б) CH_3COONa концентрациясини 10 марта оширилганда буфер эритманинг pH қиймати қандай ўзгаради.

Ечиш:

1. Сирка кислотанинг концетрацияси 10 марта оширилса, $C_{кисл}=0,1\cdot10=1$ мол бўлиб қолади. Бинобарин, эритма pH нинг қиймати қуйидагича топилади:

$$pH=4,76-\lg\frac{1}{0,1}=4,76-\lg10=4,76-1=3,76$$

2. Тузнинг концентрациясини 10 марта оширсак, $C_{туз}=0,1\cdot10=1$ мол бўлади. Бинобарин:

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

Юқоридаги 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 pH 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 pH қийматини сақлаб туриш хусусияти буфер эритмаларнинг қандай таъсирига асосланган?
12. Эритмаларнинг буфер сиғими нима билан аниқланади ва нима билан ўлчанади?

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

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

Тестлар

1. Кучсиз электролитнинг ионланиш даражаси қайси формула бўйича ҳисобланади?

A) $\alpha = \frac{C_{умум}}{Ci}$;

B) $\alpha = C_{умум} \cdot Ci$;

C) $\alpha = \frac{Ci}{C_{умум}}$;

Д) $\alpha = C_{умум} - Ci$;

E) $\alpha = Ci - C_{умум.}$

2. Электролитнинг ионланиш даражаси қандай омилларга боғлиқ?

A) Ҳароратга;
B) Концентрацияга;
C) Ионланиш константасига;
Д) Ҳарорат, концентрация ва ионланиш константасига;
E) Босимга.

3. Ионланиш константаси қиймати қандай омилларга боғлиқ?

A) Ҳароратга;
B) Концентрацияга;
C) Ҳарорат ва концентрацияга;
Д) Ионланиш даражасига;
E) 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) $\alpha = \frac{C_1}{C_{умум}}$;

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 термокимёвий эффектлари;

С) Рентгенографик текширишлар;

Д) Спектрал, рентгенографик текширишлар ва реакцияларнинг термокимёвий эффектлари.

Е) Спектрал ва рентгенографик текширишлар.

7. Кучли электролитларнинг ионланиш жараёнининг миқдорий тавсифи нима ҳисобланади?

A) Ҳақиқий ионланиш даражаси;
B) Ионланиш константаси;
C) Эффектив ионланиш даражаси;
Д) Активлик коэффициенти;
E) Эритманинг ион кучи.

8. Қуйидаги тушунчалардан қайсилари кучли электролитлар эритмаларининг хусусиятларини ифодалайди?
A) Ионланиш константаси;
B) Ионланиш даражаси;
C) Эритманинг ион кучи;
Д) Ионлар активлиги;
E) Ион кучи ва ионлар активлиги.

9. Ионларнинг эффектив концентрациялари уларнинг умумий аналитик концентрациясига нисбати қандай номланади?
A) Активлик;
B) Активлик коэффициенти;
C) Эритманинг ион кучи;
Д) Диссоциланиш константаси;
E) Ионланиш даражаси.

10. Эритмадаги ионлар активликлари қуйидаги қайси формула бўйича ҳисобланади?

A) $a = \frac{c}{fa}$;

B) $a = \frac{fa}{c}$;

C) $a = c \cdot f$;

Д) $a = \frac{Ci}{C_{умум}}$;

E) $a = Ci \cdot C_{умум}$.

11. Ионлар активлиги қандай бирликда ифодаланади?
A) Граммлар;
B) Молларда;

C) 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) $\mu = -\frac{1}{2}\sum Ci \cdot Zi;$

В) $\mu = \frac{1}{2}\sum Ci \cdot Zi^2;$

С) $\mu = \sum Ci \cdot Zi^2;$

Д) $\mu = \frac{1}{2} Ci \cdot Zi^2;$

Е) $\mu = \frac{1}{2} Ci^2 \cdot Zi.$

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 $CuSO_4$ ва 0,001 мол/л $NaNO_3$ сақловчи эритманинг ион кучи нечага тенг бўлади?
А) 0,006;
В) 0,06;
С) 0,01125;
Д) 0,15;

E) 0,03.

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

A) 0,0075;
B) 0,005;
C) 0,0125;
Д) 0,045;
E) 0,015.

17. Қандай электролитлар ион кучи ва активлик билан тавсифланади?

A) фақат кучли электролитлар;
B) фақат кучсиз электролитлар;
C) кучли ва кучсиз электролитлар;
Д) кучли, кучсиз, қийин эрувчи электролитлар;
E) оз эрувчан электролитлар.

18. Сувнинг ион кўпайтмаси қайси формула билан ифодаланади?

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

B) $K_{W_2O} = [H^+]\cdot[OH^-]$;

C) $K_{H_2O} = -\ell g[H^+]$;

Д) $K_{H_2O} = -\ell g K_{вод}$;

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

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

A) 10^{-7};
B) 10^{-14};
C) 7;
Д) 1;
E) 14.

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

A) pH+pOH=14;
B) pH+pOH=10^{-14};
C) pH-pOH=14;
Д) pH+pOH=10^{14};
E) $pH = \frac{10^{-14}}{pOH}$.

21. Кислотали эритма водород ионларининг қандай концентрацияси билан тавсифланади?

A) $[H^+]>10^{-7}$ мол/л;
B) $[H^+]<10^{-7}$ мол/л;
C) $[H^+]=10^{-7}$ мол/л;
Д) $[H^+]>10^{-14}$ мол/л;
E) $[H^+]>10^{-14}$ мол/л.

22. Ишқорий эритма гидроксид ионларининг қандай концентрацияси билан тавсифланади?

A) $[OH^-]=10^{-7}$ мол/л;
B) $[OH^-]>10^{-7}$ мол/л;
C) $[OH^-]<10^{-7}$ мол/л;
Д) $[OH^-]=[H^+]$;
E) $[OH^-]=10^{-14}$ мол/л.

23. pH нинг қандай қийматида эритманинг ишқорийлиги катта бўлади?

A) 8;
B) 10;
C) 9;
Д) 12;
E) 13.

24. Эритма pH нинг қандай қийматида нисбатан кислотали бўлади?

A) 1;
B) 2;
C) 3;
Д) 5;

E) 6.

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

A) $4,2 \cdot 10^{-4}$%;
B) $8,1 \cdot 10^{-4}$%;
C) $4,2 \cdot 10^{-6}$%;
Д) 0,024%;
E) 4,2%.

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

A) $4,2 \cdot 10^{-4}$;
B) $8,1 \cdot 10^{-4}$;
C) $4,2 \cdot 10^{-6}$;
Д) $9,1 \cdot 10^{-3}$;
E) $2,1 \cdot 10^{-4}$.

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

A) $1,8 \cdot 10^{-6}$;
B) $1,8 \cdot 10^{-4}$;
C) $1,35 \cdot 10^{-3}$;
Д) $4,75 \cdot 10^{-4}$;
E) $1,8 \cdot 10^{-5}$.

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

A) $4,2 \cdot 10^{-4}$мол/л;
B) $2,56 \cdot 10^{-4}$ мол/л;
C) $4,2 \cdot 10^{-6}$мол/л;
Д) 0,024 мол/л;
E) 0,42 мол/л.

29. Қуйидаги келтирилган моддалар аралашмасининг қайсиниси буфер аралашма ҳисобланмайди?

A) $NaOH+NaCl$;
B) $CH_3COOH+CH_3COONa$;
C) NH_4Cl+NH_4OH;
Д) $Na_2CO_3+NaHCO_3$;
E) $HCOOH+HCOOK$.

30. Ацетатли буфер эритманинг pH қийматини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топилади?

A) $pH=pK+\ell g\frac{C_{кисл}}{C_{туз}}$;

B) $pH=pK+\ell g\frac{C_{туз}}{C_{кисл}}$;

C) $pH=pK-\ell g\frac{C_{кисл}}{C_{туз}}$;

Д) $pH=pK-\ell g\frac{C_{туз}}{C_{кисл}}$;

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

31. Аммонийли буфер аралашманинг pH қийматини қуйидаги формуладан топилади?

A) $pH=pK-\ell g\frac{C_{асос}}{C_{туз}}$;

B) $pH=pK+\ell g\frac{C_{асос}}{C_{туз}}$;

C) $pH=pK-\ell g\frac{C_{туз}}{C_{асос}}$;

Д) $pH=14-pK-\ell g\frac{C_{асос}}{C_{туз}}$;

E) $pH=14-pK+\ell g\frac{C_{асос}}{C_{туз}}$.

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

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

33. 0,01 мол/л CH_3COONa сақловчи буфер эритманинг pH қанчага тенг?

A) 1,76;
B) 6,46;
C) 7,21;
Д) 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 pHи қандай бўлади?

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

35. 1,7 г калий формиат ва 17 г чумоли кислота ($K_{ион}=2\cdot10^{-4}$)ни 2 литр сувга қўшишдан ҳосил бўлган эритманинг pH қиймати нечага тенг бўлади?

A) 1,44;
B) 2,44;
C) 3,44;
Д) 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 pH и қандай бўлади?

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

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

A) 1:1;
B) 1:2;
C) 2:1;
Д) 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 сулфат $BaSO_4$ ни сувга солинади. $BaSO_4$нинг кристаллик панжараси Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионларидан ҳосил бўлган бўлиб, эриш жараёнида бу ионлар сув диполлари таъсирида кристаллар юзасидан эритмага ўта бошлайди. Эриш жараёнида тескари бўлган жараён - $BaSO_4$нинг чўкиши ҳам бошланади. Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионлари эритмада $BaSO_4$ 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 жараённининг бориши ҳамиша динамик мувозанатга олиб келадики, бунда вақт бирлигида қаттиқ фазанинг сирт бирлигидан қанча Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионлар эритмага ўтса, шунча сондаги ионлар эритмадан чўкмага ўтади. Мувозанат бошлангандан кейин эритмада Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионларининг кўпайиши, шунингдек, қаттиқ фаза $BaSO_4$ миқдорининг камайиши ҳам тўхтайди, барий сулфатнинг тўйинган эритмаси ҳосил бўлади:

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{2+} + SO_4^{2-}.$$

Тўйинган эритмага мувозанатдаги система деб ҳисоблаб, массалар таъсири қонунини қўллаш мумкин. Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионларини эритмага ўтиш жараёни тезлигини ϑ_1 белгилаймиз. Бу тезлик (ϑ_1) сирт бирлигидаги Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионлари сонига пропорционалдир. Мувозанат ҳолатда ионларнинг бу сони ўзгармай қолади. Қаттиқ фаза $BaSO_4$ нинг эриш тезлиги сиртга боғлиқ бўлганлиги учун, ϑ_1нинг ифодаси ёзилганда, математик кўринишга қаттиқ модданинг концентрацияси эмас, балки унинг сирт бирлиги киритилади, бинобарин,

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

бўлади, бу ерда S=1см² бўлганлиги учун $\vartheta_1 = k_1$ га тенг бўлиб қолади.

Қайтар жараён - Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионларининг $BaSO_4$ кристалларига чўкиш тезлиги ϑ_2 ана шу ионларнинг вақт бирлиги ичида сирт бирлиги билан тўқнашиш сонига боғлиқ. Эритмада ионлар ҳаракатининг тезлигини камайтирувчи ионлараро кучи бўлмаганда эди, у эритмадаги Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионларининг концентрациясига боглиқ бўлар эди. Бу ионлараро кучларнинг таъсирини ҳисобга олиш учун ионларнинг моляр концентрациясини активлик билан ифодалашга тўғри келади, бинобарин,

$$\vartheta_2 = K_2 \cdot a_{Ba^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}} \qquad (3.2)$$

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

$$k_1 = k_2 \cdot a_{Ba^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}} \qquad (3.3)$$

Тезлик константаларини тенглама(3.3)нинг чап томонига жойлаштирилса:

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

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

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

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:

$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftarrows 3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-}$$

$$ЭК_{Ca_3(PO_4)_2} = a^3_{Ca^{2+}} \cdot a^2_{PO_4^{3-}} \qquad (3.6)$$

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_{K1+} 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.

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

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 билатуриб, эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаб топиш мумкин.

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

1-мисол. 1 литр тўйинган эритмада 18^0 С да 0,0002215г туз сақловчи калций фосфатнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

Ечиш:

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

$$Mr(Ca_3(PO_4)_2) = 310{,}18$$

$$[Ca_3(PO_4)_2] = \frac{0{,}0002215}{310{,}18} = 7{,}14 \cdot 10^{-7}\ мол/л$$

2. Ҳар бир ионнинг концентрацияси ҳисобланади:

$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftarrows 3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-},$$

бинобарин,

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

$$[PO_4^{3-}] = 2 \cdot 7{,}14 \cdot 10^{-7} = 14{,}28 \cdot 10^{-7} = 1{,}428 \cdot 10^{-6}\ мол/л$$

3. Тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисоблаб чиқарилади:

$$ЭК_{Ca_3(PO_4)_2} = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2 = (2{,}142 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (1{,}428 \cdot 10^{-6})^2$$
$$= (9{,}829 \cdot 10^{-18}) \cdot (2{,}039 \cdot 10^{-12}) = 2{,}004 \cdot 10^{-29}$$

2-мисол. Калций сулфатнинг 20^0C даги эрувчанлиги 2 г/л. $CaSO_4$ нинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.

Ечиш:

1. $CaSO_4$ нинг тўйинган эритмасининг моляр концентрациясини топилади:

$$Mr(CaSO_4) = 136$$

$$[CaSO_4] = \frac{2}{136} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ мол/л$$

2. Шу эритманинг ион кучини ҳисоблаб топилади: $CaSO_4$нинг ҳар молекуласи диссоциланганда:

$$CaSO_4 \rightleftarrows Ca^{2+} + SO_4^{2-}$$

$[Ca^{2+}]=1{,}5\cdot10^{-2}$ мол/л: $[SO_4^{2-}]=1{,}5\cdot10^{-2}$ мол/л бўлади. Шу асосда эритманинг ион кучи:

$$\mu = \frac{1}{2}(C_{Ca^{2+}} \cdot Z^2 + C_{SO_4^{2-}} Z^2) = \frac{1}{2}(1{,}5\cdot10^{-2}\cdot4 + 1{,}5\cdot10^{-2}\cdot4) = 0{,}06$$

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

$$f_{Ca^{2+}} = 0{,}42; \qquad f_{SO_4^{2-}} = 0{,}42;$$

4. Ниҳоят, ионларнинг концентрацияси ва уларнинг активлик коэффициентлари асосида $CaSO_4$нинг эрувчанлик кўпайтмаси ҳисобланади:

$$ЭК_{CaSO_4} = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \cdot f_{Ca^{2+}} \cdot f_{SO_4^{2-}} = (1{,}5\cdot10^{-2}\cdot0{,}42)^2 = 4\cdot10^{-5}$$

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

3-мисол. Магний гидроксид $Mg(OH)_2$ нинг эрувчанлик кўпайтмаси $5\cdot10^{-12}$ га тенг. Унинг 25^0 С даги эрувчанлигини ҳисобланг.

Ечиш:

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

$$Mg(OH)_2 \rightleftarrows Mg^{2+}+2OH^-$$

Шу тенглама асосида ЭК ифодаси ёзилади:

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

$$ЭК_{Mg(OH)_2} = 5\cdot10^{-12} \text{ бўлганлигидан } 4x^3=5\cdot10^{-12}$$

Бундан,

$$x=\sqrt[3]{\frac{5\cdot10^{-12}}{4}}=\sqrt[3]{1{,}25\cdot10^{-12}}=1{,}075\cdot10^{-4}\ мол/л=1{,}1\cdot10^{-4}\ мол/л$$

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

$$Mr(Mg(OH)_2)=58{,}3$$
$$Э=1{,}1\cdot10^{-4}\cdot58{,}3\approx6{,}4\cdot10^{-3}\ г/л$$

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:

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = ЭК_{BaSO_4}$$

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

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] < ЭК_{BaSO_4}$$

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:

$$[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] > ЭК_{BaSO_4}$$

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 сулфатнинг тўйинган эритмасига бир исмли SO_4^{2-} аниони сақловчи сулфат кислота ёки натрий сулфат (кучли электролит) қўшилса, аввал ион кўпайтмаси $BaSO_4$нинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматига етади, сўнгра бу қийматдан ошиб кетади. Ўта тўйинган эритмадан айни температурада барий сулфат 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 сулфатлар, чунончи $BaSO_4$, $CaSO_4$ ва $SrSO_4$ларнинг эрувчанлиги KCl, KNO_3, $NaNO_3$ 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 KNO_3 ёки $NaNO_3$ киритилганда ионларнинг умумий концентрацияси ошади, бинобарин ионлараро ўзаро таъсир кучи ортади, шу ҳисобига ҳаракатчанлиги камайган Ba^{2+} ва SO_4^{2-} ионлари $BaSO_4$ кристаллари сирти билан камроқ тўқнашади. Ўз-ўзидан тушунарлики, бунда эриш жараёни ионларнинг эритмадан чўкиш жараёнига нисбатан устунликка эга бўлиб, $BaSO_4$нинг эрувчанлиги ортади. Шуни ҳам таъкидлаш керакки, туз эффекти бир зарядли ионлар берувчи (масалан KNO_3)ларга нисбатан икки зарядли ионлар берувчи (м-н, K_2SO_4) тузлар қўшилганда кўпроқ бўлади.

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

1-мисол. $ЭК_{BaSO_4}$ қийматидан Na_2SO_4 нинг 0,01 М эритмасидаги $BaSO_4$ нинг эрувчанлигини ҳисобланг ва уни шу тузнинг сувдаги эрувчанлиги билан таққосланг.

Ечиш:

1. $BaSO_4$ нинг аниқланиши лозим бўлган эрувчанлигини X билан белгилаймиз. $BaSO_4$нинг бу х моли х мол/л Ba^{2+} ва х мол/л SO_4^{2-} ионларини беради. Шу билан бирга SO_4^{2-} ионлари Na_2SO_4нинг ионланишидан ҳам ҳосил бўлади ва SO_4^{2-} ионларининг концентрацияси 0,01 мол/л бўлади. Шундай қилиб,

$$[Ba^{2+}]=x;\ [SO_4^{2-}]=x+0,01$$

Бу қийматларни $ЭК_{BaSO_4}$ тенгламасига қўйилса, қуйидаги кўриниш ҳосил бўлади.

$$ЭК_{BaSO_4} = 1,1 \cdot 10^{-10} \approx x(0,01+x)$$

Агар $BaSO_4$ эрувчанлиги жуда камлигини ва шунга кўра x нинг қиймати 0,01 га нисбатан жуда кичик бўлгани учун, уни эътиборга олинмаса, ҳисоблаш соддалашади:

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

2. $BaSO_4$нинг сувдаги эрувчанлиги қуйидагича топилади:

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

3. Эритмада 0,01 мол/л Na_2SO_4нинг бўлиши $BaSO_4$иинг эрувчанлигини тахминан 950 марта камайтиради

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

2-мисол. KNO_3нинг 0,1М эритмасидаги $BaSO_4$нинг эрувчанлигини ҳисобланг.

Ечиш:

1. Эритманинг ион кучини ҳисоблаймиз. Ион кучи амалда KNO_3нинг концентрациясига боғлиқ бўлади.

$$KNO_3 = K^+ + NO_3^-$$

$$\mu = \frac{1}{2}(0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1$$

Бинобарин, жадвалдан ионларнинг (Ba^{2+}, SO_4^{2-}) активлик коэффициентлари топилади:

$$f_{Ba^{2+}} = f_{SO_4^{2-}} = 0,33$$

2. $BaSO_4$нинг аниқланиши лозим бўлган эрувчанлигини x билан белгиланса:

$$BaSO_4 \rightleftarrows Ba^{2+} + SO_4^{2-}$$

$$ЭК_{BaSO_4} = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \cdot f_{Ba^{2+}} \cdot f_{SO_4^{2-}}$$

$$ЭК_{BaSO_4} = (x) \cdot (x) \cdot 0{,}33^2 = x^2 \cdot 0{,}33^2 = 1{,}1 \cdot 10^{-10}$$ бўлади.

Бундан,

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

Бинобарин, 0,1 мол/л KNO_3 иштирокида $BaSO_4$нинг эрувчанлиги тахминан 3 марта ортиши (туз эффекти) кузатилади:

$$\frac{3{,}2 \cdot 10^{-5}}{1{,}05 \cdot 10^{-5}} = 3{,}0$$ 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 ҳамиша 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 pH қийматига ва баъзи бошқа омилларга боғлиқ.

Чўкишга ионлар концентрациясининг таъсири. Олайлик, қўрғошин тузи эритмаси хоҳлаган эрувчан хлоридлар, масалан KCl билан аралаштирилади. Бунда қўрғошин ионлари Pb^{2+} хлорид Cl^- ионлари билан учрашиб ўртача эрувчан электролит $PbCl_2$ ҳосил қилади. Лекин қўрғошин (II)-хлориднинг ҳақиқатда чўкиш-чўкмаслиги эритманинг шу тузга нисбатан ўта тўйинган бўлишига боғлиқдир. Эритма эса Pb^{2+} ва Cl^- ионлари концентрацияларининг кўпайтмаси ЭК($PbCl_2$)нинг 25°C да $1,6\cdot10^{-5}$ га тенг бўлган қийматидан ортиқ бўлгандагина ўта тўйинган бўлади. Демак, берилган шароитда шу тузнинг чўкиш-чўкмаслигини назарий жиҳатдан олдиндан ҳисоблаш мумкин.

1-мисол. Қўрғошин ацетат $Pb(CH_3COO)_2$нинг 0,05 М эритмасига тенг ҳажмли калий хлориднинг 0,5 М эритмаси қўшилди.

Бунда чўкма тушадими?

Ечиш:

1. Эритмалар аралаштирилганда уларнинг ҳажми икки марта ортади ва ҳар бир модда концентрацияси ўзгариб, $Pb(CH_3COO)_2$ нинг концентрацияси 0,025 М ва KCL концентрацияси 0,25 М бўлиб қолади. Pb^{2+} ва Cl^- ионлари концентрациялари эритмалар аралаштирилган дақиқада қуйидагича бўлади:

$$[Pb^{2+}]=2,5\cdot10^{-2} \text{ мол/л}; [Cl^-]=2,5\cdot10^{-1} \text{ мол/л}.$$

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

$$[Pb^{2+}]\cdot[Cl^-]^2=2,5\cdot10^{-2}\cdot(2,5\cdot10^{-1})^2=1,56\cdot10^{-3}$$

келиб чиққан қиймат $1,56\cdot10^{-3}$ қўрғошин (II)-хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси қиймати $1,6\cdot10^{-5}$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 тўхтайди.

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 батафсил мисоллар ёрдамида кўрайлик. Ba^{2+} ва Ca^{2+} катионларини текширилаётган эритмадан сулфатлар, хроматлар, карбонатлар ва оксалатлар ҳолида чўктириш мумкин. Бу бирикмаларнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматлари қуйидагичадир:

$$ЭК_{BaSO_4} = 1{,}1 \cdot 10^{-10}; \qquad ЭК_{CaSO_4} = 6{,}1 \cdot 10^{-5}$$

$$ЭК_{BaCrO_4} = 2{,}4 \cdot 10^{-10}; \qquad ЭК_{CaCrO_4} = 2{,}3 \cdot 10^{-2}$$

$$ЭК_{BaCO_3} = 8{,}0 \cdot 10^{-9}; \qquad ЭК_{CaCO_3} = 4{,}8 \cdot 10^{-9}$$

$$ЭК_{BaC_2O_4} = 1{,}6 \cdot 10^{-7}; \qquad ЭК_{CaC_2O_4} = 2{,}6 \cdot 10^{-9}$$

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:

$$SO_4^{2-} > CrO_4^{2-} > CO_3^{2-} > C_2O_4^{2-}$$

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

$$C_2O_4^{2-} > CO_3^{2-} > SO_4^{2-} > CrO_4^{2-}$$

Чўкиш жараёнига чўктирувчи миқдорининг таъсири. Қўшиладиган чўктирувчи миқдори эквивалент миқдордан, яъни реакция тенгламаси бўйича талаб қилинганидан кам олинмагандагина ҳар қандай ион тўла чўкади, 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 қийматига 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 $ЭК_{PbSO_4}$ га тенг бўлганлиги сабабли чўктирувчи (H_2SO_4, Na_2SO_4)ни ортиқча қўшиш 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.

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

мумкин бўларди. Аммо, ҳақиқатда бундай эмас, сулфат кислотани жуда ҳам ортиқча қўшсак, у чўкманинг эрувчанлигини камайтириш у ёқда турсин, балки оширади, чунки бунда ионланиш константаси $K_{HSO_4^-} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ бўлган HSO_4^- иони ҳосил бўлади.

$$PbSO_4\downarrow + 2H^+ \rightarrow Pb^{2+} + 2HSO_4^-$$

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

$$Al(OH)_3\downarrow + OH^- \rightarrow [Al(OH)_4]^-$$

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 ҳисобдагидан бир ярим баравар ортиқ, баъзида эса бундан ҳам кам қўшилади.

Чўкишга чўктирувчининг ионланиши таъсири. Тўлиқ чўктириш учун чўктирувчи реагентнинг диссоциланиш даражаси муҳим аҳамиятга эга. Масалан, Mg^{2+} катионини $Mg(OH)_2$ ҳолида чўктириш учун KOH билан NH_4OH таъсири ўртасида катта фарқ бор. 0,1M эритмада KOH 100% диссоциланса, NH_4OH худди шундай 0,1M эритмада борйўғи 1% диссоциланади. Чўктирувчиларнинг бир хил ортиқча миқдори олинганда NH_4OH калий гидроксидга нисбатан 100 марта кам концентрациядаги OH^- ионларини ҳосил қилади. Бошқача айтганда, кам диссоциланувчи аммоний гидроксид Mg^{2+} ионларини KOHга нисбатан тўлиқ чўктира олмайди. Келтирилган бу мисолдан кўринадики, бошқа шароитлар бир хил бўлганда, таъсир этаётган чўктирувчи қанчалик яхши диссоциланган бўлса, чўктирилаётган ион шунчалик тўла чўкади.

Кимёвий анализда чўктирувчининг диссоциланиш даражасининг камайтириш ҳам муҳим аҳамиятга эга. NH_4OH эритмасидаги OH^- ионларининг унча катта бўлмаган кон-

центрациясини янада камайтириш мумкин. Бунга эритмага бир исмли ион NH_4^+ катиони киритиш, яъни аммоний тузлари қўшиш билан эришилади. Эритмадаги ионлар концентрациялари кўпайтмаси $[Mg^{2+}]\cdot[OH^-]^2$ магний гидроксиднинг эрувчанлик кўпайтмаси $ЭК_{Mg(OH)_2}$ дан кам бўлиб қолади ва чўкма ҳеч ҳам ҳосил бўлмайди. Бу усул систематик анализда кенг қўлланилади. Масалан, Mg^{2+} катионини натрий гидрофасфат билан NH_4OH иштирокида топишда $Mg(OH)_2$ 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:

$$(NH_4)_2CO_3+H_2O=NH_4HCO_3+NH_4OH$$
$$(NH_4)_2S+H_2O=NH_4HS+NH_4OH$$

Гидролизда ҳосил бўладиган HCO_3^- ва HS^- ионлари тегишли гуруҳ катионларини чўктирмайди. Бинобарин, гуруҳ реагентларининг гидролизи катионларнинг тўлиқ чўкишига тўсқинлик қилади. Гидролизни олдини олиш учун эритмаларга NH_4OH, яъни гидролиз маҳсулотларидан бири қўшилади. Натижада, гидролиз мувозанати чап томонга силжийди, чўктирувчи реагентлар – аммоний карбонат $(NH_4)_2CO_3$ ёки аммоний сулфид $(NH_4)_2$ S ларнинг концентрациялари ошади ва катионларнинг тўлиқ чўкишига эришилади.

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

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

Маълумки, ҳар хил буфер аралашмалар эритмадаги pHнинг ўзгаришига тўсқинлик қилиш хусусиятига эга. Шунинг учун эритма pH 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 pH 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 pHга 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 тутилгандагина буфер аралашманинг таъсири фойдали бўлади.

3.4. Ионларни бирин-кетин чўктириш

Аналитик кимёда таъсир эттирилаётган реагент эритмадаги ионларнинг фақат биттаси билан эмас, балки иккитаси ёки бир қанчаси билан қийин эрийдиган бирикма ҳосил қиладиган жараёнлар кузатилади. Эрувчанлик кўпайтмаси қоидасидан 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:

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$
$$2Ag^+ + CrO_4^{2-} = Ag_2CrO_4\downarrow$$

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. AgCl ва Ag_2CrO_4 нинг чўка бошлаши учун керак бўлган Ag^+ ионларининг концентрациясини бу тузларнинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан осонлик билан ҳисоблаб чиқариш мумкин:

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

$$ЭК_{Ag_2CrO_4} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{2-}] = 1{,}1 \cdot 10^{-12}$$

Ag^+ ионлари концентрацияларини тегишлича $[Ag^+]_{AgCl}$ ва $[Ag^+]_{Ag_2CrO_4}$ деб белгилаб, қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

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

$$[Ag^+]_{Ag_2CrO_4} = \sqrt{\frac{ЭК_{Ag_2CrO_4}}{[CrO_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1{,}1 \cdot 10^{-12}}{10^{-1}}} = 3{,}3 \cdot 10^{-5}\ мол/л$$

Демак, биринчи навбатда тузлар орасида энг кам эрувчан $AgCl(C_{AgCl} = 1{,}25 \cdot 10^{-5}\ мол/л; C_{Ag_2CrO_4} = 1{,}3 \cdot 10^{-4}\ мол/л)$ чўкмага тушади. Бошқача айтганда, кумуш хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси Ag^+ ионларининг камроқ концентрациясида ўз қийматига етади ва биринчи бўлиб кумуш хлориднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Қизил ғишт рангидаги кумуш хромат чўкмасининг ҳосил бўлиши хлорид-ионларнинг тўлиқ чўкканлигини билдиради, бинобарин K_2CrO_4 дан аргентометрияда индикатор сифатида фойдаланиш мумкин.

Келтирилган мисолдан маълум бўладики, ионлар аралашмасига айни реагент 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 тескари тартибда олиб бориш ҳам мумкин. Масалан, Cl^- ва CrO_4^{2-} ионларининг концентрацияси

$$[Ag^+]_{Ag_2CrO_4} < [Ag^+]_{AgCl},$$

яъни,

$$\frac{\sqrt{ЭК_{Ag_2CrO_4}}}{\sqrt{CrO_4^{2-}}} < \frac{ЭК_{AgCl}}{[Cl^-]}$$

бўладиган қилиб танланган бўлса, у ҳолда биринчи навбатда AgCl эмас, балки Ag_2CrO_4 чўкади.

Ионларни бирин-кетин чўктиришдан кимёвий сифат анализда кенг миқёсда фойдаланилади. Бундан ташқари, бирин-кетин чўктириш қоидаси титриметрик анализда, хроматография методида, шунингдек, фильтр қоғозда бажариладиган томчи реакцияларида ўз ифодасини топади.

3.5. Чўкмаларнинг эриш шароитлари

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

$Mg(OH)_2$ чўкмасини эритиб, эритмадан Mg^{2+} катионини аниқлаш керак бўлсин. Бу чўкма устидаги эритма $Mg(OH)_2$ га тўйинган бўлади, ундаги ионлар кўпайтмаси $[Mg^{2+}]\cdot[OH^-]^2=ЭК_{Mg(OH)2}$ $6\cdot10^{-10}$ (25^0C)га тенг. Шу эритмага бирор кислотадан озгина қўшилса, кислотадан ҳосил бўлган водород ионлари эритмадаги OH^- ионларини боғлайди, кам диссоциланадиган сув молекулаларини ҳосил қилади ва натижада ионлар кўпайтмаси $ЭК_{Mg(OH)_2}$ 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 янгиданянги 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 эттириб боғлаш керак.

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

$$Mg(OH)_2 \rightleftarrows Mg^{2+}+2OH^-$$

$$2HCl \rightleftarrows 2Cl^-+2H^+$$
$$\downarrow\uparrow$$
$$H_2O$$

ёки

$$Mg(OH)_2\downarrow+2H^+ \rightleftarrows Mg^{2+}+2H_2O$$

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

$$Mn(OH)_2\downarrow+2H^+ \rightleftarrows Mn^{2+}+2H_2O$$

$$Fe(OH)_3+3H^+ \rightleftarrows Fe^{3+}+3H_2O$$

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:

$$Mg(OH)_2\downarrow \rightleftarrows Mg^{2+}+2OH^-$$
$$+$$
$$2NH_4Cl \rightleftarrows 2Cl^- + 2NH_4^+$$
$$\downarrow$$
$$2NH_4OH$$

ёки

$$Mg(OH)_2\downarrow + 2NH_4^+ \rightleftarrows Mg^{2+}+2NH_4OH$$

Ҳосил бўлган NH_4OH сувга нисбатан анча кучли ионланганлиги сабабли, эритмадаги 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, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$ ва бошқалар) кучли минерал кислоталарда яхши эриб, аммоний тузлари ва сирка кислотада эримайди.

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

$$CaC_2O_4 \rightleftarrows Ca^{2+}+C_2O_4^{2-}$$
$$+$$
$$2HCl \rightleftarrows 2Cl^- + 2H^+$$
$$\downarrow$$
$$H_2C_2O_4$$

Баъзи бир кучсиз кислоталарнинг нордон тузлари фақат кучли кислоталарда эришидан ташқари, ишқорларда ҳам эрийди. Масалан, калий гидротартрат $KHC_4H_4O_6$ диссоциланиб, эритмага $HC_4H_4O_6^-$ анионларини беради, бу анионлар ўз навбатида ионланиб, H^+ ионларини ажратади. Бу H^+ ионлари ишқорнинг гидроксид OH^- ионлари билан бирикиб кам диссоциланадиган сув молекулаларини ҳосил қилади ва мувозанат ўнг томонга силжиб чўкма эрийди:

$$KHC_4H_4O_6 \rightleftarrows K^+ + HC_4H_4O_6^-$$

$$HC_4H_4O_6^- \rightleftarrows H^+ + C_4H_4O_6^{2-}$$
$$+$$
$$NaOH \rightleftarrows OH^- + Na^+$$
$$\downarrow$$
$$H_2O$$

Кучли кислоталарнинг қийин эрийдиган тузлари (ишқорий ер металларнинг сулфатлари $BaSO_4$, $CaSO_4$, $SrSO_4$, кумуш хлорид AgCl, кумуш йодид ва бошқалар) кислоталарда эримайди, чунки бу ҳолда мувозанатни силжитувчи кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил бўлмайди.

Баъзан тузларнинг чўкмалари барқарор комплекс ионлар ҳосил бўлиши билан эрийди. Кумуш хлорид чўкмаси NH_4OH да осонлик билан эрийди, чунки чўкма томонидан эритмага тарқатиладиган Ag^+ катионлари аммиак молекулалари билан комплекс катионлар ҳосил қилади.

$$AgCl + 2NH_3 \rightleftarrows [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-$$

Эритмадаги Ag^+ катионларининг концентрациясини комплекс ион ҳосил бўлиши ҳисобига камайиши қаттиқ фаза билан эритма орасидаги мувозанатни бузади, чўкмани эришига олиб келади.

Ниҳоят, ҳар хил оксидланиш-қайтарилиш реакцияларининг бориши натижасида ҳам, кўпинча чўкма эриб кетиши мумкин. Масалан, HCl ва H_2SO_4 да эримайдиган CoS, NiS, CuS, Bi_2S_3 ва бошқа сулфидлар концентрланган нитрат кислотада қиздирилганда осонлик билан эриб кетади, масалан,

$$3CuS + 2NO_3^- + 8H^+ = 3Cu^{2+} + 3S + 4H_2O + 2NO\uparrow$$

Оксидловчи сифатида баъзи ҳолларда 1 ҳажм концентрланган 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 анализида 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 қоидасидан келиб чиққан ҳолда тушунтириш мумкин. Кумуш хромат Ag_2CrO_4 чўкмаси бўлган тўйинган эритмада Ag^+ ионлари бор ва бу ионлар ана шу эритмага KCL қўшилганда Cl^- ионлари билан реакцияга киришади. Кумуш хлориднинг эрувчанлиги ($1{,}25\cdot10^{-5}$ мол/л) кумуш хромат Ag_2CrO_4 нинг эрувчанлиги ($1{,}3\cdot10^{-4}$ мол/л) га нисбатан оз бўлганлиги сабабли, Ag^+ катионларининг концентрацияси кумуш хлориднинг эрувчанлик кўпайтмаси қийматидан ошиб кетиш учун етарли бўлади ва AgCI чўкмага тушади. Буни қизил ғишт рангли Ag_2CrO_4 чўкмаси ўрнига оқ сузмасимон AgCl чўкмаси ҳосил бўлишидан билиш мумкин. Эритмада Ag^+ ионларининг камайиши эритмани Ag_2CrO_4 га нисбатан тўйинмаган қилиб қўяди ва мувозанат бу чўкмани эриши томонга силжийди. Шундай қилиб, қўшиладиган KCl нинг миқдори етарли бўлса, Ag_2CrO_4 батамом эриб, AgCL чўкмаси ҳосил бўлади:

$$Ag_2CrO_4\downarrow \rightleftarrows 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$$

$$2KCl \rightleftarrows 2Cl^- + 2K^+$$

$$\downarrow$$

$$2AgCl\downarrow$$

Қуйидаги реакцияда:

$$AgI\downarrow + Cl^- \rightleftarrows AgCl\downarrow + I^-$$

ҳосил бўладиган бирикма (AgCl)нинг эрувчанлик кўпайтмаси бошланғич бирикма (AgI) нинг эрувчанлик кўпайтмасидан тахминан 1000000 марта ($ЭК_{AgCl}=1{,}56\cdot10^{-10} > ЭК_{AgI}=1{,}5\cdot10^{-16}$) ортиқ. Шунинг учун AgI чўкмасини KCl эритмаси билан қайта-қайта ишласак ҳам юқоридаги реакция амалда мутлақо бормайди. Худди шу реакцияни тескариси – AgCl чўкмасини KI эритмаси билан бир марта ишлагандаёқ реакция амалда охиригача етади. AgCl нинг 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 топишла 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 чўкади, 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^- $FeCl_3$ таъсиридан топилади, бу анион Fe^{3+} катиони билан тўқ қизил рангли $Fe(CNS)_3$ ҳосил қилади:

$$3CNS^- + Fe^{3+} = Fe(CNS)_3$$

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

$$2I^- + 2Fe^{3+} \rightleftarrows I_2 + 2Fe^{2+}$$

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

$$AgCNS\downarrow + Br^- \rightarrow AgBr\downarrow + CNS^-$$

чўкмадан эритмага ўтган CNS^- анионлари $FeCl_3$ ёрдамида топилиши мумкин. AgI нинг эрувчанлик кўпайтмаси ($ЭК_{AgI}=1,5\cdot10^{-16}$) AgBr никидан кичик бўлганлиги сабабли, KBr таъсирида I^- ионлари амалда эритмага ўтмай, чўкма ҳолида қолади, бинобарин I^- ионлари CNS^- анионларини сифат жиҳатидан топишга ҳалақит бермайди.

3.7. Алмашиниш реакцияларининг йўналиши

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

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

$$SrCl_2+H_2SO_4=SrSO_4\downarrow+2HCl$$

Ҳосил бўлаётган стронций сулфатнинг эрувчанлик кўпайтмаси етарли даражада кичик ($2,8\cdot10^{-7}$) бўлганлигидан реакция шу модданинг амалий жиҳатдан тўла чўкиши томонга қараб боради. Агар реакция натижасида бир эмас, балки бир қанча қийин эрувчан молда ҳосил бўладиган бўлса, у ҳолда одатда улардан энг кам эрийдигани биринчи навбатда, қолганлари эса эрувчанликнинг ортиб бориши тартибида чўкмага тушади.

б) Алмашиниш реакциясида оз ионланадиган бирикмалар ҳосил бўлиши жараённи чапдан ўнгга йўналтиради. Бундай реакцияларга H^+ ва OH^- ионлари ўзаро бирикадиган нейтралланиш реакцияси киради:

$$H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$$

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:

$$CH_3COONa+HCl=CH_3COOH+NaCl$$

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftarrows CH_3COOH$$

H^+ ионларининг кўп қисми ацетат CH_3COO^- 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 – Na_2CO_3, K_2CO_3, $CaCO_3$ ва бошқалар ишлатилади, улар H^+ ионлари билан реакцияга киришиб H_2CO_3 ҳосил қилади ва бу кислота осонлик билан карбонат ангидрид ва сувга парчаланиб кетади:

$$H^+ + CaCO_3\downarrow = Ca^{2+} + CO_2\uparrow + H_2O$$

в) Реакция натижасида учувчан моддаларнинг ҳосил бўлиши. Алмашиниш 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 HCl газ ҳолида ажралиб чиқади:

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

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 H_2SO_4 дан фойдаланилади:

$$KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$$

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 алмашиниш реакциялари бориши учун зарур шароитдир.

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

$$CaCl_2+2KNO_3 \rightleftarrows 2KCl+Ca(NO_3)_2$$

ёки ионли шаклда:

$$Ca^{2+}+2Cl^-+2K^++2NO_3^- \rightleftarrows 2K^++2Cl^-+Ca^{2+}+2NO_3^-$$

Яъни эритмада ҳеч қандай реакция бормайди.

Алмашиниш 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 қоидага асосланади?
5. Чўкмаларнинг эришини қандай омиллар ёрдамида амалга ошириш мумкин?
6. Қийин эрийдиган бирикмани қандай йўллар билан бошқа қийин эрувчан моддага айлантириш мумкин?
7. Алмашиниш реакцияларининг боришининг шарт-шароитларини тавсифланг.
8. Эритмага қуйидаги моддалар қўшилса, AgBr чўкмаси эрувчанлиги ортадими ёки камаядими: а) 0,1M KBr, б) 0,1M KNO_3?
9. Агар эрувчанлик кўпайтмаси бир-бирига яқин бўлса MgF_2 ва $BaCO_3$ларни эрувчанликлари бир хил бўладими?
10. Қайси эритувчида $Mg(OH)_2$ 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 CH_3COOH; б) 2М HCl; в) 0,2 М CH_3COONa?

12. Эритмада Ca^{2+}, Sr^{2+} ва Ba^{2+} катионларининг концентрациялари бир хил бўлса, эритмага аммоний карбонат $(NH_4)_2CO_3$ таъсир эттирилганда бу ионлар қандай кетма-кетликда чўкади?

Тестлар

1. Тўлиқ чўкишга қандай омиллар таъсир қилади?

А) Ҳосил бўлган чўкмаларнинг эрувчанлиги;

В) Чўктирувчи миқдори;

С) Эритманинг pH;

Д) Чўкманинг эрувчанлиги, чўктирувчи миқдори ва эритманинг водород кўрсаткичи;

Е) Чўктирувчи миқдори; эритма pH.

2. Эрувчанлик кўпайтмаси тенгламасида 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 $6,9Ч10^{-4}$ 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, айни 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 сулфатнинг 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;
Д) 7500 марта;
E) 250 марта.

10. Кумуш хроматнинг KNO_3нинг 0,1 мол/л эритмасидаги эрувчанлигини унинг сувдаги эрувчанлиги билан солиштиринг.
A) 3 марта камаяди;
B) 1000 марта камаяди;
C) 2 марта ошади;
Д) ўзгармайди;
E) 100 марта ошади.

11. Барий сулфатнинг ($ЭК_{BaSO_4} = 1{,}1 \cdot 10^{-10}$) KNO_3нинг 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;
Д) $1{,}77 \cdot 10^{-5}$ 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;
Д) Калций иони;
E) Аммоний иони.

13. 1 литр тўйинган CaC_2O_4 ни сувли эритмасига унинг эрувчанлигини 0,1 мг/л гача камайтириш учун 0,1 М $(NH_4)_2C_2O_4$ дан қанча ҳажм қўшиш керак?
A) 3,04 мл;
B) 60,8 мл;
C) 15,2 мл;
Д) 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 тескари бўлган реакция нейтралланиш реакцияси ҳисобланади:

$$CH_3COONa + HOH \underset{\text{нейтралланиш}}{\overset{\text{гидролиз}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOH + NaOH$$

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 диссоциланади.

Кучли асос ва кучсиз кислотадан ҳосил бўлган тузга калий цианид KCNни мисол қилиб олса бўлади. Бу туз сувда эритилганда K^+ ва CN^- ионларига парчаланади. Ҳосил бўлган CN^- ионлари H^+ ионлари билан учрашиб жуда кучсиз, кам ионланадиган цианид кислотани ($K_{HCN}=6{,}2\cdot10^{-10}$) ҳосил қилади:

$$KCN+HOH \rightleftarrows HCN+KOH$$

ионли кўринишда:

$$K^++CN^-+HOH \rightleftarrows HCN+K^++OH^-$$

қисқартирилган ҳолатда:

$$CN^-+HOH \rightleftarrows HCN+OH^-$$

Реакция бориши жараёнида OH^- ионлари аста-секин тўпланаборади. 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_4Clнинг сувдаги эритмаларида сувнинг OH^- ионларининг боғланиши ва эритмада H^+ ионларининг тўпланиши рўй беради:

$$NH_4Cl+H_2O \rightleftarrows NH_4OH+HCl$$

ионли кўринишда:

$$NH_4^++Cl^-+H_2O \rightleftarrows NH_4OH+H^++Cl^-$$

қисқартирилган шаклда:

$$NH_4^++H_2O \rightarrow NH_4OH+H^+$$

Бинобарин, NH_4Cl эритмаси гидролиз натижасида кислотали муҳитга эга (pH<7) бўлади.

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

Бундай тузларнинг масалан, CH_3COONH_4нинг гидролиз жараёнида сувнинг H^+ иони ҳам, OH^- иони ҳам боғланади:

$$CH_3COONH_4+HOH \rightleftharpoons CH_3COOH+NH_4OH$$

ионли шаклда:

$$CH_3COO^-+NH_4^++HOH \rightleftharpoons CH_3COOH+NH_4OH$$

CH_3COOHнинг диссоциланиш константаси ($1{,}74\cdot10^{-5}$) билан NH_4OH ($1{,}76\cdot10^{-5}$) диссоциланиш константаси деярли баравар бўлганлиги сабабли H^+ ва OH^- ионларининг боғланиши ҳам бир хилда бўлади ва шунинг учун ҳам эритма амалий жиҳатдан нейтрал муҳит (pH≈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 кўп негизли кислота тузларининг гидролизи анча мураккаб бўлади, кислота бир неча босқичда диссоциланган сингари гидролиз ҳам босқич билан боради.

Масалан, Na_2CO_3 нинг гидролизини қуйидаги тенгламалар билан ифодалаш мумкин:

биринчи босқич

$$Na_2CO_3+HOH \rightleftharpoons NaHCO_3+NaOH$$

$$CO_3^{2-}+HOH \rightleftharpoons HCO_3^-+OH^-$$

иккинчи босқич

$$NaHCO_3+HOH \rightleftharpoons H_2CO_3+NaOH$$

$$HCO_3^-+HOH \rightleftharpoons H_2CO_3+OH^-$$

H_2CO_3 молекулалари ($K_1=4,5\cdot10^{-7}$) га нисбатан HCO_3^- ионлари ($K_2=4,8\cdot10^{-11}$) анча оз диссоциланиши сабабли гидролиз биринчи босқичда иккинчи босқичга нисбатан анча кучли боради.

Тузларнинг масалан, Na_2CO_3нинг босқичли гидролизини алоҳида тенгламаларини қўшиш натижасида ҳосил бўладиган умумий тенглама

$$CO_3^{2-}+2HOH \rightleftharpoons H_2CO_3+2OH^-$$

билан ифодалаш мумкин эмас. Чунки HCO_3^-нинг жуда оз қисми H_2CO_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.

$$MgCl_2+H_2O \rightleftharpoons MgOHCl+HCl$$

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:

$$Al_2S_3+6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow+3H_2S\uparrow$$

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 Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+} катионлари гуруҳ реагенти $(NH_4)_2S$ таъсиридан FeS, MnS, ZnS ва шунга ўхшаш сулфидлар ҳолида чўкмага тушади. Худди шу шароитда Al^{3+}, Cr^{3+}, Ti^{4+} ионлари сулфидлар ўрнига гидроксидлар $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Ti(OH)_4$ ҳосил қилади. Аммоний сулфид гидролиз натижасида анчагина аммоний гидроксид ҳосил қилишини эътиборга олинса, юқоридаги гидроскидлар ҳосил бўлиши тушунарли бўлади:

$$(NH_4)_2S+HOH \rightleftharpoons NH_4HS+NH_4OH$$

$$2NH_4^+ + S^{2-} + HOH \rightleftharpoons HS^- + NH_4OH$$

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

Эритманинг pH қийматини тегишли равишда ўзгартириб тузлар гидролизини секинлатиш мумкин. Бу ҳодисадан осон гидролизланадиган тузларнинг эритмаларини сақлашда кенг фойдаланилади. Масалан, темирнинг бирор тузини, $Fe_2(SO_4)_3$нинг сувли эритмаси тайёрланса, гидролиз натижасида ундан асосли тузнинг чўкмаси ажралади. Бу эритмага озгина кислота қўшилса, яъни эритмага гидролиз маҳсулотларидан бири бўлган H^+ ионлари киритилса, у ҳолда гидролизга тескари бўлган реакция устун бўлиб, эритма сақланганда янада барқарор бўлади.

Худди шунга ўхшаш кучсиз кислота тузларининг (KCN, CH_3COONa) гидролизи унинг маҳсулоти бўлган 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 кўпайтмасини тузнинг гидролизланмаган молекулалари концентрациясига нисбати гидролиз константаси деб аталади.

Тузнинг гидролизланган қисми концентрациясини айни 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:

$$KCN+HOH \rightleftarrows HCN+KOH$$

$$K^+ + CN^- + HOH \rightleftarrows HCN + K^+ + OH^-$$

қисқартирилган шаклда:

$$CN^- + HOH \rightleftarrows HCN + OH^- \qquad (4.1)$$

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

$$An^- + HOH \rightleftarrows HAn + OH^-$$

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

$$K_{мув.} = \frac{[HCN]\cdot[OH^-]}{[CN^-]\cdot[HOH]}; \qquad (4.2)$$

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

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

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

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

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

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

Гидролиз константасининг сон қийматини сувнинг ион кўпайтмаси ва цианид кислотанинг ионланиш константасидан фойдаланиб топиш мумкин. Сувнинг ион кўпайтмаси $[H^+] \cdot [OH^-] = K_{H_2O}$ фойдаланиб, $[OH^-]$ нинг қиймати топилади:

$$[OH^-] = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]}; \quad (4.6)$$

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

$$K_{гидр} = \frac{[HCN] \cdot K_{H_2O}}{[CN^-] \cdot [H^+]}; \quad (4.7)$$

келиб чиқади.

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

$$K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HCN}}; \qquad (4.8)$$

келиб чиқади.

Кўриб ўтилаётган турдаги тузлар учун $K_{гидр}$нинг умумий кўриниши қуйидагича бўлади:

$$K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{кисл}}; \qquad (4.9)$$

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

$K_{HCN}=7{,}2\cdot10^{-10}$, $K_{H_2O}=1\cdot10^{-14}$ бўлганлиги учун

$$K_{гидр}(KCN) = \frac{1\cdot10^{-14}}{7{,}2\cdot10^{-10}} = 1{,}39\cdot10^{-3}$$

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·h мол туз гидролизланиб, C·h мол HCN ҳамда C·h мол OH^- ҳосил бўлади. Тузнинг гидролизланмаган қисмининг концентрацияси C-Ch мол ёки C(1-h) га тенг бўлади. Қабул қилинган шартли белгиларни гидролиз константаси тенгламаси (4.5)га қўйсак, қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$K_{гидр} = \frac{C^2h^2}{C(1-h)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HCN}} \text{ ёки } \frac{Ch^2}{1-h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HCN}}; \qquad (4.10)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шундай турдаги тузларга мисол қилиб NH_4Clни олиш мумкин ва унинг гидролизи тенгламаси ёзилади:

$$NH_4Cl + HOH \rightleftarrows NH_4OH + HCl;$$

$$NH_4^+ + Cl^- + HOH \rightleftarrows NH_4OH + H^+ + Cl^-$$

қисқартирилган шаклда:

$$NH_4^+ + HOH \rightleftarrows NH_4OH + H^+ \qquad (4.14)$$

Умумий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Kt^+ + HOH \rightleftarrows KtOH + H^+$$

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

$$K_{хар} = \frac{[NH_4OH]\cdot[H^+]}{[NH_4^+]\cdot[H_2O]}; \qquad (4.15)$$

Тенглама(4.15)ни икки томонини $[H_2O]$ кўпайтириб ва икки доимий катталик кўпайтмаси $K_{H_2O}\cdot[H_2O]$ ни $K_{гидр}$ га алмаштириб, гидролиз константасини ҳосил қилинади:

$$K_{гидр} = \frac{[NH_4OH]\cdot[H^+]}{[NH_4^+]} \qquad (4.16)$$

Умумий кўринишда,

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

бўлади.

Сувнинг ион кўпайтмасидан $[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]}$ эканлигини билган ҳолда, $[H^+]$ нинг ифодасини гидролиз константаси тенгламаси(4.16)га қўйилса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$K_{гидр} = \frac{[NH_4OH]\cdot K_{H_2O}}{[NH_4^+]\cdot[OH^-]}; \qquad (4.18)$$

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:

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

Мисол учун олинган NH_4Cl эритмасининг гидролиз константаси қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

$$K_{гидр}(NH_4Cl) = \frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH}} = \frac{1\cdot10^{-14}}{1.76\cdot10^{-5}} = 5{,}68\cdot10^{-10}$$

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

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

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

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,

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

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

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

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

$$\frac{C_{туз} \cdot h^2}{i - h} = \frac{K_{H_2O}}{K_{КОН}} \qquad (4.22)$$

Бу (4.21) тенглама тўлиқ квадрат тенглама каби ечилади:

$$h = \frac{-K_{H_2O}}{2C_{туз} \cdot K_{КОН}} + \sqrt{\left(\frac{K_{H_2O}}{2C_{туз} \cdot K_{КОН}}\right)^2 + \frac{K_{H_2O}}{C_{туз} \cdot K_{КОН}}} \qquad (4.23)$$

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:

$$CH_3COONH_4 + HOH \rightleftarrows NH_4OH + CH_3COOH$$

$$NH_4^+ + CH_3COO^- + HOH \rightleftarrows NH_4OH + CH_3COOH$$

Умумий кўринишда:

$$Kt^+ + An^- + HOH \rightleftarrows KtOH + HAn \qquad (4.23)$$

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

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

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

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

Умумий кўринишда қуйидаги шаклда ёзилиши мумкин:

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

Аммоний гидроксид NH_4OH ва сирка кислота CH_3COOHларнинг 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:

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

$[NH_4OH]$ ва $[CH_3COOH]$ларнинг топилган қийматларини гидролиз константаси тенгламаси(4.25)га қўйилса:

$$K_{гидр} = \frac{[NH_4^+]\cdot[OH^-]\cdot[H^+]\cdot[CH_3COO^-]}{[NH_4^+]\cdot[CH_3COO^-]\cdot K_{NH_4OH}\cdot K_{CH_3COOH}}$$

ёки

$$K_{гидр} = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{K_{NH_4OH}\cdot K_{CH_3COOH}} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос}\cdot K_{кисл}} \qquad (4.27)$$

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:

$$K_{гидр} = \frac{Ch\cdot Ch}{C(1-h)\cdot C(1-h)} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос}\cdot K_{кисл}},$$

ихчамлаштирсак, қуйидаги кўриниш ҳосил бўлади:

$$\frac{h^2}{(1-h)^2} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос}\cdot K_{кисл}},$$

бундан

$$\frac{h}{(1-h)} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{асос}\cdot K_{кисл}}} \qquad (4.28)$$

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

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

Аммоний ацетат NH_4CH_3COO нинг гидролиз даражасини ҳисоблаб чиқариш мумкин:

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{NH_4OH} \cdot K_{CH_3COOH}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{1{,}76 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}74 \cdot 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{3{,}06 \cdot 10^{-10}}} =$$

$$= \sqrt{3{,}27 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{32{,}7 \cdot 10^{-6}} = 5{,}72 \cdot 10^{-3};$$

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:

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

$$h = \frac{5{,}72 \cdot 10^{-3}}{1 + 5{,}72 \cdot 10^{-3}} = \frac{0{,}00572}{1{,}00572} = 0{,}00568$$ 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:

$$(NH_4)_2CO_3 + HOH \rightleftarrows NH_4OH + NH_4HCO_3$$

$$2NH_4^+ + CO_3^{2-} + HOH \rightleftarrows NH_4OH + NH_4^+ + HCO_3^-$$

$$NH_4^+ + CO_3^{2-} + HOH \rightleftarrows NH_4OH + HCO_3^-$$

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

чунки гидролиз натижасида CO_3^{2-} ва сувнинг H^+ ионларидан HCO_3^- анионлари ҳосил бўлади. Бинобарин, бу жараёнга қуйидаги мувозанат ҳолати мос келади:

$$K_2(H_2CO_3) = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[HCO_3^-]}$$

Юқоридагиларга асосланиб аммоний карбонатнинг гидролиз даражасини ҳисобланади:

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{H,O}}{K_{асос}\cdot C_{кисл}}} = \sqrt{\frac{1\cdot10^{-14}}{1{,}76\cdot10^{-5}\cdot4{,}98\cdot10^{-11}}} = \sqrt{\frac{10\cdot10^{-15}}{8{,}76\cdot10^{-16}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{100\cdot10^{-16}}{8{,}76\cdot10^{-16}}} = \sqrt{11{,}416} = 3{,}378;$$

бу ердан,

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

$4{,}378h=3{,}378;\ h=\frac{3{,}378}{4{,}378}=0{,}77$ ёки $0{,}77\cdot100\%=77\%$

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

1-мисол. Na_3PO_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:

$$Na_3PO_4 + HOH \rightleftarrows NaOH + Na_2HPO_4$$

$$3Na^+ + PO_4^{3-} + HOH \rightleftarrows Na^+ + OH^- + 2Na^+ + H_2PO_4^{2-}$$

$$PO_4^{3-} + HOH \rightleftarrows OH^- + HPO_4^{2-}$$

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

$$K_{мув} = \frac{[OH^-]\cdot[HPO_4^{2-}]}{[PO_4^{3-}]\cdot[H_2O]}, \text{бундан } K_{гидр} = K_{мув}[H_2O] = \frac{[OH^-]\cdot[HPO_4^{2-}]}{[PO_4^{3-}]}$$

$[OH^-]$ қийматини сувнинг ион кўпайтмасидан топиб гидролиз константаси тенгламасига:

$$K_{гидр} = \frac{[HPO_4^{2-}]\cdot K_{H_2O}}{[H^+]\cdot[PO_4^{3-}]},$$

келиб чиқади. Бу тенгламадаги $\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H^+]\cdot[PO_4^{3-}]}$ нисбат $\frac{1}{K_{HPO_4^{2-}}}$ га тенглигини ҳисобга олиб, қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_3(H_3PO_4)} = \frac{1\cdot10^{-14}}{4{,}4\cdot10^{-13}} = 2{,}27\cdot10^{-2}.$$

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

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{кисл}\cdot C_{туз}}} = \sqrt{\frac{1\cdot10^{-14}}{4{,}4\cdot10^{-13}\cdot10^{-1}}} = \sqrt{\frac{1\cdot10^{-14}}{4{,}4\cdot10^{-14}}} = \sqrt{0{,}227} = 0{,}4764;$$

Бинобарин,

$$h=0{,}4764\cdot(1-h)=0{,}4764-0{,}4764h:$$

$$h = \frac{0{,}4764}{1{,}4764} = 0{,}3226 \text{ ёки } 0{,}3226\cdot100\% = 32{,}26\%$$

2-мисол. Натрий гадрофосфат Na_2HPO_4нинг гидролиз даражасини иккинчи босқич бўйича ҳисобланг.

Ечиш:

1) Na_2HPO_4нинг гидролизининг иккинчи босқичи тенгламаси:

$$Na_2HPO_4 + HOH \rightleftarrows NaOH + NaH_2PO_4$$
$$2Na^+ + HPO_4^{2-} + HOH \rightleftarrows Na^+ + OH^- + Na^+ + H_2PO_4^-$$
$$HPO_4^{2-} + HOH \rightleftarrows OH^- + H_2PO_4^-$$

2) Гидролиз даражасини ҳисоблаш учун, H_3PO_4нинг иккинчи босқич бўйича диссоциланиш константаси $K_{2H_3PO_4} = 6{,}23 \cdot 10^{-8}$ дан фойдаланилади ($C_{туз}$=0,1М):

$$h = \sqrt{\frac{K_{H_2O}}{K_{кисл} \cdot C_{туз}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-14}}{6{,}23 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-1}}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-15}}{6{,}23 \cdot 10^{-9}}} =$$

$$= \sqrt{1{,}6 \cdot 10^{-6}} = 1{,}26 \cdot 10^{-3};$$

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

4.3. Гидролизланувчи тузлар эритмаларининг pH ва pOH 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 pH қиймати ортади. Сувли эритмаларнинг кислоталилигини ошириш (ёки ишқорийлигини камайтириш) учун уларга кучли кислоталарнинг аммонийли тузлари (одатда NH_4Cl) қўшилади, чунки бу тузлар гидролизланганда эркин водород ионларини ҳосил қилиб, бу H^+ ионлари анализ қилинаётган эритмалар pH қийматини камайтиради.

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

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

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

$$Kt^+ + HOH \rightleftarrows KtOH + H^+ \qquad (4.29)$$

Ионли тенглама(4.29)дан шу нарса маълумки, $[KtOH]=[H^+]$ ва кўпайтма $[KtOH]\cdot[H^+]=[H^+]^2$ 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 $[Kt^+]=C_{туз}$. Қабул қилинган ифодаларни гидролиз константаси тенгламаси(4.16)га қўйилса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

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

$$K_{гидр}=\frac{K_{H_2O}}{K_{KtOH}} \text{ бўлганлиги учун, } [H^+]=\sqrt{\frac{K_{H_2O}\cdot C_{туз}}{K_{KtOH}}} \qquad (4.30)$$

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

$$-\ell g[H^+]=-\frac{1}{2}(\ell gK_{H_2O}+\ell gC_{туз}-\ell gK_{KtOH})$$

$$pH=\frac{1}{2}(14+\ell gK_{KtOH}-\ell gC_{туз})$$

ёки $pH=7+\frac{1}{2}\ell gK_{асос}-\frac{1}{2}\ell gC_{туз}$.

Эритманинг pOH и сувнинг ион кўпайтмасидан топилади.

$$pH+pOH=pK_{сув};\ pK_{сув}=14$$

Бу ердан, $pOH=14-pH$.

1-мисол. Аммоний бромиднинг 0,09 N эритмасининг pH ва pOH қийматини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Аммоний бромиднинг гидролиз реакцияси тенгламаси ёзилади:

$$NH_4Br+HOH \rightleftharpoons NH_4OH+HBr$$

қисқартирилган ионли шаклда:

$$NH_4^+ + HOH \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

Бу туз эритмасининг pH қиймати қуйидаги тенгламадан топилади:

$$pH = 7 + \frac{1}{2}\ell gK_{NH_4OH} - \frac{1}{2}\ell gC_{NH_4Br}$$

Жадвалдан $K_{NH_4OH} = 1{,}76 \cdot 10^{-5}$ эканлигини топамиз. Тузнинг эквивалент массаси мол массасига тенг, 0,09N=0,09M

$$pH = 7 + \frac{1}{2}\ell g(1{,}76 \cdot 10^{-5}) - \frac{1}{2}\ell g0{,}09 = 7 - 2{,}377 + 0{,}0438 = 5{,}66$$

2) Энди аммоний бромид эритмасининг pOH қиймати ҳисобланади:

pOH=14-pH; pOH=14-5,66=8,34

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

Мазкур турдаги тузлар анион бўйича гидролизланади:

$$An^- + HOH \rightleftharpoons HAn + OH^- \qquad (4.32)$$

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

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

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

Бундан

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

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

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

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

$$-\ell g[OH^-] = -\frac{1}{2}(\ell gK_{сув} + \ell gC_{туз} - \ell gK_{кисл})$$

$$pOH = 7 + \frac{1}{2}pK_{кисл} - \frac{1}{2}\ell gC_{туз} \qquad (4.34)$$

келиб чиқади.

Эритманинг pH ни қуйидагича топиш мумкин

$$pH=14-pOH.$$

2-мисол. Натрий ацетатнинг 0,05 М эритмасининг pOH ва pH қийматини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Натрий ацетатнинг гидролиз тенгламаси тузилади.

$$CH_3COONa+HOH \rightleftarrows CH_3COOH+NaOH$$

$$CH_3COO^-+HOH \rightleftarrows CH_3COOH+OH^-$$

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

$$pOH = 7 + \frac{1}{2}\ell g\ell gK_{CH_3COOH} - \frac{1}{2}\ell gC_{CH_3COONa} =$$

$$= 7 + \frac{1}{2}\ell g(1{,}74 \cdot 10^{-5}) - \frac{1}{2}\ell g0{,}05 = 7 - 2{,}38 + 0{,}0349 = 4{,}65$$

2) Эритманинг pH 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 pH ва pOH қийматларини ҳисоблаш.

Бундай тузларнинг гидролизи катион ва анион бўйича боради.

$$Kt^+ + An^- + HOH \rightleftarrows KtOH + Han \qquad (4.35)$$

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

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

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:

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

Бу (4.37) тенгламадаги кислота концентрацияси

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

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

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

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

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

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

$$pH = 7 - \frac{1}{2}\ell gK_{кисл} + \frac{1}{2}\ell gK_{асос} \qquad (4.40)$$

Бу ерда ҳам pOH қиймати pOH=14-pH тенгламасидан топилади.

3-мисол. Аммоний цианд эритмасининг pH ва pOH қийматларини ҳисобланг.

Ечиш:

1) Мазкур тузнинг гидролиз реакцияси тенгламаси тузилади:

$$NH_4CN + HOH \rightleftharpoons NH_4OH + HCN$$

$$NH_4^+ + CN^- + HOH \rightleftharpoons NH_4OH + HCN$$

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

$$pH = 7 - \frac{1}{2}\ell gK_{HCN} + \frac{1}{2}\ell gK_{NH_4OH}$$

Жадвалдан $K_{HCN}=6,2\cdot10^{-10}$, $K_{NH_4OH}=1,76\cdot10^{-5}$ эканлигини топилади. Бу қийматларни тенгламага қўйилса:

$$pH = 7 - \frac{1}{2}\ell g6,2\cdot10^{-10} + \frac{1}{2}\ell g1,76\cdot10^{-5}$$

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

2) Ҳисобланган pH қийматига асосланиб, эритманинг pOH ни топиш мумкин.

$$pOH=14-9,23=4,77$$

Бинобарин, бу туз эритмасининг муҳити ишқорийдир (pH=9,23).

4-мисол. Калий гидрокарбонат эритмасининг гидролиз константаси ва pH қийматини ҳисобланг:

Ечиш:

1. Гидролиз константаси қуйидаги тенгламада ҳисобланади:

$$K_{гидKHCO_3} = \frac{K_{H_2O}}{K_{1кисл}} = \frac{1\cdot10^{-14}}{4,5\cdot10^{-7}} = 2,22\cdot10^{-8}$$

2. Эритманинг pH қийматини ҳисобланади.

$$pH = -\frac{1}{2}\ell gK_{1кисл} - \frac{1}{2}\ell gK_{2кисл} = \frac{1}{2}(pK_{1кисл} + pK_{2кисл})$$

Жадвалдан: $K_{1кисл}=4,5\cdot10^{-7}$, $K_{2кисл}=4,8\cdot10^{-11}$

$$pH = \frac{1}{2}(6,35 + 10,32) = 8,34.$$

Туз эритмасининг муҳити кучсиз ишқорийдир.

4.4. Амфотер электролит эритмаларидаги мувозанат

Маълумки, типик металларнинг гидроксиллари асосларга, металлмасларнинг ва баъзи бир юқори оксидланиш даражасидаги металларнинг 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 сулфат кислотада эриганда асос хоссасини намоён қилиб, сулфат кислотадан протонларни тортиб олади, аммоний ва гидроксоний ионига ўхшаш бўлган нитроний $[NO_3H_2]^+$ ионини ҳосил қилади. $Fe(OH)_3$ типик асос бўлишига қарамасдан, 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:

$$Zn(OH)_2+2HCl=ZnCl_2+2H_2O$$
$$Zn(OH)_2+2H^+=Zn^{2+}+2H_2O$$

Шу билан бирга рух гидроксид кислота хоссасини ҳам намоён қилиб, ишқорларда эрийди, цинкатлар ҳосил қилади

$$Zn(OH)_2+2NaOH=Na_2ZnO_2+2H_2O$$
$$Zn(OH)_2+2OH^-=ZnO_2^{2-}+2H_2O$$

Иккала тенгламани солиштириб, рух гидроксид чўкмаси ва эритмасидан иборат системада бир-бири билан узвий боғлиқ бўлган мувозанатларни ифодалаш мумкин:

$$\underset{\text{эритма}}{2H^++ZnO_2^{2-}} \overset{\text{I}}{\rightleftharpoons} \underset{\text{чўкма}}{Zn(OH)_2} \overset{\text{II}}{\rightleftharpoons} \underset{\text{эритма}}{Zn^{2+}+2OH^-}$$

Шу асосда рух гидроксид $Zn(OH)_2$ нинг ҳам кислоталарда, ҳам ишқорларда эришини тушунтириш мумкин бўлади. Ҳақиқатда, кислота қўшиш билан эритмага водород ионларини киритиш билан гидроксид ионларини диссоциланмаган сув молекуласига айлантирилади: $2OH^- +2H^+=2H_2O$. Шунинг ҳисобига мувозанат (II) бузилади, эритма OH^- ионлари концентрациясига нисбатан тўйинмаган бўлиб қолади, бинобарин, $Zn(OH)_2$ чўкмасининг янги молекулалари эритмага ўта бошлайди, қўшилган кислота етарли бўлганда чўкма $Zn(OH)_2$ нинг тўлиқ эриши кузатилади. Рух гидроксид чўкмасига ишқор қўшилганда эритмага киритилган OH^- ионлари водород ионларини боғлайди ва мувозанат (I)ни бузади, бунинг натижасида $Zn(OH)_2$ чўкмаси эрий бошлайди, эритмада цинкат тузининг гидратланган ионлари тўпланади.

Келтирилган схемага биноан амфотер гидроксидларнинг ионланиши икки константа: асосли ва кислотали ионланиш константалари билан тавсифланади. Жумладан, асос типида рух гидроксиднинг ионланиши қуйидаги константа билан ифодаланади:

$$K_{Zn(OH)_2}=\frac{[Zn^{2+}]\cdot[OH^-]^2}{[Zn(OH)_2]}=1,5\cdot10^{-9}$$

Кислота типида 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 типидаги ионланиш константалари қийматларини солиштириш шуни кўрсатадики, рух гидроксид асосли хоссасини кислоталикка нисбатан кучлироқ намоён қилади. Рух тузларининг 0,001М эритмаларидан pH нинг 6,4-8,0 қийматларида рух гидроксид чўкмага тушади. pH 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 кислоталарнинг тузларини ҳосил қилади:

$$Al(OH)_3 + OH^- = [Al(OH)_4]^-,$$
$$Cr(OH)_3 + OH^- = [Cr(OH)_4]^-$$

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 типидаги ионланиш константаси қиймати $2 \cdot 10^{-10}$га тенг:

$$Al(OH)_3 \rightleftarrows Al(OH)^{2+} + OH^-$$

$$K_{1Al(OH)_3} = \frac{[Al(OH)_2^+] \cdot [OH^-]}{[Al(OH)_3]} = 2 \cdot 10^{-10}$$

Бир асосли кислота типидаги ионланишининг константаси қиймати $6 \cdot 10^{-12}$ га тенгдир:

$$HAlO_2 \rightleftarrows H^+ + AlO_2^-$$

$$K_{1HAlO_2} = \frac{[H^+] \cdot [AlO_2^-]}{[HAlO_2]} = 6 \cdot 10^{-12}$$

Бинобарин, алюминий гидроксиднинг асос хоссалари кислоталик хоссаларига нисбатан бир мунча кучлироқ ифодаланган.

Гидроксиднинг диссоциланиш типи ионларнинг заряди миқдорига 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 типида диссоциланишга мойил бўлади. Амфотер электролитларда ионларнинг заряд ва радиуслари нисбати шундайки, улар тахминан бир хил даражада ҳам кислота типида, ҳам асос типида диссоциланишга мойил бўладилар.

Электролитларнинг амфотерлик хоссаларидан кимёвий анализда кенг миқёсда фойдаланилади. Масалан, катионлар аралашмаси анализида, 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 Fe^{3+} ва Al^{3+} катионлари бўлса, NaOH нинг мўл миқдори таъсир эттирилганда $Fe(OH)_3$ чўкмага тушади ва эритмада $Na_3[Al(OH)_6]$ ҳосил бўлади. Шу йўл билан темир (III) ионлари алюминий катионларидан ажратилиши мумкин.

Кислота типида диссоциланишда амфотер гидроксидларнинг ионланиш константаси қиймати гидроксидни ҳосил қилувчи ионнинг заряди ошиши билан катталашади (масалан, $K_{HCrO_2} = 9 \cdot 10^{-17}$, $K_{H_2CrO_4} = 1{,}8 \cdot 10^{-1}$. Шунга асосланиб, таркибида осон оксидланадиган ион сақловчи сувда эримайдиган гидроксид эрувчанлигини ошириш мақсадида бу ион оксидланади. Мисол учун, $Fe(OH)_3$ ва $Cr(OH)_3$ аралашмасидан иборат чўкма бўлса, водород пероксид ёки бошқа оксидловчилар таъсир эттириб, ишқорий муҳитда Cr^{3+} иони Cr^{6+} катионигача оксидланади, ҳосил бўлган CrO_4^- иони эритмага осон ўтади.

Баъзи бир амфотер гидроксидлар, жумладан, $Be(OH)_2$ чўкмасига $NaHCO_3$ 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 pH ва pOH 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?
A) Натрий хлорид;
B) Калий сулфат;
C) Натрий фосфат;
Д) Калий нитрат;
E) Калий бромид.

2. Қайси туз гидролизга учрамайди?
A) Калий нитрат;
B) Натрий нитрат;
C) 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 гидрооксид 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 сулфиднинг 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 pH;
В) Гидролиз константаси;
С) Гидролиз даражаси;

Д) Ионланиш даражаси;
Е) Гидролиз константаси ва даражаси.

8. Қуйидаги тузлардан қайси бирини гидролиз константаси ушбу формула буйича ҳисобланади: $K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{кисл}}$

А) Калий цианид;
В) Аммоний хлорид;
С) Аммоний ацетат;
Д) Натрий хлорид;
Е) Рух хлорид.

9. Қайси тузнинг гидролиз константаси ушбу формуладан фойдаланиб ҳисобланади: $K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос}}$

А) Калий цианид;
В) Аммоний хлорид;
С) Натрий хлорид;
Д) Аммоний ацетат;
Е) Натрий формиат.

10. Қайси тузнинг гидролиз константаси $K_{гидр} = \frac{K_{H_2O}}{K_{асос} \cdot K_{кисл}}$ формуласи буйича ҳисобланади?

А) Калий цианид;
В) Аммоний хлорид;
С) Аммоний ацетат;
Д) Натрий хлорид;
Е) Натрий формиат.

11.Аммоний нитратнинг гидролиз константаси қийматини 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) $3{,}02 \cdot 10^{-10}$;
Д) $2{,}03 \cdot 10^{-10}$;
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) $4{,}54 \cdot 10^{-2}$;
Д) $4{,}8 \cdot 10^{-5}$;
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%;
Д) 0,56%;
E) 0,0056%.

15. Аммоний хлориднинг 0,1 М эритмасининг гидролиз даражасини ҳисобланг.

A) 0,005;
B) 0,005%;
C) 0,0075%;
Д) 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;
Д) 0,0015%;
E) 0,015%.

17. Тузлардан қайси бирининг эритмаси муҳити нейтрал бўлади?

A) Калий карбонат;
B) Рух хлорид;
C) Аммоний хлорид;
Д) Аммоний ацетат;
E) Натрий ацетат.

18. Қайси туз эритмасининг pH>7?
A) Аммоний хлорид;
B) Натрий ацетат;
C) Натрий нитрат;
Д) Калций хлорид;
E) Аммоний ацетат.
19. Қайси туз эритмасида pH< 7?
A) Натрий хлорид;
B) Натрий цианид;
C) Аммоний хлорид;
Д) Аммоний цианид;
E) Калий карбонат.

20. Аммоний хлориднинг 0,1 М эритмасининг pH қийматини ҳисобланг.
A) 4,63;
B) 6,43;
C) 8,5;
Д) 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;
Д) 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 pH қиймати қандай бўлади?
А) 5;
В) 4;
С) 9;
Д) 7;
Е) 12.

24. Калий ацетатнинг 0,1 М эритмаси pOH ни ҳисобланг.
А) 13,5;
В) 1,35;
С) 8,87;
Д) 4,44;
Е) 5,13.

25. Аммоний нитратнинг 1М эритмаси pOH 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 pH қийматини ҳисобланг.
А) 5,32;
В) 4,63;
С) 6,43;
Д) 8,5;
Е) 4,25.

27. Калий фосфатнинг 0,12 М эритмаси pH қийматини ҳисобланг.
А) 6,4;
В) 7,6;
С) 3,79;
Д) 4,63;

E) 3,8.

28. Гидроксиднинг амфотерлигини кўрсатувчи белгилари нима ҳисобланади?
A) Кислоталар билан ўзаро таъсири;
B) Ишқорлар билан ўзаро таъсири;
C) Кислота ва ишқорлар билан ўзаро таъсири;
Д) Сув билан ўзаро таъсири;
E) Кислота ва ишқорлар билан таъсирлашмаслиги.

29. Гидроксидларнинг амфотерлик хоссалари қандай омилларга боғлиқ?
A) Ион радиуси қийматига;
B) Ион зарядига;
C) Ионнинг радиуси қиймати ва заряд миқдорига;
Д) Ион заряди ва радиуси қийматига боғлиқ эмас;
E) Ион зарядига боғлиқ эмас.

30. Амфотер гидроксидларни миқдорий жиҳатидан қандай константалар ифодалайди?
A) Ионланиш константаси йўқ;
B) Гидролиз константаси;
C) Фақат асос типида ионланиш константаси;
Д) Кислота ва асос типида ионланиш константалари;
E) Фақат кислота типида 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 адденднлар 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 мустаҳкамроқ 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 адденднлар ёки лиганллардир. 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-

ион сонига эга бўлмаслиги ҳам мумкин, бунда **координацион тўйинмаган бирикмалар** ҳосил бўлади. Масалан, комплекс ион $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ координацион тўйинмаган ион бўлиб, $[Zn(NH_3)_6]^{2+}$ иони координацион тўйингандир.

Лиганллар 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, $[Fe(CN)_6]^{4-}$ 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, $[Ag(NH_3)_2]^+$ нинг заряди 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, $Na_3[Co(NO_2)_6]$ нинг ташқи сферасида 3 та бир хил зарядли мусбат Na^+ ионлари бор. Молекула нейтрал бўлганлиги учун ички сфера $[Co(NO_2)_6]$ нинг заряди −3 га тенг бўлиши керак. Шунингдек, аддендлар бўлган NO_2^- ионларининг умумий зарядлари йиғиндиси −6 га тенг бўлиши сабабли комплекс ҳосил қилувчи ионининг заряди +3 (Co^{3+}) бўлиши тушунарлидир.

Комплекс бирикмаларнинг тузилиши ва улардаги боғларнинг тавсифи умумий ва анорганик кимё фанида батафсил 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:

$$[Co(NH_3)_4]\,Cl_3 \longrightarrow [Co(NH_3)_6]^{3+} + 3Cl^-$$

$$K[Ag(CN)_2] \longrightarrow K^+ + [Ag(CN)_2]^-$$

Ҳосил бўлган комплекс ион иккиламчи электролитик диссоциланишга учрайди, бу диссоциланиш кучсиз электролитлар типида бўлади, яъни кам даражада юз беради:

$$[Ag(CN)_2]^- \rightleftarrows Ag^+ + 2CN^-$$

Бу мувозанат системасига массалар таъсири қонуни татбиқ қилинса, қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$K_{[Ag(CN)_2]^-} = \frac{[Ag^+]\cdot[CN^-]^2}{[Ag(CN)_2]^-},$$

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:

$$Ka_{[Ag(CN)_2]^-} = \frac{\alpha_{Ag^+}\cdot\alpha^2_{CN^-}}{\alpha_{[Ag(CN^-)_2]^-}},$$

Ka – термодинамик беқарорлик константаси.

Беқарорлик константасига тескари миқдор комплекснинг ҳосил бўлиш константаси ёки барқарорлик константаси дейилади:

$$K_{барқарор} = \frac{1}{K_{беқарор}}.$$

Беқарорлик константасининг қиймати қанчалик кичик бўлса, комплекс шунчалик барқарор бўлади. Масалан, $[Ag(NH_3)_2]^+$ комплекс ионнинг беқарорлик константаси $5{,}8 \cdot 10^{-8}$ га, $[AgS_2O_3]^-$ комплекс ионнинг беқарорлик константаси $1{,}5 \cdot 10^{-9}$ га, $[Ag(CN)_2]^-$ комплекс ионники эса $1{,}4 \cdot 10^{-20}$ га тенг. Кўрсатилган кумушнинг учала комплекс ионлари ичида $[Ag(NH_3)_2]^+$ комплекс иони энг беқарор, $[Ag(CN)_2]^-$ 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. $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ нинг 1М эритмасидаги Zn^{2+} ионлари, NH_3 молекулалари концентрациясини ва комплекс ионнинг диссоциланиш даражасини аниқланг.

Ечиш:

1) Эритмада комплекс ион $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ қуйидагича ионланади:

$$[Zn(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + 4NH_3.$$

2) Комплекс ионнинг беқарорлик константаси ёзилади:

$$K_{беқарор} = \frac{[Zn^{2+}] \cdot [NH_3]^4}{[Zn(NH_3)_4]^{2+}},$$

$[Zn^{2+}]=x$ билан белгилаймиз, унда аммиак концентрацияси $4x$, ионлашмаган комплекс ион концентрацияси эса $1-x$ бўлади.

3) Беқарорлик константаси формуласига бу белгилар қўйилади:

$$K_{беқарор} = \frac{x \cdot (4x)^4}{1-x} = 2{,}6 \cdot 10^{-10}.$$

$K_{беқарор}[Zn(NH_3)_4]^{2+} = 2{,}6 \cdot 10^{-10}$ жадвалдан олинди.

Х нинг қиймати 1 дан жуда кичик бўлганлиги учун, махраждаги 1-х ифодаси 1 га тенг бўлиб қолади. Бинобарин,

$$K = x(4x)^4 = 256x^5 = 2{,}6 \cdot 10^{-10};\ x^5 = \frac{2{,}6 \cdot 10^{-10}}{256}$$

$$x = [Zn^{2+}] = \sqrt[5]{\frac{2{,}6 \cdot 10^{-10}}{256}} = 3{,}99 \cdot 10^{-3} \approx 4{,}0 \cdot 10^{-3}$$

$$[Zn^{2+}] = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\ мол/л.$$

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 $Na[AgS_2O_3]$нинг 0,01М эритмасидан 10 мл га калий бромиднинг 0,1М эритмасидан 20 мл қўшилса, кумуш бромид чўкмаси тушадими?

Ечиш:

1) Эритмалар қўшилганда моддаларнинг концентрациялари ўзгаради ва қуйидагича бўлиб қолади:

$$[Na[AgS_2O_3]] = \frac{0{,}01 \cdot 10}{30} = 3{,}3 \cdot 10^{-3}\ мол/л\ (0{,}0033\ мол/л)$$

$$[KBr] = \frac{0{,}1 \cdot 20}{30} = 6{,}66 \cdot 10^{-2}\ мол/л.$$

2) Комплекс ион $[Ag(S_2O_3)]^-$ қуйидагича ионланади ва унинг беқарорлик константаси қиймати жадвалдан топилади:

$$K_{бекарор} = \frac{[Ag^+]\cdot[S_2O_3^{2-}]}{[AgS_2O_3]^-} = 1{,}51\cdot10^{-9}$$.

3) Ag^+ ионлари концентрациясини х мол/л деб олсак, $S_2O_3^{2-}$ ионлари концентрацияси ҳам х мол/л бўлади, комплекс ионнинг концентрацияси эса 0,0033- х мол/л га тенг бўлади.

$$K = \frac{x\cdot x}{0{,}0033-x} = \frac{x^2}{0{,}0033-x} \approx \frac{x^2}{0{,}0033} = 1{,}51\cdot10^{-9}$$

$$x^2 = 3{,}3\cdot10^{-3}\cdot1{,}51\cdot10^{-9}; x = [Ag^+] = \sqrt{4{,}98\cdot10^{-12}} = 2{,}23\cdot10^{-6}\ мол/л$$.

4) Калий бромид кучли электролит бўлганлиги учун тўлиқ диссоциланиб, эритмага $6{,}66\cdot10^{-2}$ мол/л бромид ионларини беради. Бинобарин, айни эритмада $[Ag^+]\cdot[Br^-]$ кўпайтмаси қуйидаги қийматга тенг:

$[Ag^+]\cdot[Br^-]=(2{,}23\cdot10^{-6})\cdot(6{,}66\cdot10^{-2})=14{,}85\cdot10^{-8}=1{,}48\cdot10^{-7}$; келиб чиққан қиймат, AgBr нинг эрувчанлик кўпайтмаси ($ЭК_{AgBr}=5{,}3\cdot10^{-13}$) дан катта:

$$1{,}48\cdot10^{-7}>5{,}3\cdot10^{-13}$$.

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 металларнинг катионлари ва комплекс кислоталарнинг анионлари томонларидан ҳосил бўлган бир қатор комплекс тузлар сувда қи-

йин эрийди. Жумладан, кўпчилик оғир металларнинг катионлари гексацианокобалтат (III) билан равшан рангли қийин эрийдиган тузлар ҳосил қилади, масалан, $Ni_3[Co(CN)_6]_2$ - яшил, $Co_3[Co(CN)_6]_2$ - пушти-қизил ва бошқалар. Кўпчилик комплекс ионлар юқори барқарорлиги билан ажралиб туради. Бир қатор катионлар рангли комплекс бирикмалар ҳосил қилиш йўли билан аниқланади; чунончи, K^+ катиони $K_3[Co(NO_2)_6]$ - сариқ чўкма; Fe^{3+} катиони $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ - тўқ кўк чўкма, Fe^{2+} катиони $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ – кўк чўкма, Cu^{2+} катиони $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ – кўк рангли эритма ва $Cu_2[Fe(CN)_6]$ - қизил-қўнғир 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 Fe^{3+} катиони аниқланувчи эритмага фосфат кислота, аммоний фторид, натрий оксалат ёки тартрат қўшиб ниқобланади. Бу реагентлар билан Fe^{3+} рангсиз мустаҳкам комплекс ионлар: $[Fe(PO_4)_2]^{3-}$, $[Fe\ F_6]^{3-}$, $[Fe(C_2O_4)_3]^{3}$, $[Fe\ (C_4H_4O_6)_3]^{3-}$ ҳосил қиладилар. Ҳосил бўладиган комплекс ионлар шунчалик барқарорки, Fe^{3+} катиони учун сезгир бўлган реагентлар (чунончи, аммоний роданид) ҳам, бу комплекс ионларга сезиларли таъсир қилаолмайди. Бинобарин, комплекс ҳосил қилиб, ионларни ниқоблаш анализга халақит берувчи ионларнинг эритмадаги концентрациясини бошқа ионларни топишга халал бермайдиган даражада камайтириб юбориш мумкиндир. Ниқобловчи комплекс ҳосил қилувчи реагентлар сифатида ишлатиладиган комплексонлар (3-бўлим миқдорий анализ, комплекс онометрия 24-боб) алоҳида аҳамиятга эгадир.

3. **Комплекс ҳосил қилишдан эримайдиган моддаларни эритмага ўтказишда фойдаланиш.** Сувда, кислоталар ва ишқорларда эримайдиган чўкмаларни эритишда кўпинча комплекс ҳосил қилиш методи қўлланилади. Масалан, эримайдиган кумуш галогенидларни бир-биридан ажратишда комплекс ҳосил қилишдан фойдаланса бўлади. Таркибида AgCl, AgBr ва AgJ сақловчи чўкмага $(NH_4)_2CO_3 + NH_4HCO_3$ дан иборат эритма таъсир эттирилса, эритмага AgCl комплекс бирикма $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ҳолида ўтади. Агар AgBr ва AgJ

дан ташкил топган аралашмага аммиак эритмаси таъсир эттирилса, AgBr чўкмаси комплекс бирикма $[Ag(NH_3)_2]Br_2$ ҳосил қилиб эрийди; бунда аммиакда эримайдиган AgJ чўкмада қолади. Бордию, AgJ чўкмасига KCN эритмаси таъсир эттирилса, AgJ комплекс ион $[Ag(CN)_2]^-$ ҳосил қилиб эритмага ўтади. Шундай қилиб, комплекс ҳосил қилишдан фойдаланиб, сувда ва кислоталарда эримайдиган моддаларнинг жуда мураккаб аралашмаларини ажратишга эришиш мумкин.

CN^- иони таъсирида комплекс бирикмалар ҳосил бўлишидан амалда кўпгина эримайдиган CuS, NiO, ZnO, CdO, HgO, $Ni(OH)_2$, $Co(OH)_2$, $Cd(OH)_2$ ва бошқа бирикмаларни эритишда кенг фойдаланилади, масалан:

$$2CuS+9CN^-=2[Cu(CN)_4]^{3-}+SCN^-+S^{2-}.$$

Шуни таъкидлаш керакки, комплекс ион $[Cu(CN)_4]^{3-}$ лар бўлган эритмалардан Cu^+ иони кўпгина реагентлар, жумладан, водород сулфид таъсиридан ҳам чўкмага тушмайди. Бунинг сабаби, комплекс ион $[Cu(CN)_4]^{3-}$нинг беқарорлик константаси қийматининг жуда кичиклиги ($K_{[Cu(CN)_4]^{3-}} = 5 \cdot 10^{-28}$) билан тушунтирилади.

Комплекс ҳосил бўлишидан бирикмаларнинг кислота-асосли хоссаларини ўзгартиришда, бирикмаларнинг оксидлаш- қайтариш хоссаларини кучайтириш ёки камайтиришда 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.

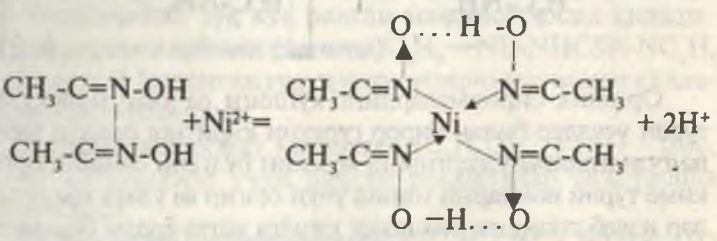
Органик бирикмаларнинг ички комплекс бирикмалар ҳосил қилиш хоссаси уларнинг молекулаларида кислота хусусиятига эга бўлган маълум атомлар гуруҳи бўлишига боғлиқ. Бундай гуруҳлар: карбоксил- COOH, оксим =NOH; гидрооксид, аминогуруҳ – NH_2, иминогуруҳ =NH ва бошқалардир.

Ички комплекс бирикмалар, одатда, сувда қийин эрийдиган, тиниқ рангли ва ионларга ниҳоятда оз диссоцианиш 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. **Электролитмас 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.

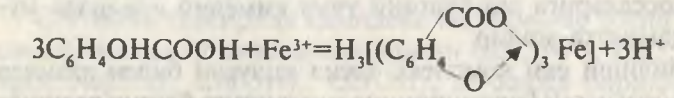
Бу турдаги ички комплекс бирикмаларга мисол қилиб ёрқин қизил рангли қийин эрувчан чўкма ҳолидаги никел диметилглиоксиматни олиш мумкин. Никел катиони диметилглиоксим (Л.Чугаев реактиви) билан ўзаро таъсирлашганда ҳар бир молекуланинг оксим гуруҳидаги водородни сиқиб чиқаради, шунингдек, иккита бошқа оксим гуруҳлар билан координатив боғланади:



(координатив боғланиш стрелкалар билан кўрсатилган).

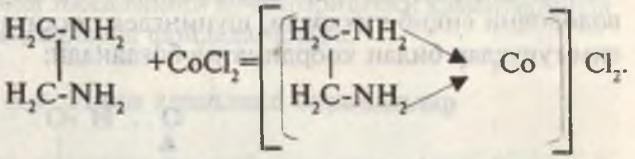
2. **Электролит ички комплекс бирикмалар**. Металл ионлари комплексонлар-аминополикарбон кислоталарнинг ҳосилалари, хусусан, этилендиаминтетра сирка кислота

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 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, кобалт 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 анализида ҳам, шунингдек, миқдорий анализда ҳам кенг миқёсда қўлланилмоқда. Улар

юқори сезгирликка эгалиги ва ўзининг селектив таъсири билан ажралиб туради. Органик реагентлар одатдаги пробиркада бажариладиган анализ методидан ташқари томчи, фотометрик, хроматографик анализ методларида ҳам кенг фойдаланилади. Гравиметрик (тортма) анализда улар чўктирувчи реагент сифатида ишлатилади. Органик реагентлар юқори молекуляр массага эга бўлгани сабабли, чўктирилувчи ионнинг 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 бирикмалар 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 таъсирида оксидланиб, тўқ кўк рангли маҳсулот ҳосил қилади.

Дифенилтиокарбозон (дитизон) $C_6H_5—NH·NHCSN·NC_6H_5$. Бу кўпинча 3-аналитик гуруҳ катионларини очишда қўлланиладиган 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 кўк ёки бинафша рангга ўзгартиради.

8-Оксихинолин C_9H_6NOH аммиакли эритмалардан магний тузларини яшил-сарғиш тусдаги кристаллик чўкма ҳолида чўктиради.

Органик реагентлар ёрдамида анорганик 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?

A)+3;
B)−3;
C)+6;
Д)+1;
E)+4.

2. Калий гексацианоферрат $K_4[Fe(CN)_6]$ комплекс тузидаги комплекс ҳосил қилувчи ва унинг зарядини кўрсатинг.

A) K^+;

B) Fe^{2+};
C) Fe^{3+};
Д) CN^-;
E) $[Fe(CN)_6]$.

3. Натрий гексанитрокобалтат (III) $Na_3[Co(NO_2)_6]$ комплекс тузи таркибидаги комплекс ион ва унинг зарядини кўрсатинг.

A) Na^+;
B) $Co(NO_2)_6^{2-}$;
C) $Co(NO_2)_6^{3-}$;
Д) Co^{3+};
E) CN^-.

4. Калий дицианоаргентат $K[Ag(CN)_2]$ нинг таркибидаги комплекс ҳосил қилувчининг координацион сони қанча?

A) 1;
B) 0;
C) 4;
Д) 2;
E) 6.

5. Комплекс туз-натрий гексанитрокобалтат (III) $Na_3[CO(NO_2)_6]$ нинг координацион сони нечага тенг?

A) 0;
B) 1;
C) 3;
Д) 4;
E) 6.

6. Комплекс бирикмаларнинг диссоциланиши қандай, электролитларнинг диссоциланишига ўхшаш бўладими?

A) Кучли электролитларга ўхшаш;
B) Кучсиз электролитларга ўхшаш;
C) 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;
Д) 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;
Д) Қайтар, кучсиз электролитлар каби;
E) Диссоциланмайди.

9. Концентрацияси 1 мол/л бўлган комплекс туз-тетрааминорух 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;
Д) $4 \cdot 10^{-5}$ мол/л;
E) $3 \cdot 10^{-7}$ мол/л.

10. 0,1 М эритмадаги кумуш 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) $7,6 \cdot 10^{-8}$;
Д) $3,8 \cdot 10^{-6}$;
E) $4 \cdot 10^{-9}$.

11. $K_2[HgCl_2]$ 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;
Д) $11,9 \cdot 10^{-5}$ мол/л;
E) $11,9 \cdot 10^{-4}$ мол/л.

12. $K[Ag(CN)_2]$ нинг 0,1 М 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 г кумуш хлоридни эритиш учун 1 М 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 мл сувдаги 0,1 г кумуш 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 текширилаётган 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:

$$H_2 \longleftrightarrow 2H^0 \longleftrightarrow 2H^+ + 2e$$

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 сулфат 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 волтметр 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 тортади. 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°K);

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 металлардан 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 металлар қатори металларнинг электрокимёвий кучланиш қатори номи билан юритилади. Бинобарин, металларнинг электрокимёвий кучланишлар қатори, стандарт водород электрод потенциалига нисбатан аниқланган стандарт электрод потенциаллари қаторининг ўзидир.

Ионларнинг оксидланган ва қайтарилган шаклларидан иборат жуфтларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциали (редос-потенциали) ни кўриб чиқайлик. Бунинг учун стандарт водород электрод билан текширилаётган жуфтдан иборат электроддан галваник элемент тузамиз. Кимёвий стаканга тенг ҳажмдаги $FeCl_3$ ва $FeCl_2$ 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 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.

$$H_2 - 2e = 2H^+ \quad \text{(анод жараёни)}.$$

Ажралган электронлар сим орқали катодга оқиб ўтади, бу электронларни Fe^{3+} ионлари бириктириб олиб, Fe^{2+} ионларгача қайтарилади.

$$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+} \quad \text{(катод жараёни)}.$$

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:

$$Э.Ю.К = E_0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) - E_0(2H^+/H_2) = 0{,}77В.$$

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:

$$H_2\text{-}2e=2H^+ \text{ (анод жараёни)}$$
$$Cl_2+2e=2Cl^- \text{ (катод жараёни)}$$

$Cl_2/2Cl^-$ жуфтининг оксидланиш потенциали қиймати Fe^{3+}/Fe^{2+} жуфтиникига 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, $Mn0_4^-/Mn^{2+}$ жуфти кислотали муҳитда хлорга нисбатан янада кучли оксидловчидир.

Электронларни бир иондан бошқасига ўтиши билан боғлиқ кимёвий реакция борувчи оксидловчи-қайтарувчи жуфтининг 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, $Na_2S_2O_8$, $(NH_2)_2S_2O_8$, 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 $E=E_{оксидловчи}-E_{қайтарувчи}>O$ бўлганда, оксидланиш-қайтарилиш реакциялари белгиланган йўналишда боради. Оксидловчи ва қайтарувчи потенциаллари орасидаги фарқ қанча катта бўлса, айни 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:

$$2J^- + 2Fe^{3+} \rightleftarrows J_2 + 2Fe^{2+}.$$

Ечиш. Fe^{3+}/Fe^{2+} жуфтининг оксидланиш потенциали +0,77 В бўлиб, $J_2/2J^-$ жуфтининг $E_0(J_2/2J^-)=0,54В$ дан катта. Бу икки жуфтдан галваник элемент тузилса, манфий қутб (анод) $J_2/2J^-$ жуфти, мусбат қутб (катод) Fe^{3+}/Fe^{2+} жуфти бўлиб қолади:

$$2J^- - 2e = J_2 \text{ (анод жараёни)}$$
$$2Fe^{3+} + 2e = 2Fe^{2+} \text{ (катод жараёни)}$$

Реакция иод ионларининг эркин иодгача оксидланиши ва Fe^{3+} ионлари Fe^{2+}гача қайтарилиши билан боради. Бу моддалар эритмалари аралаштирилганда, реакция айни шу йўналишда боради.

2-мисол. Хлорли сув билан калий бромид KBr эритмаси ўртасида реакция борадими?

Ечиш. 1) $2KBr+Cl_2 \longrightarrow 2KCl+Br_2$.

Жуфтларнинг редокс-потенциаллари топилади. $E_0(Br_2/2Br^-)\approx 1,09B$, $E_0(Cl_2/2Cl^-)=1,36B$, чунончи, 1,36 В>1,09В бўлгани учун жараён бориши мумкин.

2) Қандай ярим реакциялар бориши ёзилади:

$$Cl_2+2e=2Cl^- \text{ (катод жараёни)}$$
$$2Br^- - 2e = Br_2 \text{ (анод жараёни)}.$$

3) Реакциянинг умумий тенгламаси ёзилади:

$$Cl_2 + 2Br^- \longrightarrow 2Cl^- + Br_2.$$

Реакция Br^- ионини эркин бром Br_2 гача оксидланиши йўналишида боради ва эритма ёрқин қўнғир рангга киради.

3-мисол. NO_3^- ион таъсирида (ўзи NO гача қайтарилса) Cr^{3+} ионини $Cr_2O_7^{2-}$ ионигача оксидлаш мумкинми?

Ечиш. 1) Жадвалдан жуфтларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари топилади:

$$E^\circ(NO_3^- / NO) = +0{,}96B$$

$$E^\circ(Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}) = +1{,}33B$$

Бинобарин, $Cr_2O_7^{2-}$ иони 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 J^-, Br^-ва Cl^- ионлари мавжуд. Булар қандай кетма-кетликда $KMnO_4$, Cl_2 ва HNO_2лар билан реакцияга киришади?

Ечиш. 1) Мазкур ионларнинг оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари топилади:

$$E^\circ(J_2 / 2J^-) = +0{,}536B;\ E^\circ(Br_2 / 2Br^-) = +1{,}087B$$

$$E^\circ(Cl_2 / 2Cl^-) = +1{,}36B.$$

2) Стандарт оксидланиш-қайтарилиш потенциаллари жадвали шуни кўрсатадики, MnO_4^- кислотали муҳитда E^0=+1,51В стандарт оксидлаш потенциалига эга бўлгани учун эритмада бўлган ҳамма галогенид ионларини оксидлайди. Эркин хлорнинг E^0=+1,36В бўлгани учун J^- ва Br^- анионларини оксидлай олади. Нитрит кислотанинг стандарт оксидлаш потенциали +0,99В га тенг бўлгани учун фақат J^- анионларини оксидлаб, Br^- ва Cl^- анионларини оксидлай олмайди.

2-мисол. Таркибида Br^-, J^- ва 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:

$$E^{\circ}(Br_2 / 2Br^-) = +1{,}087B;\ E^{\circ}(J_2 / 2J^-) = +0{,}536B$$

$$E^{\circ}(S / S^{2-}) = -0{,}48B;\quad E^{\circ}(Cl_2 / 2Cl^-) = +1{,}36B.$$

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, Вг 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, айни 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 сулфит Na_2SO_3 симоб (I) хлорид билан қайси йўналишда ўзаро таъсирлаша олади?

14. $Cr_2(SO_4)_3$ ни $(NH_4)_2\ S_2O_8$ таъсирида $Cr_2O_7^{2-}$ гача оксидлаш реакциясини амалга ошириш мумкинми?

15. $SnCl_2$, $FeCl_3$ ва бромли сув ўрталарида реакция борадими? Редокс реакциялар тенгламаларини ёзинг.

Тестлар

1. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини тавсифлаш учун қандай катталикдан 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 0^0C ҳароратда ўлчанган потенциали;
В) Жуфтнинг 18-25^0C ҳароратда ўлчанган потенциали;
С) Жуфтнинг 18-25^0C ҳароратда жуфт ионларнинг актив концентрациялари 1 мол/л бўлгандаги стандарт водород электродга нисбатан ўлчанган потенциали;
Д) Жуфтнинг 0^0C ҳароратда, ионларнинг актив концентрациялари 1 мол/л га тенг ўлчанган потенциали;

E) Жуфтнинг хоҳлаган концентрациясидаги ўлчанган потенциали.

3. Электр юритувчи куч (Э.Ю.К) нинг қандай қийматида оксидланиш-қайтарилиш жараёни боради?

A) Э.Ю.К=0;
B) Э.Ю.К<0;
C) Э.Ю.К=1;
Д) Э.Ю.К>0;
E) Э.Ю.К нинг ҳар қандай қийматида.

4. Бромид-, йодид- ва сулфид-ионлари бор эритмага хлорли сув қўшилса, оксидланиш жараёни қандай кетма-кетликда боради?

A) Сулфид, бромид, йодид ионлари;
B) Бромид, йодид, сулфид ионлари;
C) Сулфид, йодид, бромид, ионлари;
Д) Йодид, бромид, сулфид ионлари;
E) Ҳаммаси бирданига.

5. Стандарт редокс-потенциаллар қиймати асосида йоднинг сувли эритмаси қайси ионларни оксидлашини аниқланг.

A) Сулфид ионлари;
B) Хром (III) ионлари;
C) Бромид ионлари;
Д) Арсенит ионлари;
E) Нитрат ионлари.

6. Стандарт редокс-потенциаллар жадвалидан фойдаланиб, қуйидаги кўрсатилган моддалардан қайси бирини калий хлорат билан оксидлаб бўлмаслигини аниқланг.

A) Темир(II)-сулфат;
B) Калий бромид;
C) Хром(III)-сулфат;
Д) Қалай(II)-хлорид;
E) Олтин.

7. Реал потенциални ҳисоблаш тенгламаси ким томондан қачон таклиф қилинган?

A) Аррениус, 1887 йилда;

B) Нернст, 1889 йилда;
C) Оствалд, 1894 йилда;
Д) Шилов, 1903 йилда;
E) Бор,1913 йилда.

8. Қуйидаги формуладан қандай катталикни ҳисоблаш мумкин? $E = E_0 + \frac{0,058}{n} \cdot \lg \frac{C_{оксид}}{C_{қайт}}$:

A) Реал редокс-потенциални;
B) Стандарт редокс-потенциални;
C) Реакциянинг электр юритувчи кучини;
Д) Галваник элементнинг электр токи қийматини;
E) Металлнинг стандарт электрод потенциалини.

9. Реал электрод потенциалининг қиймати қандай омилларга боғлиқ бўлади?

A) Концентрацияга;
B) Ҳароратга;
C) Концентрация, температура ва эритманинг pH қийматига;
Д) Эритманинг pH қийматига;
E) Ҳарорат ва эритманинг pH қийматига.

10. $[MnO_4^-]=0,1$ мол/л, $[Mn^{2+}]=0,01$ мол/л ва эритма pH=2 бўлгандаги MnO_4^-/Mn^{2+} жуфтининг оксидлаш потенциали қийматини ҳисобланг.

A) 0,1406 В;
B) 1,406 В;
C) 1,510 В;
Д) 0,703 В;
E) 1,046 В.

11. Агар $[Cr_2O_7^{2-}]=[Cr^{3+}]=1$ мол/л ва эритма pH=2 бўлса, $Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+}$ жуфтнинг редокс-потенциали нечага тенг бўлади?

A) 0,74 В;
B) 1,33 В;
C) 0,59 В;
Д) 1,06 В;
E) 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;
Д) 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;
Д) 0,103 В;
E) 0,075 В.

14. Галваник элемент стандарт водород электроди ва Ni^{2+}/Ni^0 жуфтидан 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;
Д) -0,125 В;
E) -2,89 В.

Иккинчи қисм

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 биноан, сифат аналитик реакциялари «қуруқ» ва «ҳўл» 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 $NaNH_4HPO_4 \cdot 4H_2O$ ёки натрий тетраборат $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ да эриганда шиша (мунчоқ)лар ҳосил қилади. Уларнинг рангини кузатиб, текширилаётган модда таркибида қандай элементлар борлигини кўрсатиш мумкин. Чунончи, хром бирикмалари - яшил мунчоқлар; кобалт 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 нихром 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 текизилади, алангада олинган модда тўлиқ эриб кетгунча қиздирилади. Ҳосил бўлган шишанинг ранги иссиқ ҳолатда ва совиганда кузатилади.

Аланганинг бўялиш реакцияси. Кўпчилик металларнинг учувчан тузлари газ алангасининг рангсиз қисмига киритилса, аланга шу металларга 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, калций тузлари — қизил ғишт 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 ҳовончага 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 кукуни роданид аралашмаси билан ишқаланганда қизғиш-қўнғир рангли бирикма, бордию текширилаётган модда таркибида кобалт бирикмалари бўлса, кўк рангли бирикмалар ҳосил бўлади. Ацетат кукуни натрий бисулфат билан аралаштириб эзилса, ўзига хос ҳидга эга бўлган сирка кислота ҳосил бўлиши кузатилади.

Сифат анализида «қуруқ» йўл билан ўтказиладиган реакциялар ёрдамчи вазифани бажаради, улардан одатда дастлабки синаб кўришларда фойдаланилади.

Лабораторияшароитларида 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:

$$CaCO_3+2CH_3COOH=Ca(CH_3COO)_2+H_2O+CO_2\uparrow$$
$$Fe(OH)_3+3HCL=FeCL_3+3H_2O$$
$$CuO+2HNO_3=Cu(NO_3)_2+H_2O.$$

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 рангга эга бўлган газларнинг ажралишидан иборат бўлади.

Сифат анализида 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.

Текширилаётган модда миқдори, эритма ҳажми ва айрим тажрибаларни ўтказиш техникасига боғлиқ ҳолда сифат анализининг кимёвий аналитик методлари макрокимёвий анализ, микрокимёвий анализ, ярим микрокимёвий анализ, ултрамикрокимёвий 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):

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	$0,001—10^{-6}$	$0,1—10^{-4}$
Ултрамикроанализ	Микрограмм-метод	$10^{-6}—10^{-9}$	$10^{-4}—10^{-6}$
Субмикроанализ	Нанограмм-метод	$10^{-9}—10^{-12}$	$10^{-7}—10^{-10}$
Субултрамикроанализ	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 хослиги

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 шарти эритманинг маълум ҳароратини ушлаб туришдир. Кўпчилик аналитик реакциялар «совуқда», яъни уй ҳароратида, баъзан эритмани совуқ сув ёрдамида совитиб бажарилади. Баъзи сифат анализидаги реакцияларни маълум ҳароратгача 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 концентрацияси унинг айни шароитдаги эрувчанлигидан ортиқ бўлгандагина, шу модда чўкмага тушади. Модда жуда қийин эрийдиган бўлса, топилувчи ионнинг эритмадаги концентрацияси ниҳоятда кичик бўлган тақдирда ҳам, у чўкмага тушиши мумкин. Бундай реакциялар сезилувчан реакциялар деб аталади. Ҳосил бўладиган бирикманинг эрувчанлиги юқори бўлса, реакция кам сезгир бўлади.

Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги миқдорий жиҳатдан бир-бирига боғлиқ кўрсаткичлар — **топилиш минимуми ва суюлтириш чегараси** билан тавсифланади.

Топилиш минимуми — бу ионнинг айни реакция ёрдамида (зарур бўлган шарт-шароитларга риоя қилинганда) топилиши мумкин бўлган энг кам миқдоридир. Топилиш минимуми граммнинг миллиондан бир қисми — микрограмм (1 мкг = 10^{-6}г)ларда ифодаланади.

Суюлтириш чегараси (минимал концентрация деб ҳам аталади) — бу ионни айни 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 қийматларини аниқлаш анча қийин ва кўп вақт талаб қилади. Бу аниқлашларни шундай тасаввур қилиш мумкин: Масалан, K^+ катионларини топиш минимумларини аниқлаш учун 1 л эритмада 1 г K^+ ёки 1,9069 г калий хлорид сақловчи эритма тайёрланади. Тажриба йўли билан шу эритмани 50 марта суюлтирилганда K^+ иони натрий гексанитрокобалтат (III) билан аниқлаш реакцияси:

$$2KCl+Na_3[Co(NO_2)_6] = K_2Na[Co(NO_2)_6]\downarrow+2NaCl$$

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 миқдорида ион сақловчи суюлтириш чегарасига эга бўлган эритма ҳажми минимал ҳажм (V 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:

$$V_{суюл.ч.} = \frac{V_{мин} \cdot 10^6}{m} \quad \text{ёки} \quad m = \frac{V_{мин} \cdot 10^6}{V_{суюл.ч}},$$

бу ерда, $V_{суюл.ч}$ – суюлтириш чегараси, мл;

m – топилиш минимуми, мкг;

$V_{мин}$ – реакцияни бажариш учун олинган эритманинг минимал ҳажми, мл.

Юқорида келтирилган формула бўйича ҳисоблашга доир мисоллар келтирамиз.

1-мисол. Алюминий ионларини очишдаги суюлтириш чегараси 150000 мл, текшириладиган эритманинг ҳажми 0,06 мл. Топилиш минимумини ҳисобланг.

Ечиш.

$$m = \frac{V_{мин} \cdot 10^6}{V_{суюлч.}} = \frac{0{,}06 \cdot 10^6}{150000} = \frac{6}{15} = 0{,}4 мкг.$$

2-мисол. Калций катионлари Ca^{2+}ни сулфат ионлари таъсирида топилиш минимуми 0,04 мкг. Эритманинг суюлтириш чегараси 1250000 мл. Текшириладиган эритманинг минимал ҳажмини ҳисобланг.

Ечиш.

$$V_{мин} = \frac{m \cdot V_{суюлч}}{10^6} = \frac{0{,}04 \cdot 1250000}{1000000} мл = 0{,}05 мл.$$

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.

$$V_{суюлчег.} = \frac{V_{мин} \cdot 10^6}{m} = \frac{0{,}05 \cdot 10^6}{0{,}2} = 250000 мл.$$

Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги уларнинг бажарилиш 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, текширилаётган намунада изланаётган ион бўлмасдан, аниқлашда ишлатиладиган реагентларга шу иондан озгина ("асари") аралашиб қолганда ҳам текширилаётган модда таркибида шу ион бор, деган нотўғри хулосага келиш мумкин. Бундай хатодан сақланиш учун "холис" тажриба ўтказилади. Текширилаётган 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 NH_4^+ катионини аниқлаш реакцияси бу катион учун ўзига хос реакциядир, чунки бундай шароитда фақат аммоний тузларидан ҳиди ва бошқа хоссаларидан осон билинадиган аммиак NH_3 ажралиб чиқади:

$$NH_4Cl+NaOH=NH_3\uparrow+H_2O+NaCl.$$

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 (Ca^{2+}, Ba^{2+},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 текширилаётган 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 корхоналарнинг 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 ҳалақит берадиган бошқа ҳамма ионлар олдиндан топилади, сўнгра улар эритмадан йўқотилади. Олайлик, таркибида Ba^{2+} катионлари ҳам бўлган эритмадан Ca^{2+} катионларини топиш лозим бўлсин. Ca^{2+} катионининг энг сезгир реакцияси аммоний оксалат таъсирида калций оксалатнинг оқ кристаллик чўкмасининг ҳосил бўлишидир:

$$CaCl_2+(NH_4)_2C_2O_4=Ca\,C_2O_4\downarrow+2\,NH_4Cl.$$

Лекин бу реакция Ca^{2+} катиони учун ўзига хос реакция эмас, аммоний оксалат Ba^{2+} ва бошқа баъзи бир ионлар билан ҳам оқ чўкма беради. Шу сабабли эритмадан Ca^{2+} катионини топишдан аввал, аниқлашга халақит берувчи Ba^{2+} катиони бор-йўқлигини аниқлаб олиш керак. Ba^{2+} катионини эритманинг айрим улушига калий хромат таъсирида ўзига хос сариқ чўкма ҳосил бўлишига қараб аниқлаш мумкин:

$$BaCl_2+K_2CrO_4=BaCrO_4\downarrow+2KCl.$$

Эритмадаги Ca^{2+} ионлари Ba^{2+} катионларини бу реакция ёрдамида топишга халақит бермайди, чунки ҳосил бўладиган калций хромат $CaCrO_4$ сувда яхши эрийди. Агар эритмада Ba^{2+} катионлари ҳам мавжудлиги аниқланса, бу эритмадаги Ca^{2+} катионларини топишдан аввал эритмадан Ba^{2+} ионлари тўлиқ йўқотилади. Бунинг учун эритманинг ҳаммасига калий хромат K_2CrO_4 (ёки калий дихромат $K_2Cr_2O_7$) эритмасидан мўл миқдорда қўшилади. Ba^{2+} катионлари тўлиқ чўкканлигига ишонч ҳосил қилингач, $BaCrO_4$ чўкмаси ажратилади ва эритмадан $(NH_4)_2C_2O_4$ таъсирида Ca^{2+} иони топилади. Ҳосил бўлган оқ чўкма фақат CaC_2O_4 чўкмаси эканлиги, эритмада Ca^{2+} катиони борлигига далил бўлади.

Юқоридаги маълумотлардан кўриниб турибдики, систематик анализ қилишда нафақат айрим ионларни топиш реакцияларини қўллаб қолмасдан, балки ионларни бир-биридан ажратиш реакциялари ҳам бажарилади. Ажратиш реакцияларида, кўпинча ионлар ҳосил қиладиган ўхшаш бирикмаларнинг эрувчанлиги бир-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 бир-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 эриydиган бўлиши керак; ортиқча қўшилган реагент эритмада қолган ионларни топишга халақит бермаслиги керак.

Анорганик моддаларнинг сифат анализида 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 учта системаси бўйича аналитик гуруҳлар тўғрисида маълумотлар келтирамиз.

7.4.1. Катионлар анализининг сулфидли системаси

Классик сулфидли система асосида катионларнинг сулфидлари, 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 металларнинг 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 металларининг 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 сулфид $(NH_4)_2S$ таъсирида сувда эримайдиган сулфидлар 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 сулфид билан сувда эримайдиган сулфидлар чўкмасини ҳосил қилади. Умумий гуруҳ реагенти — хлорид кислота иштирокидаги водород сулфиддир.

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 сулфидли система ҳозирги давргача мукаммаллаштириб келинди, лекин шунга қарамасдан баъзи камчиликлардан холи эмас. Жумладан, учинчи ва тўртинчи гуруҳнинг бир қатор катионлари сулфидларини 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 сулфат кислоталарга, ўювчи ишқорлар ҳамда аммиак эритмаларига муносабати асосида олтита 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 KOHнинг 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 миқдорлаги 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 сулфидли системасига нисбатан минимум 30-40% кам вақт сарфланади.

Бу системанинг камчиликларини ҳам таъкидлаб ўтиш лозим: кислота-асосли система етарли даражада мукаммаллаштирилмаган; 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 Ag^+, $[Hg_2]^{2+}$ ва Pb^{2+} катионлари кириб, умумий гуруҳ реагенти хлорид кислота таъсирида оз эрийдиган хлориллар ҳолида чўкади.

Аммиакли-фосфатли система аниқланадиган катионлар сони бўйича кислота-асосли системага ўхшаш, лекин анализни ўтказиш методикаси жиҳатидан мураккаброқ ҳисобланади.

Ушбу дарсликда катионлар анализи сулфидли система бўйича олиб боришга доир лаборатория ишларининг тавсифи яримикрокимёвий анализ методи асосида келтирилган.

7.5. Анионлар ва уларнинг гуруҳлари

Маълумки, анионларга айрим атомлар ва ҳар хил элементлар атомлари гуруҳидан ташкил топган манфий зарядланган 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, Ba^{2+} ва Pb^{2+} катионлари SO_4^{2-} ва 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 халақит 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.

4-жадвал

Анионларнинг аналитик гуруҳларга бўлиниши

Анионлар гуруҳи	Гуруҳга кирадиган анионлар	Гуруҳнинг умумий реагенти	Гуруҳ тавсифи
I	SO_4^{-2} - сулфат ион, SO_3^{-2}- сулфит ион, $S_2O_3^{-2}$ - тиосулфат ион, CO_3^{-2}- карбонат ион, PO_4^{-3} - фосфат ион, AsO_4^{-3}-арсенат ион, AsO_3^{-3}-арсенит ион, CrO_4^{-2} - хромат ион, $Cr_2O_7^{-2}$ -бихромат ион, F^- - фторид ион, SiO_3^{-2}- силикат ион, $C_2O_4^{-2}$ - оксалат ион ва бошқалар	$BaCl_2$ нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитда	Шу гуруҳ анионларининг барийли тузлари сувда қийин эрийди
II	Cl^- - хлорид ион, Br^- - бромид ион, I^- -йодид ион, S^{-2} - сулфид ион, CNS^- - роданид ион, CN^--цианид ион, $[Fe(CN)_6]^{-4}$- ферроцианид ион, $[Fe(CN)_6]^{-3}$-феррицианид ион ва бошқалар	$AgNO_3$ HNO_3нинг 2N эритмаси иштирокида	Гуруҳ анионларининг кумушли тузлари сувда ва суюлтирилган HNO_3да қийин эрийди
III	NO_3^--нитрат ион, NO_2^-- нитрит ион, CH_3COO^- - ацетат ион, ClO_3^- - хлорат ион, 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 текширилаётган эритманинг айрим улушларидан анионларни топишга асосланган бўлиб, бири иккинчисини топишга халақит берадиган анионлари бўлмаган аралашмаларни анализ қилишда муваффақият билан қўлланилади.

3. Анализнинг ярим систематик методи анионларни гуруҳларга ажратишга асосланган, лекин анализ текширилаётган 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 халақит 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 «ҳўл» 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 сулфидли 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?

A) С чег, г/мл;
B) С чег, мг/мл;
C) С чег, г/л;
Д) V чег, г/мл;
E) V мин мл.

2. Минимал концентрацияга тескари бўлган қиймат нимани тавсифлайди?
A) Топилиш минимуми;
B) Чексиз суюлтирилган эритманинг минимал ҳажми;
C) Реакциянинг сезгирлиги;
Д) Суюлтириш чегараси;
E) Реакциянинг селективлиги.

3. Эритманинг суюлтириш чегараси қандай ҳарф билан белгиланади ва қайси бирликларда ифодаланади?
A) V чег, л/г;
B) V чег, мл/г;
C) V мин, мл/г;
Д) С чег, мл;
E) m, мкг.

4. Кимёвий реакциянинг топилиш минимуми қандай ҳарф билан белгиланади ва қайси бирликларда ифодаланади?
A) m, г;
B) С чег, мкг;
C) m, мкг;
Д) V чег, мкг
E) V мин, г.

5. Аналитик реакцияларнинг сезгирлиги кўрсаткичлари орасидаги ўзаро боғланиш қандай формула билан ифодаланади?
A) $m=C_{чег} \cdot V_{чег} \cdot 10^{6}$;
B) $m=C_{чег} \cdot V_{мин} \cdot 10^{-6}$;
C) $m = \frac{V_{мин}}{V_{чег}} \cdot 10^{-6}$;

Д) $m=C_{чег} \cdot V_{мин} \cdot 10^{6}$;
Е) $m=V_{чег} \cdot V_{мин} \cdot 10^{-6}$.

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. Ca^{2+} катионини калций хлорид эритмасидан топишда текшириладиган эритманинг ҳажми 0,001 мл ва $CaCl_2$ 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 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 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 pH 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 халақит 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?

A) Эритма рангининг ўзгариши;
B) Чўкманинг ҳосил бўлиши ва эриши;
C) Газларнинг ажралиши;
Д) А ва В банддаги жавоблар;
Е) А,В ва С бандда кўрсатилган хоҳлаган ташқи эффект билан.

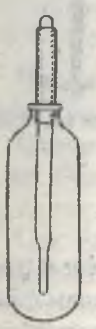
15. Бўлиб анализ қилиш усули биологик текширишларда фойдаланишнинг аҳамияти нимада?
A) Вақтни тежаш;
B) Реагентларни тежаш;
C) Дала шароитида ишлашнинг қулайлиги;
Д) А ва С банддаги жавоблар;
Е) А,В ва С банддаги жавоблар биргаликда.

VIII БОБ. ЛАБОРАТОРИЯ ЖИҲОЗЛАРИ ВА ИШ УСУЛЛАРИ

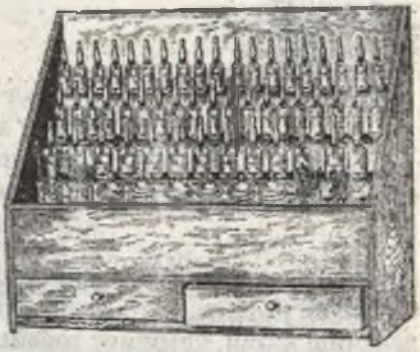
8.1. Ярим микрокимёвий сифат анализида ишлатиладиган идишлар ва реактивлар

Ярим микрометод билан қилинадиган сифат анализида 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 пастида 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.

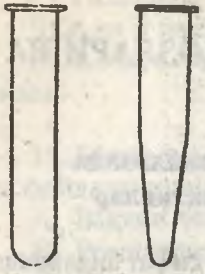


1-расм. Пипеткали реактив склянкаси.



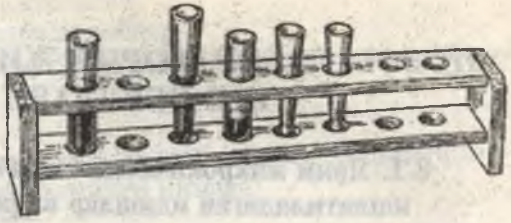
2-расм. Реактивли склянкалар учун қути-штатив.

Пробиркалар. Анализ учун икки турдаги пробиркалар ишлатилади: 3-5 мл ҳажмли кимёвий цилиндрик пробир-



а *б*

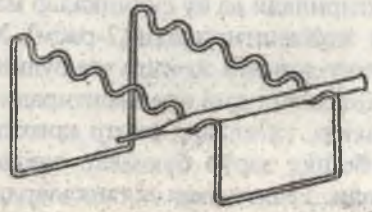
3-расм. Пробиркалар: а-цилиндрик; б-конуссимон.



4-расм. Пробиркалар учун штатив.

а *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

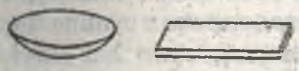
пробиркалар тўплами ёғоч ёки пластмассадан тайёрланган штатив (4-расм)га жойлаштирилади.

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.

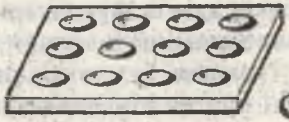
Шиша таёқчалар (7-расм) ёрдамида эритмалар аралаштирилади. Шиша таёқчаларнинг учи чўзилган бўлиб, охири шар шаклида бўлиши керак.

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.

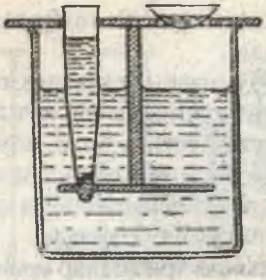
10-расм. Қопқоқли микротигел.

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 иккиучта 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 анализида 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 концентрланган сулфат 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 суюқликни (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 очиқ 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.

а б

13-расм. Центрифугалар: а-қўл билан ишлайдиган; б-электр токи билан ишлайдиган.

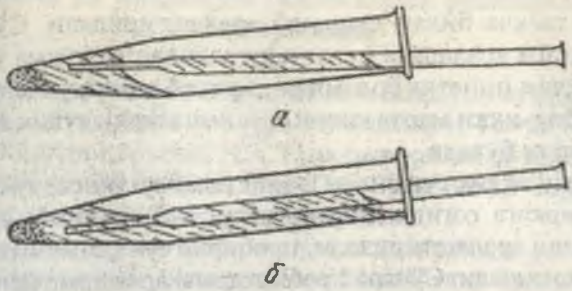
Центрифуга билан ишлашда аралашма солинган пробирка центрифуга патронларидан бирига ўрнатилади. Мувозанатни сақлаш учун бошқа шундай пробиркага ўшанча ҳажмдаги сув солиб қарши томондаги патронга ўрнатилади. Шундай қилинмаса, центрифуга айлантирилганда титраш (вибрация) ҳодисаси рўй бериб, асбоб ишдан 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 тегмайдиган 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 ювувчи суюқликдан қуйилади

ва шиша таёқча билан яхшилаб аралаштирилади. Сўнгра пробиркадаги аралашма центрифугаланади ва чўкма устидаги суюқлик пипетка ёрдамида ажратиб олинади. Одатда, чўкмани бир-икки марта ювиш қўшимчаларни тўлиқ йўқотишга етарли бўлади.

Чўкмани иссиқ сув билан ювиш талаб қилинса, чўкмаси 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 $CaCO_3$, $BaCO_3$ чўкмасини), ишқорларда (гидроксидлар $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$ чўкмасини) ёки ҳаттоки, тузлар эритмаларида (масалан, $Mg(OH)_2$ 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 қуритилган 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. Текширилаётган моддадан 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 методини 1920 йилдан бошлаб Н.А.Тананаев ишлаб чиқди. Томчи методини ишлаб чиқишда Н.А.Тананаев билан бир вақтда австрия олими Ф.Файгл ҳам шуғулланди.

Томчи методини бажаришда капиллярлик ва адсорбция ҳодисалари муҳим аҳамиятга эга бўлиб, улар ёрдамида ҳар хил ионларни аралашмалар таркибидан топиш ва ажратиш мумкин. Томчи анализида айрим реакцияларни чинни ёки шиша пластинкаларда ёки филтр қоғозида 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 қоғозида 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 қоғозида 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 говак 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 рангга 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 кўрсатадиган 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 қоидалари

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 тиқмаслик 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 терига ёки кийимга сачраб, терининг куйишига ва кийимнинг тешилишига олиб келиши мумкин. Терига 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 шкафда 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 сулфид 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 тугагач, идишларни ювиш, иш жойини тартибга солиш керак. Газ ва сув жўмракларини бекитиб, электр асбобларининг ўчирилганига ишонч ҳосил қилибгина, лабораториядан чиқиб кетиш мумкин.

8.5. Лаборатория ишлари дафтарини 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 модданиниг 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 арлашмасига 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 анализида қандай идишлар ишлатилади? Қўлланиладиган идишлар номи ва вазифасини шарҳланг.

2. Анализда фойдаланиладиган идишларни ювиш тартиби қандай?

3. Сифат анализида 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 йўлларини 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;
Д) 60 г;
E) 30 г.

2. 60 г сувда 20 мл 40% ли фосфат кислота (ρ=1,254 г/мл) эритилди. Ҳосил бўлган эритманинг фоиз концентрацияси қандай?

A) 10%;
B) 11,8%;
C) 10,18%;
Д) 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;
Д) 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;
Д) 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;
Д) 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;
Д) 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;

C) 14,4 мл;
Д) 44,1 мл;
Е) 72 мл.

8. 2 литр 0,2 М эритма тайёрлашга 30% ли хлорид кислота эритмаси (ρ=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 (ρ=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 сулфатнинг 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 сулфат кислота (ρ=1,84 г/мл) эритмасидан неча миллилитр керак бўлишини ҳисобланг.

A) 171 мл;
B) 167 мл;
C) 137 мл;
Д) 161 мл;
E) 117 мл.

13. 300 миллилитрида 5,88 г H_2SO_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;
Д) 0,04 N; 0,02 M;
E) 0,2 N; 0,2M.

14. 2,5 литр 0,2 М эритма тайёрлашга натрий гидроксиднинг 2 N эритмасидан қанча ҳажм керак?
A) 200 мл;
B) 520 мл;
C) 125 мл;
Д) 25 мл;
E) 250 мл.

15. SO_4^{2-} ионларининг концентрацияси 0,2 мол/л га тенг бўлса, 1 литр эритмада неча гармм SO_4^{2-} иони бўлади?
A) 192 г;
B) 9,6 г;
C) 19,2 г;
Д) 12,9 г;
E) 1,92 г.

16. 400 мл 0,5 N эритма тайёрлаш учун $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ кристаллогидратидан қанча олиш керак?
A) 14,7 г;
B) 2,876 г;
C) 26,7 г;
Д) 28,76 г;
E) 27,6 г.

17. $CaSO_4$ туйинган 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;
Д) 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;
Д) 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 Na^+, K^+, NH_4^+, 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 Na^+, K^+, NH_4^+, ва Mg^{2+} катионлари осон эрувчи тузлар (хлоридлар, сулфатлар, нитратлар, карбонатлар ва бошқалар) ҳолида учрайди. Натрий тузлари (Na_2SO_4, NaCl, $NaHCO_3$) шўрланган тупроқ таркибида бирмунча кўпроқ учрайди. Ўсимликлар учун тупроқда $NaHCO_3$ нинг бўлиши зарарлидир.

Na^+ катионларига қарама-қарши ўлароқ, K^+ ва NH_4^+ катионлари ўсимликларнинг озиқланиши учун зарур ҳисобланади. Магний катиони Mg^{2+} тузларининг тупроқда оз миқдорда бўлиши ўсимликлар организмининг меъёрдаги ҳаётий фаолияти учун зарур, чунки магний ўсимликларнинг яшил пигменти—хлорофилл таркибида бўлади.

Биринчи гуруҳ катионлари муҳим минерал ўғитлар таркибига киради. Табиийки, Na^+, K^+, NH_4^+, 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 тинчлантирувчи воситалар тариқасида истеъмол қилинади.

Оқсилларнинг чириши натижасида аммоний тузлари ва аммиак ҳосил бўлади, табиий сувларда буларнинг бўлиши ифлосланиш белгиси ҳисобланади. NH_4^+ катиони ва баъзи бир бошқа ионлар бор-йўқлигини текшириб, сувнинг сифати назорат қилинади.

9.2. Натрий Na^+ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар натрийнинг сувда эрийдиган тузлари – хлориди, сулфати, нитрати эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. **Калий дигидроантимонат KH_2SbO_4** натрий Na^+ катионлари билан натрий дигидроантимонатнинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:

$$NaCl+KH_2SbO_4 = NaH_2SbO_4\downarrow+KCl$$

$$Na^+ + H_2SbO_4^- = NaH_2SbO_4\downarrow.$$

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—20°С) олиб

борилади. Баъзан пробирка ичидаги эритмаси водопровод суви билан жўмрак тагида совитилади.

2. Уранил ацетат $UO_2(CH_3COO)_2$ натрий катионларини микрокристаллоскопик реакция ёрдамида аниқлашга имкон беради.

Шиша пластинкага бир томчи натрий тузи эритмаси жойлаштирилади. Уни оҳисталик билан қуригунча буғлатилади. Совитилган қуруқ қолдиқ уранил ацетатнинг суюлтирилган 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:

$$NaCl+HCH_3COO^-+UO_2(CH_3COO)_2=NaCH_3COO\cdot UO_2(CH_3COO)_2+HCl$$

$$Na^++CH_3COO^-+UO_2(CH_3COO)_2=NaCH_3COO\cdot UO_2(CH_3COO)_2.$$

Реакция қуйидаги шароитда бажарилади:

- Na^+ катионини топишда эритма муҳити нейтралга яқин бўлиши керак. Кислотали эритмалар олдиндан аммиак эритмаси билан нейтралланади.

3. **Алангани бўяш реакцияси.** Учи ҳалқа қилиб қайрилган платина ёки нихром сим кавшарланган шиша таёқча олинади. Дастлаб симнинг тозалигига ишонч ҳосил қилингач (симни 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 K^+ катионининг хусусий реакциялари

Калий катионининг реакцияларини ўрганишда калийнинг сувда эрийдиган хлориди, сулфати ва нитратидан фойдаланилади.

1. **Натрий гексанитрокобалтат (III)** $Na_3[Co(NO_2)_6]$ K^+ катиони билан қўш тузнинг сариқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:

$$2KCl+Na_3[Co(NO_2)_6] = K_2Na[Co(NO_2)_6]\downarrow+2NaCl$$

$$2K^++Na^++[Co(NO_2)_6]^{3-} = K_2Na[Co(NO_2)_6]\downarrow.$$

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 pH қиймати 7 дан юқори бўлмаслиги керак, чунки ишқорий муҳитда реагент эритмаси парчаланади. Кучли кислотали муҳитда чўкма эриб, нитрат кислота ҳосил бўлиб, унинг парчаланиши натижасида азот оксидлари ҳосил бўлади;
- бу реакцияни бажариш учун янги тайёрланган $Na_3[Co(NO_2)_6]$ эритмаси зарур, чунки реагент эритмаси узоқ туриб қолса парчаланиб, пушти рангли Co^{2+} ионлари ҳосил қилади. Бундай пушти рангли реагент эритмаси 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** $H_2C_4H_4O_6$ **ёки унинг тузи натрий гидротартрат** $NaHC_4H_4O_6$ калий катиони K^+ тузлари билан оқ майда кристаллик калий гидротартрат чўкмаси ҳосил қилади:

$$KCl+NaHC_4H_4O_6 = KHC_4H_4O_6\downarrow+NaCl$$

$$K^++HC_4H_4O_6^- = KHC_4H_4O_6\downarrow.$$

Конуссимон пробиркага 4—5 томчи K^+ тузи эритмасидан томизилиб, шунча томчи вино кислотаси ёки натрий гиротартрат 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:

$$2KCl+Na_2Pb[Cu(NO_2)_6] = K_2Pb[Cu(NO_2)_6]\downarrow+2NaCl$$

$$2K^++Pb^{2+}+[Cu(NO_2)_6]^{4-} = K_2Pb[Cu(NO_2)_6]\downarrow .$$

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 бўяш 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 сулфат $(NH_4)_2SO_4$ ларнинг эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ёки KOH** аммоний тузлари эритмаларига қўшиб қиздирилганда газсимон аммиак ажралиб чиқади:

$$NH_4Cl+NaOH = NH_3\uparrow+H_2O+NaCl$$

$$NH_4^++OH^- = NH_3\uparrow+H_2O.$$

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 буғга тутилади, бунда лакмус қоғози кўк рангга киради, сабаби, ажралиб чиқаётган аммиак лакмус қоғоздаги сув билан таъсирлашиб, аммоний гидроксид ҳосил қилади:

$$NH_3+H_2O = NH_4OH.$$

Ҳосил бўлган NH_4OH асос хоссасига эга бўлганлиги учун лакмус қоғозини кўкартиради.

Тажрибани бажариш шароити қуйидагилардан иборат:

- реакцияни бажаришда эритманинг pH 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 NH_4^+ катиони таъсиридан қизаради.

2. **Несслер реактиви (комплекс туз $K_2[HgJ_4]$ нинг KOH эритмаси билан аралашмаси)** аммоний тузлари эритмаси билан таъсирлашиб, оксодимеркур аммоний йодиднинг қизил-қўнғир рангли чўкмасини ҳосил қилади:

$$NH_4Cl+2K_2[HgJ_4]+4KOH =[OHg_2NH_2]J\downarrow+KCl+7KJ+3H_2O$$

$$NH_4^++2[HgJ_4]^{2-}+4OH^-=[OHg_2NH_2]J\downarrow+7J^-+3H_2O.$$

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-қўнгир чўкма ҳосил бўлади. Реакциянинг сезгирлиги юқори бўлиб, ҳаттоки тасодифий NH_4^+ қўшимчаси иштирокини кўрсатолади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- анализни бажаришда Несслер реактивидан мўлроқ қўшиш керак;
- NH_4^+ ионини топишга эритмадаги Fe^{2+}, Cr^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+} катионлари халақит берганлиги учун текшириладиган эритмага калий-натрий тартрат $KNaC_4H_4O_6$ нинг 50% ли эритмаси қўшилиб, кўрсатилган ионлар комплекс бирикмаларга айлантирилади.

9.5. Магний Mg^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Магний катиони реакцияларини ўтказиш учун $MgCl_2$ ёки магний сулфат $MgSO_4$ эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ва KOH** магний тузлари билан таъсирлашиб, кислоталар ва аммоний тузларида эрувчи оқ аморф магний гидроксид чўкмасини ҳосил қилади:

$$MgCl_2+2KOH = Mg(OH)_2\downarrow+2KCl$$

$$Mg^{2+}+2OH^- = Mg(OH)_2\downarrow.$$

Бу реакциядан 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 NaOH ёки KOH эритмаси қўшилади, аморф ҳолдаги магний гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Реакциянинг бориши учун:

- текшириладиган эритма муҳити ишқорий бўлиши керак;
- эритмада NH_4^+ ионларининг бўлиши чўкманинг ҳосил бўлмаслигига олиб келиши мумкин.

2. **Натрий гидрофосфат Na_2HPO_4** аммоний гидроксид ва аммоний хлорид иштирокида магний тузлари билан магний-аммоний фосфатнинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:

$$MgSO_4+Na_2HPO_4+NH_4OH = MgNH_4PO_4\downarrow+Na_2SO_4+H_2O$$

$$Mg^{2+}+HPO_4^{2-}+NH_4OH\rightarrow MgNH_4PO_4\downarrow+H_2O.$$

Пробиркага 2—3 томчи Mg^{2+} тузи эритмаси солиб, устига 2 томчи аммоний хлорид ва 4 томчи реагент Na_2HPO_4 эритмасидан қўшилади. Сўнгра NH_4OH нинг 2 N эритмасидан ишқорий муҳит ҳосил қилингунча (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.

Тажрибанинг бажарилиш шароити:

- реакция аммиакли муҳитда pH=8 да олиб борилади;
- эритмада NH_4^+ катионларининг кўпайиб кетиши чўкма тушишига халақит беради;
- эритмани 75-100°C гача қиздириш кристалл чўкма тушишига имконият беради;
- эритмада биринчи гуруҳ катионларидан бошқа катионларнинг бўлиши реакциянинг боришига халақит беради, чунки кўпчилик катионлар бу шароитда эримайдиган фосфатлар ҳосил қилади.

3. **Эрувчан карбонатлар Na_2CO_3 ва K_2CO_3** Mg^{2+} катиони тузлари эритмаларидан магний гидроксикарбонатнинг оқ аморф чўкмасини ҳосил қиладилар:

$$2MgCl_2+2Na_2CO_3+H_2O = (Mg\ OH)_2CO_3\downarrow+4NaCl+CO_2\uparrow$$

$$2Mg^{2+}+2CO_3^{2-}+H_2O = (Mg\ OH)_2CO_3\downarrow+CO_2\uparrow .$$

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:

5-жадвал

Биринчи аналитик гуруҳ катионларининг реакциялари

Реагентлар	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}
KH_2SbO_4	Оқ кристаллик чўкма – NaH_2SbO_4	-	Оқ аморф чўкма – $HSbO_3$	Оқ кристаллик чўкма – $Mg(H_2SbO_4)_2$
$UO_2(CH_3COO)_2$+ CH_3COOH	Сарғиш кристалл чўкма – натрий уранил ацетат	-	-	-
$Na_3[Co(NO_2)_6]$	-	Сариқ кристалл чўкма – $K_2Na[Co(NO_2)_6]$	Сариқ кристалл чўкма – $(NH_4)_2Na[Co(NO_2)_6]$	-
$NaHC_4H_4O_6$	-	Оқ кристалл чўкма – $KHC_4H_4O_6$	Оқ кристалл чўкма – $NH_4HC_4H_4O_6$	-
$Na_2Pb[Cu(NO_2)_6]$	-	қора кристалл чўкма – $K_2Pb[Cu(NO_2)_6]$	Қора кристалл чўкма – $(NH_4)_2Pb[Cu(NO_2)_6]$	-
NaOH, KOH	-	-	Аммиак NH_3 ажралиши	Оқ аморф чўкма – $Mg(OH)_2$
Несслер реактиви $K_2[HgJ_4]$+KOH	-	-	Қизил-қўнғир чўкма – $[OHg_2NH_2]J$	Оқ аморф чўкма – $Mg(OH)_2$
Na_2HPO_4+NH_4OH NH_4Cl иштирокида	-	-	-	Оқ кристалл чўкма – $MgNH_4PO_4$
Оксихинолин	-	-	-	Яшил-сарғиш чўкма – $Mg(C_9H_6NO)_2$
Тузларининг қиздиришга муносабати	қийин учувчан	Қийин учувчан	Учувчан	Қийин учувчан
Алангани бўялиши	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 миқдорида 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:

$$MgCl_2+2HC_9H_6NO = Mg(C_9H_6NO)_2\downarrow+2HCl$$

$$Mg^{2+}+2HC_9H_6NO = Mg(C_9H_6NO)_2\downarrow+2H^+.$$

Пробиркадаги 2 томчи Mg^{2+} тузи эритмасига NH_4Cl нинг тўйинган эритмасидан 1 томчи, NH_4OH нинг концентрланган 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 pH 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 буғлатиш ва қиздириш

орқали йўқотиш мумкин. Na^+ катионини KH_2SbO_4 таъсирида аниқлашга Mg^{2+} катионлари халақит беради, аммо зарур бўлса Mg^{2+}ни ишқор эритмаси таъсирида эритмадан $Mg(OH)_2$ ҳолида чўктириш мумкин. K^+ катионини ўзига хос реагентлар билан аниқлашга Na^+ ва Mg^{2+} катионларининг эритмада бўлиши халал бермайди. NH_4^+ ва 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

<table>
<tr><td colspan="3">Эритманинг айрим улушлари билан ўтказиладиган дастлабки синовлар:
1) NH_4^+ ни эритмага ишқор қўшиб қиздириш йўли билан аниқлаш.
2) Mg^{2+} ни эритмадан Na_2HPO_4 билан (NH_4OH, NH_4Cl иштирокида) топиш.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Аралашма эритмасидан NH_4^+ ионини йўқотиш учун эритма буғлатилади, қолдиқ аммоний тузлари тўлиқ парчалангунча қиздирилади. Несслер реактиви ёрдамида NH_4^+ иони йўқолганига ишонч ҳосил қилинади. Тигелдаги қуруқ қолдиқ сувда эритилади, центрифугаланади.</td></tr>
<tr><td>Чўкмада MgOHCl қолади ва ташлаб юборилади.</td><td colspan="2">Центрифугат таркибида K^+, Na^+, Mg^{2+} бўлади.
1) Эритманинг бир қисмига $Na_3[Co(NO_2)_6]$ таъсир эттириб, K^+ иони бор-йўқлиги аниқланади.
2) Қолган эритманинг ҳаммасига KOH таъсир эттириб, Mg^{2+} иони $Mg(OH)_2$ ҳолида чўкмага ўтказилади, центрифугаланади.</td></tr>
<tr><td></td><td>Чўкма: $Mg(OH)_2$ текширилмай, ташлаб юборилади.</td><td>Центрифугат таркибида Na^+, K^+ ва ортиқча OH^- бўлади. Эритма хлорид кислотанинг 2N эритмаси билан нейтралланади, эритма буғлатилиб, HCl нинг ортиқча миқдори йўқотилади. Қуруқ қолдиқ сувда эритилиб, тиниқ эритмадан Na^+ иони KH_2SbO_4 билан аниқланади.</td></tr>
</table>

1. **Эритманинг pH қийматини аниқлаш.** Аналитик реакцияларни ўтказиш учун зарур муҳитни вужудга келтириш энг муҳим шартлардан бири бўлганлиги учун, айрим ион-

ларни топишга киришишдан олдин текширилувчи эритманинг pH қийматини тахминан аниқлаб олиш керак. Эритма pH ни индикаторлар тўплами ёки универсал лакмус қоғози билан аниқланади.

2. **NH_4^+ катионини топиш.** Конуссимон пробиркага 2–3 томчи текшириладиган аралашма эритмасидан солиб, устига 3–4 томчи NaOH нинг 2N эритмасидан қуйилади ва пробирка сув ҳаммомига ўрнатилади. Пробирка оғзидан чиқаётган буғга ҳўлланган қизил лакмус (ёки универсал лакмус) қоғози тутилади. Лакмус қоғозининг кўкариши текширилаётган аралашмада NH_4^+ катион борлигини кўрсатади.

3. **Mg^{2+} катионини топиш.** Текширилувчи эритмадан 2–3 томчисига аммоний хлорид эритмасидан 2 томчи ва 4 томчи Na_2HPO_4 эритмаси қўшилади. Сўнг шиша таёқча билан аралаштириб аммиак ҳиди келгунча NH_4OH нинг 2N эритмасидан қўшилади. Пробирканинг ички девори таёқча билан ишқаланади ва аралашма 2–3 минут тинч қолдирилади.

Магний-аммоний фосфат $MgNH_4PO_4$ нинг оқ кристалл чўкмаси ҳосил бўлиши берилган аралашма таркибида Mg^{2+} катиони борлигини кўрсатади.

Бундан ташқари, эритмадаги Mg^{2+} катионини бошқа реакциялар ёрдамида ҳам топиш мумкин (9.5 га қаранг).

4. **NH_4^+ катионини йўқотиш.** Аралашма эритмасидан K^+ ва Na^+ ни аниқлашга халақит берувчи 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 NH_4^+ иони бор-йўқлиги текширилади. NH_4^+ ионини тўлиқ йўқотишга эришилгач, тигелдаги қуруқ қолдиқ 6–8 томчи сувда эритилади, эритма конуссимон пробиркага ўтказилиб, центрифугаланади. Чўкма ташлаб юборилиб, центрифугатдан K^+ ва Na^+ катионлари топилади.

5. **K^+ катионини топиш.** Центрифугатнинг бир қисмидан K^+ катионини топиш учун, 1–2 томчи центрифугатга 2–3 томчи $Na_3[Co(NO_2)_6]$ эритмасидан қўшилади, зарур бўлса бир неча минут кутилади. Сариқ чўкманинг ҳосил бўлиши K^+ борлигини кўрсатади. K^+ катионини $[Na_2PbCo(NO_2)]$ таъсиридан микрокристаллоскопик реакция ёрдамида ҳам очиш мумкин.

6. **Mg^{2+} катионини йўқотиш.** Агар 3-банд буйича Mg^{2+} иони борлиги аниқланган бўлса, Na^+ катионини топиш учун эритмадан Mg^{2+} ни йўқотиш керак. Бунинг учун K^+ катиони бор-йўқлиги аниқлангач, қолган эритманинг ҳаммасига KOH нинг 2N эритмаси (NaOH эритмаси мумкин эмас) кучли ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Ҳосил бўлган чўкма $Mg(OH)_2$ ни центрифугалаб, ажратиб олиниб, ташлаб юборилади.

7. **Na^+ катионини топиш.** Юқоридаги 6-бандда олинган центрифугатнинг ҳаммаси тигелга солинади, эритмадаги ортиқча KOH 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 KH_2SbO_4 таъсирида Na^+ 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^+ 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_4^+) катионларини аниқлаш учун қўлланиладиган реакцияларда қандай ташқи эффектлар кузатилади?
6. Эритма таркибидаги Mg^{2+} 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 NH_4^+ ионларини қандай йўл билан йўқотиш мумкин?

9. Аралашмада Na^+ ва K^+ катионлари бор-йўқлигини Mg^{2+} катиони иштирокида аниқлаб бўладими?

10. Эритмадан Mg^{2+} ионлари қандай йўқотилади?

Тестлар

1. Натрий катионини калий дигидроантимонат ёрдамида топиш реакцияси тенгламасини қисқартирилган шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг:

А) 2;
В) 3;
С) 4;
Д) 5;
Е) 7.

2. Уранилацетат ёрдамида натрий катионини топишда қандай аналитик эффект юз беради?

А) Оқ кристаллик чўкма ҳосил бўлади;
В) Сариқ кристалл чўкма тушади;
С) Эритма сариқ рангга киради;
Д) Микроскоп остида октаэдр ва тетраэдр шаклдаги кристаллар кузатилади;
Е) Қизил-қўнғир чўкма ҳосил бўлади.

3. Калий катионини натрий гидротартрат реагенти таъсирида аниқлаш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?

А) Эритма сариқ тусга киради;
В) Оқ кристалл чўкма тушади;
С) Оқ аморф чўкма ҳосил бўлади;
Д) Қўнғир чўкма тушади;
Е) Сариқ чўкма ҳосил бўлади.

4. Калий катиони билан натрий гидротартрат ўртасида борадиган тенгламани қисқартирилган ион-молекуляр шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

А) 3;

B) 2;
C) 5;
Д) 4;
E) 6.

5. Натрий гидротартрат билан калий катионини топиш реакцияси қандай шароитларда боради?
A) pH<7;
B) pH»7, иситиш;
C) pH>7;
Д) pH»7;
E) pH»7, совитиш.

6. Калий катионини натрий гексанитрокобалтат (III) билан аниқлашда қандай аналитик эффект кузатилади?
A) Оқ кристалл чўкма тушади;
B) Қора рангли кубсимон кристаллар ҳосил бўлади;
C) Сариқ кристалл чўкма ҳосил бўлади;
Д) Эритма сариқ тусга киради;
E) Эритма пушти рангга киради.

7. Натрий-қўрғошин гексанитрокупрат (II) реагенти билан калий катионини очишдаги реакция тенгламасини қисқартирилган шаклда ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 2;
B) 4;
C) 3;
Д) 6;
E) 5.

8. Аммоний катионини аниқлашдаги реакциялардан қайси бирининг сезгирлиги юқори бўлади?
A) Ишқор билан иситиш реакцияси;
B) Калий дигидроантимонат билан реакцияси;
C) Натрий гексанитрокобалтат (III) билан борадиган реакция;
Д) Калий тетраиодомеркурат (II) билан ишқорий муҳитда борадиган реакция;
E) 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;

Д) 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 буғлатиш ва қиздириш;

C) Ишқор таъсирида;

Д) Несслер реагенти таъсирида;

E) Калий дигидроантимонат таъсирида.

X БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ИККИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

10.1. Иккинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

Катионларнинг иккинчи аналитик гуруҳига Ca^{2+}, Sr^{2+} ва Ba^{2+} ионлари киради. Бу катионларнинг сувдаги эритмалари рангсиз бўлади.

Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} ионлари сувда эримайдиган карбонатлар ҳосил қилади, шунинг учун уларни умумий гуруҳ реагенти $(NH_4)_2CO_3$ таъсирида чўктириш мумкин. Иккинчи гуруҳ катионларининг ҳосил қилган карбонатлари HCl, HNO_3 ва CH_3COOH эритмаларида яхши эрийди. Ана шунинг учун $(NH_4)_2CO_3$ тузи умумий гуруҳ реагенти сифатида фойдаланилади.

Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} катионларининг сулфатлари, фосфатлари ва оксалатлари ҳам сувда эримайди. Лекин 2-гуруҳ катионларини бундай тузлар ҳолида чўктириш мақсадга мувофиқ эмас, чунки бу катионларнинг сулфатлари кучли кислоталарда эримайди ва қийинлик билан эритмага ўтказилади; PO_4^{3-}, $C_2O_4^{2-}$ анионлари аралашмаларда иштирок этса, анализни мураккаблаштиради.

Ca^{2+} ионлари табиатда кенг тарқалган бўлиб, муҳим биологик аҳамиятга эга. Кўпчилик калций бирикмалари минерал ўғит сифатида қишлоқ хўжалигида ишлатилади. Ca^{2+} иони бирикмалари ҳамма ҳайвон ва одам ҳужайраларида учрайди. Унинг фосфат ва карбонатлари суяк таркибига киради.

Ba^{2+} ионлари заҳарли ҳисобланади. Барий хлорид ва карбонат қишлоқ хўжалигида ўсимлик зараркунандаларига қарши курашда заҳарли кимёвий препарат сифатида ишлатилади.

Иккинчи гуруҳ катионларининг ҳаммаси оксидловчилар ва қайтарувчилар таъсирига нисбатан барқарордир.

10.2. Калций Ca^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Калций катионини топиш реакцияларига доир тажрибалар калций хлорид ёки нитрат эритмалари билан бажарилади.

1. **Аммоний оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$** Ca^{2+} катиони билан оқ кристаллик чўкма ҳосил қилади:

$$CaCl_2+(NH_4)_2C_2O_4 = CaC_2O_4\downarrow+NH_4Cl$$
$$Ca^{2+}+C_2O_4^{2-} = CaC_2O_4\downarrow.$$

Пробиркага 3 томчи $CaCl_2$ 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 pH=5-6 да олиб бориб, сўнгра охирида pH=7-8 да олиб борилса яхши натижа беради;
- иситиш чўкма тушишига ёрдам беради, шу сабабли эритма қайнаш ҳароратигача иситилади;
- Ba^{2+} ва Sr^{2+} катионлари реакциянинг бажарилишига халақит беради, чунки улар ҳам оз эрувчан оксалат чўкмалари ҳосил қилади.

Шуни таъкидлаб ўтиш лозимки, Ca^{2+}, Sr^{2+}, 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) $K_4[Fe(CN)_6]$** Ca^{2+} тузлари эритмаларига аммиакли буфер аралашма иштирокида таъсир қилиб, оқ кристалл чўкма ҳосил қилади:

$$CaCl_2+2NH_4Cl+K_4[Fe(CN)_6] = Ca(NH_4)_2[Fe(CN)_6]\downarrow+4KCl$$

$$Ca^{2+}+2NH_4^{+}+[Fe(CN)_6]^{4-} = Ca(NH_4)_2[Fe(CN)_6]\downarrow.$$

Пробиркадаги 1-2 томчи калций тузи эритмасига 1 томчидан аммоний гидроксид ва аммоний хлорид эритмаларидан қўшилади, эритма иситилади ва 3-4 томчи $K_4[Fe(CN)_6]$ нинг тўйинган эритмаси қўшилади, оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити қуйидагича:

- Реакция ишқорий муҳитда (pH»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 $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмаси концентрланган бўлиши керак.

3. **Натрий родизонат** $Na_2C_6O_6$ калций тузларининг ишқорий эритмаларидан бинафша рангли $CaC_6O_6 \cdot Ca(OH)_2$ 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 Sr^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Реакцияларни бажаришда стронцийнинг эрувчи тузлари стронций хлорид ва нитратлардан фойдаланилади.

1. **Сулфат кислота ва эрувчан сулфатлар.** Sr^{2+} катиони билан $SrSO_4$ нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$SrCl_2 + (NH_4)_2SO_4 = SrSO_4\downarrow + 2NH_4Cl$$
$$Sr^{2+} + SO_4^{2-} = SrSO_4\downarrow$$

Пробиркага 4 томчи стронций хлорид ёки нитрат эритмаси солиниб, устига бир неча томчи аммоний сулфат эритмаси қўшилади, оқ чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- Чўктиришни аммоний сулфатнинг тўйинган эритмаси билан олиб бориши керак.

- Эритмада Ca^{2+} нинг бўлиши стронций катионини очишга халақит бермайди.

- Чўкма бирданига ҳосил бўлмаслиги мумкин, шу сабабли реакцион аралашмани 5-6 соатгача қолдириб, кейин хулоса чиқариш мумкин.

2. **Аммоний оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$** стронций ионлари билан оқ чўкма беради:

$$Sr(NO_3)_2+(NH_4)_2C_2O_4 = SrC_2O_4\downarrow + 2NH_4NO_3$$
$$Sr^{2+}+C_2O_4^{2-} = SrC_2O_4\downarrow$$

1-2 томчи стронций тузи эритмасига шунча томчи аммоний оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$ эритмасидан қўшилса, оқ чўкма тушиши кузатилади.

3. **Алангани бўяш реакцияси.** Газнинг рангсиз алангасини стронций тузлари оч қизил рангга киритади.

10.4. Барий Ba^{2+} катионларининг хусусий реакциялари

Ba^{2+} иони реакцияларини ўрганишда барий хлорид $BaCl_2$ ёки барий нитрат $Ba(NO_1)_2$ эритмалари қўлланилади.

1. **Калий хромат K_2CrO_4 ёки калий дихромат $K_2Cr_2O_7$.** Ba^{2+} катионлари билан сариқ кристаллик чўкма ҳосил қилади:

$$BaCl_2+K_2CrO_4 = BaCrO_4\downarrow+2KCl$$
$$Ba^{2+}+CrO_4^{2-} = BaCrO_4\downarrow$$

$$2BaCl_2+ K_2Cr_2O_7+H_2O = 2BaCrO_4\downarrow+2KCl+2HCl$$
$$2Ba^{2+}+Cr_2O_7^{2-}+H_2O = 2BaCrO_4\downarrow+2H^+ .$$

Пробиркага 3 томчи барий хлорид ёки барий нитрат эритмасидан солиб, устига калий хромат K_2CrO_4 ёки калий дихромат $K_2Cr_2O_7$ эритмасидан 3 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бунда барий хромат $BaCrO_4$ нинг сариқ кристаллик чўкмаси ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакция нейтрал ва кучсиз кислотали муҳитда бажарилади;
- эритмада Sr^{2+} ва Ca^{2+} катионлари бўлса, реакция сирка кислотали муҳитда pH=3-5 бўлганда ўтказилади;
- эритмани иситиш чўкма тушишини тезлаштиради.

Sr^{2+} ва Ca^{2+} катионлари ҳам дихромат ионлари билан сариқ чўкма ҳосил қилади, лекин улар сирка кислотада эрийди. Шу сабабли бу реакциядан Ba^{2+} ионларини Sr^{2+} ва Ca^{2+} ионларидан ажратишда фойдаланиш мумкин.

2. **Сулфат кислота ва эрувчан сулфатлар.** Ba^{2+} катионлари билан оқ кристаллик чўкма ҳосил қилади.

$$BaCl_2+H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow+HCl$$
$$Ba^{2+}+SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow.$$

Ba^{2+} иони тузи эритмасининг 2-3 томчисига шунча томчи сулфат кислота ёки натрий сулфат Na_2SO_4 эритмаси қўшилади, оқ кристаллик $BaSO_4$ чўкмаси ҳосил бўлади. Бу чўкма кислоталарда эримайди.

3. **Аммоний оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$** барий тузларига таъсир эттирилганда оқ чўкма ҳосил бўлади.

$$Ba(NO_3)_2+(NH_4)_2C_2O_4 = BaC_2O_4\downarrow+2NH_4NO_3$$
$$Ba^{2+}+C_2O_4^{2-} = BaC_2O_4\downarrow$$

Пробиркадаги 1-2 томчи барий тузи эритмасига аммоний оксалат эритмасидан шунча томчи қўшилади. Оқ чўкма BaC_2O_4 тушиши кузатилади.

BaC_2O_4 чўкмаси CaC_2O_4 дан фарқли ўлароқ сирка кислотада эрийди.

4. **Алангани бўяш реакцияси.** Барийнинг учувчан тузлари, масалан, $BaCl_2$, $Ba(NO_3)_2$ 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, Ca^{2+} ва Sr^{2+} ионларини топишга Ba^{2+} катионлари халақит беради. Шу сабабли стронций ва калций катионларини топишдан олдин текшириладиган аралашма эритмасидан Ba^{2+} катионлари йўқотилади.

7-жадвал

Иккинчи аналитик гуруҳ катионларининг реакциялари

Реагентлар	Катионлар		
	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Ba^{2+}
$(NH_4)_2CO_3$ (аммиакли буфер эритма)	Оқ чўкма - $CaCO_3$	Оқ чўкма - $SrCO_3$	Оқ чўкма - $BaCO_3$
Na_2HPO_4	Оқ чўкма - $CaHPO_4$	Оқ чўкма - $SrHPO_4$	Оқ чўкма - $BaHPO_4$
$(NH_4)_2C_2O_4$	Оқ чўкма - CaC_2O_4	Оқ чўкма - SrC_2O_4	Оқ чўкма- BaC_2O_4
$K_2CrO_4+CH_3COOH$ ёки $K_2Cr_2O_7+CH_3COONa$	-	-	Сариқ чўкма $BaCrO_4$
H_2SO_4 ва унинг эрувчан тузлари	Оқ чўкма $CaSO_4$	Оқ чўкма - $SrSO_4$	Оқ чўкма - $BaSO_4$
Алангали бўяш	Қизил-ғишт ранғи	Оч қизил	Сарғиш-яшил

Иккинчи гуруҳ катионлари сақловчи эритма қуйидаги тартибда анализ қилинади (8-жадвал).

1. **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 $K_2Cr_2O_7$ эритмасидан қўшилади. Сариқ чўкма ҳосил бўлиши текшириладиган эритмада Ba^{2+} катионлари борлигидан далолат беради.

2. **Ba^{2+} катионини ажратиш.** Пробиркага 5-6 томчи текширилаётган эритмадан солинади, устига 5-6 томчи сирка кислота эритмаси ва 5-6 томчи калий дихромат $K_2Cr_2O_7$ эритмаси солиб аралаштирилади, сўнг уни 2-3 минут тинч қолдирилади. Сўнгра ҳосил бўлган сариқ чўкмани центрифугаланиб ажратилади, уни ташлаб юборилади.

3. **Sr^{2+} ва Ca^{2+} ионларини чўктириш.** Эритмадан қўшилган $K_2Cr_2O_7$ ни ортиб қолган қисмини йўқотиш зарур, чунки эритманинг тўқ сариқ ранги 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

<table>
<tr><td colspan="3">1.Текшириладиган эритмага CH_3COOH ва $K_2Cr_2O_7$ қўшилади. Бу йўл билан Ba^{2+}ни топилади.Эритмадан чўкма центрифугаланиб ажратилади.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2.Чўкма (I) $BaCrO_4$ Текширилмайди.</td><td colspan="2">3.Центрифугат (I) таркибида Sr^{2+}, Ca^{2+}, (CrO_4^{2-}) бор.</td></tr>
<tr><td colspan="2">4.Эритмадаги CrO_4^{2-} ионларидан Sr^{2+}, Ca^{2+} ионларини ажратиш учун, бу ионлар Na_2CO_3 таъсирида (pH>10) чўктирилади.</td></tr>
<tr><td>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.</td><td>6.Центрифугат (II) текширилмайди.</td></tr>
<tr><td></td><td>8.Чўкма (III) $SrSO_4$. Буни газ алангасига киритилиб Sr^{2+}ни борлиги текширилади.</td><td>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 бўяш реакцияси бажарилади.</td></tr>
</table>

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°С гача). Бир неча минутдан кейин $SrSO_4$ нинг оқ лойқаси ҳосил бўлиши Sr^{2+} катиони борлигини кўрсатади. Ҳосил бўлган чўкма билан алангани бўяш реакцияси бажарилади.

5. **Sr^{2+} катионини йўқотиш.** Центрифугатнинг қолган ҳамма қисмига 8-10 томчи $(NH_4)_2SO_4$ эритмасидан ва 4-5 томчи NH_4OH эритмасидан қўшиб аралаштирилади, аралашма 10-15 минут иситилади. $SrSO_4$ чўкмаси ҳосил бўлади. Чўкмани центрифугадан ажратилади ва ташлаб юборилади. Центрифугатдан Ca^{2+} катиони аниқланади.

6. **Ca^{2+} катионини топиш.** Центрифугатдан 2-3 томчи олиб, унга аммоний оксалат $(NH_4)_2C_2O_4$ эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва қиздирилади. Оқ чўкма CaC_2O_4 ҳосил бўлиши эритмада Ca^{2+} 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_4^+ катиони бор-йўқлигини текшириб кўриш керак, чунки 2-гуруҳ катионларини ажратиш учун, эритмага $(NH_4)_2CO_3$ қўшилиши натижасида аралашмага NH_4^+ ионлари қўшилиб қолади. 2-гуруҳ катионларини борлигига доир тажрибалар ҳам зарур ҳисобланади. Шу тажрибанинг натижаси анализнинг йўналишини белгилаб беради:

а) эритма pH ни универсал лакмус қоғози билан текшириб кўрилади;

б) NH_4^+ 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_4OH нинг 2 N эритмасидан ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча қўшилади, сўнг 1 томчи NH_4Cl эритмаси ва 2-3 томчи гуруҳ реагенти $(NH_4)_2CO_3$ эритмасидан қўшилади. Оқ чўкманинг ҳосил бўлиши аралашмада 2-гуруҳ катионлари борлигини кўрсатади. Бордию улар йўқ бўлса, аралашма анализи 1-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^{2+}, Sr^{2+} ва Ba^{2+} катионлари I гуруҳ кати-

онларини топишда ишлатиладиган NaH_2PO_4, $NaHC_4H_4O_6$ ва бошқа реагентлар билан чўкма ҳосил қилади.

Текширилаётган эритманинг ҳаммасига аввал аммиакнинг кучсиз ҳиди келгунча NH_4OH нинг 2 N эритмасидан

9-жадвал

I-II гуруҳ катионлари аралашмасининиг анализ қилиш тартиби

<table>
<tr><td colspan="4">1.Дастлабки текширишлар: а) Эритма pH ни аниқлаш; б) NH_4^+ катиони бор-йўқлигини аниқлаш; в) II гуруҳ катионлари борлигини $(NH_4)_2CO_3$ билан NH_4OH, NH_4Cl иштирокида текшириш.</td></tr>
<tr><td colspan="4">2.Текшириладиган эритманинг ҳаммасига II гуруҳ катионларининг умумий гуруҳ реагенти $(NH_4)_2CO_3$ таъсир эттириб (NH_4OH, NH_4Cl иштирокида) II гуруҳ катионларини карбонатлар ҳолида чўктириш, чўкмани центрифугалаб, эритмадан ажратиш.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3.Центрифугат (I) Na^+, K^+, Mg^{2+}, $(NH_4)_2CO_3$ ва бошқа аммоний тузларининг ортиқчаси. Центрифугатни I гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби буйича текширилади (9.6.)</td><td colspan="3">4.Чўкма (I): $BaCO_3$, $SrCO_3$, $CaCO_3$ Чўкмани CH_3COOH да эритиш. Ҳосил бўлган эритманинг айрим улушидан Ba^{2+} катионини топиш ($K_2Cr_2O_7$ билан). Сўнг эритмасининг ҳаммасига натрий ацетат иштирокида $K_2Cr_2O_7$ эритмаси қўшиб Ba^{2+} ни чўкмага ўтказиш.Центрифугаланиб чўкма эритмадан ажратилади.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5. Чўкма(II) $BaCrO4$ ташлаб юборилади</td><td colspan="2">6.Центрифугат (II): таркибида Sr^{2+}, Ca^{2+} (ортиқча $Cr_2O_7^{2-}$) Центрифугатдан Sr^{2+}, Ca^{2+} катионларини Na_2CO_3 таъсирида чўктириш.Чўкмани центрифугада ажратиш.</td></tr>
<tr><td>7.Чўкма (III): $SrCO_3$, $CaCO_3$ чўкмани CH_3COOH да эритиш.Sr^{2+} катионини ҳосил бўлган эритмадан $CaSO_4$ таъсир эттириб топиш.Sr^{2+} катионларини эритмадан мўл $(NH_4)_2SO_4$ воситасида ажратиш.Центрифугалаш ёрдамида чўкма ажратилади.</td><td rowspan="2">8.Центрифугат (III) $K_2Cr_2O_7$ Na_2CO_3 текширилмайди.</td></tr>
<tr><td>9.Чўкма (IV) $SrSO_4$ Алангани буяш реакцияси бўйича Sr^{2+} ни аниқлаш.</td><td>10.Центрифугат(IV)дан $(NH_4)_2C_2O_4$ реагенти билан Ca^{2+} катионини топиш.</td></tr>
</table>

қўшилади, сўнг NH_4Cl нинг 2N эритмасидан 2-3 томчи қўшиб, пробиркани ичидагиси билан сув ҳаммомида иситилади ва 8-10 томчи гуруҳ реагенти $(NH_4)_2CO_3$ 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. Шуни ҳисобга олиш лозимки, эритма ортиб қолган аммоний карбонат ва бошқа аммоний тузлари сақлангани учун, NH_4^+ катионларини йўқотиш биринчи навбатдаги вазифадир.

3. **Карбонатлар чўкмасини эритиш.** Карбонатлар $BaCO_3$, $SrCO_3$, $CaCO_3$ 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. **Ba^{2+} катионини топиш ва ажратиш.** Юқорида тайёрланган эритмага (3-банд) 1 томчи натрий ацетат эритмаси қўшилади. Сўнг $K_2Cr_2O_7$ эритмасидан 1 томчи таъсир эттирилади. Эритмада Ba^{2+} катионлари бўлса, сариқ кристаллик чўкма $BaCrO_4$ ҳосил бўлади.

Агар Ba^{2+} катионлари бўлса, уларни 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 $BaCrO_4$ чўкмаси ташлаб юборилиб, центрифуга 5-банд бўйича текширилади.

5. **Sr^{2+} ва Ca^{2+}катионларини чўктириш.** Центрифугатга ишқорий муҳитга ўтгунча (pH>10) қуруқ Na_2CO_3 дан қўшилади ва пробиркадаги аралашмани 2-3 минут сув ҳаммомида иситилади. Чўкмага тушган $SrCO_3$, $CaCO_3$ лар центрифугада ажратиб, ювилади. Чўкма устидаги центрифугат текширилмайди.

6. **Sr^{2+} катионини топиш ва ажратиш.** Юқоридаги олинган $SrCO_3$ ва $CaCO_3$ чўкмаси сирка кислотанинг 4-6 томчи 2N эритмасида эритилади. Ҳосил бўлган тиниқ эритманинг 1-2 томчисига $CaSO_4$ нинг тўйинган эритмасидан 2-3 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бироз вақт ўтгач, $SrSO_4$ нинг оқ лойҳасини ҳосил бўлиши Sr^{2+} борлигини кўрсатади.

Эритмада Sr^{2+} катиони бор бўлса сирка кислотада тайёрланган эритманинг ҳаммасига $(NH_4)_2SO_4$ эритмасидан 8-10 томчи ва NH_4OH эритмасидан бир неча томчи қўшиб, эритмадан Sr^{2+} катионлари чўктирилади ва 10-15 минут иситилади. Чўкмани центрифугалаб ажратилади, центрифугат эса Ca^{2+} катионини очишга ишлатилади.

7. **Ca^{2+} катионини топиш.** Тайёрланган центрифугага (6-банддаги) $(NH_4)_2C_2O_4$ эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Эритмада Ca^{2+} катионлари бўлса, калций оксалат CaC_2O_4 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?

A) Аммоний оксалат билан;

B) Сулфат кислота билан ўтказиладиган микрокристаллоскопик реакция;

C) Алангани бўяш реакцияси;

Д) Аммоний карбонат билан;

E) Аммоний сулфат билан.

2. Қандай катион тузи алангани қизил ғишт рангига бўяйди?

A) Калий;

B) Барий;

C) Калций;

Д) Стронций;

E) Натрий.

3. Қандай реакция стронций катионини очиш учун хос ҳисобланади?

A) Аммоний оксалат билан;

B) Гипсли сув билан;

C) Алангани бўяш реакцияси;

Д) Сулфат кислота билан;

E) Натрий гидрофосфат билан.

4. Қандай катионларнинг тузлари газ алангани оч-қизил рангга бўяди?

A) Стронций;

B) Барий;

C) Натрий;

Д) Калций;

E) Калий.

5. Барий катионини дихромат иони билан очиш реакция тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

A) 5;

B) 4;

C) 6;
Д) 10;
E) 8.

6. Қандай катион тузи газ алангасини сарғиш-яшил рангга бўяйди?
A) Стронций;
B) Калий;
C) Натрий;
Д) Барий;
E) Калций.

7. Барий катионини очиш стронций ва калций катионлари иштирокида қандай ўтказилади?
A) Нейтрал муҳитда аммоний оксалат билан;
B) Ишқорий муҳитда аммоний оксалат билан;
C) Нейтрал муҳитда калий дихромат билан;
Д) Ишқорий муҳитда калий дихромат билан;
E) Сирка кислота иштирокида калий дихромат билан.

8. 100 г тўйинган эритмада 20°C да $6{,}0\cdot10^{-4}$ г калций оксалат эриган бўлса, шу тузнинг эрувчанлик кўпайтмасини ҳисобланг.
A) $23{,}7\cdot10^{-10}$;
B) $2{,}37\cdot10^{-9}$;
C) $3{,}27\cdot10^{-9}$;
Д) $1{,}19\cdot10^{-9}$;
E) $2{,}37\cdot10^{-10}$.

9. Эрувчанлик кўпайтмаси қиймати 20°C да $4{,}8\cdot10^{-9}$ бўлса, калций карбонатнинг эрувчанлигини ҳисобланг.
A) $6{,}9\cdot10^{-5}$ мол/л;
B) $6{,}9\cdot10^{-6}$ мол/л;
C) $0{,}69\cdot10^{-5}$ мол/л;
Д) $3{,}45\cdot10^{-5}$ мол/л;
E) $9{,}6\cdot10^{-5}$ мол/л.

10. Барий ва калций катионларини бир-биридан қандай реагент таъсирида ажратиш мумкин?
A) Натрий карбонат;

B) Сирка кислотали муҳитда калий дихромат;
C) Сулфат кислота;
Д) Хлорид кислота;
E) Аммоний гидроксид.

11. Калций катионини қандай қилиб барий ва стронций катионларидан ажратиш мумкин.
A) Аммоний сулфатнинг мўл миқдори билан иситиш;
B) Сирка кислотали муҳитдаги дихромат иони;
C) Сирка кислотали муҳитдаги аммоний оксалат;
Д) Гипсли сув;
E) Натрий гидрофосфат.

12. Калций катионини қайси реагент таъсирида стронций катионидан ажратиш мумкин?
A) Сулфат кислота;
B) Хлорид кислота;
C) Аммоний карбонат;
Д) Гипсли сув;
E) Аммоний сулфат.

XI БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

11.1. III гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

III гуруҳ катионларидан Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} ионлари, яъни одатдаги шароитда нисбатан барқарор ва кўп учрайдиган ионлар ўрганилади.

Бу гуруҳнинг умумий гуруҳ реагенти аммоний сулфид $(NH_4)_2S$ бўлиб, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} катионларини сулфидлар ҳолида, Al^{3+} ва Cr^{3+} катионларини гидроксидлар ҳолида чўктиради.

III гуруҳ катионларининг ҳаммаси биологик аҳамиятга эгадир.

Алюминий тузлари табиий сувларни тозалашда ишлатилади. Сувга алюминий сулфат $Al_2(SO_4)_3$ ва озгина сўндирилган оҳак $Ca(OH)_2$ қўшилса, алюминий гидроксид $Al(OH)_3$ 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 ортиқча 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 ноҳуш 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 кобалт ионларининг етишмаслиги, донли ўсимликлар, қанд лавлаги, беда, каноп ўсимликларининг ўсишига салбий таъсир қилади. Бу кобалт 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, сулфат, 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:

$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$$
$$Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3\downarrow$$

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≥4,1 бўлганда ўтказилади. Эркин ўювчи ишқорлар ёки кислотанинг ортиқча миқдори чўкмани ҳосил бўлишига йўл қўймайди;
- чўктириш эритмани қайнагунча иситиш билан олиб борилади;

- чўкманинг тўлиқ чўкиши NH_4Cl нинг мўл миқдори иштирокида боради.

2. **Аммоний гидроксид NH_4OH** ишқорларга ўхшаш Al^{3+} катионларини эритмалардан $Al(OH)_3$ ҳолида чўктиради:

$$AlCl_3+3NH_4OH = Al(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$$
$$Al^{3+}+OH^- = Al(OH)_3\downarrow$$

Пробиркага 2 томчи алюминийнинг сувда эрувчи тузи эритмасидан солиб, устига 3 томчи NH_4OH нинг 2N эритмасидан қўшилади ва иситилади. Бунда алюминий гидроксиднинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади. $Al(OH)_3$ чўкмаси аммоний тузларида кичик эрувчанлик кўпайтмасига эга бўлганлиги сабабли эримайди. NH_4OH ва NH_4Cl аралашмаси таъсир эттириб Al^{3+} катионини Zn^{2+} катионлари иштирокида ҳам очиш мумкин, чунки бунда Zn^{2+} катионлари чўкма ҳосил қилмайди.

3. **Натрий ацетат CH_3COONa** алюминий тузларига таъсир эттирилса, алюминий дигидрооксоацетатнинг оқ ипирипир чўкмаси ҳосил бўлади:

$$AlCl_3+3CH_3COONa = (CH_3COO)_3Al+3NaCl$$
$$(CH_3COO)_3Al+H_2O = Al(OH)_2CH_3COOI+2CH_3COOH$$
$$Al^{3+}+CH_3COO^-+2H_2O = Al(OH)_2CH_3COO\downarrow+2H^+$$

Алюминий тузининг 3-4 томчи эритмасига шунча томчи натрий ацетат эритмасидан ва 2-3 томчи сув қўшиб қайнатилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Fe^{3+} тузларига натрий ацетат таъсир эттириб қиздирилганда қўнгир чўкма $Fe(OH)_2$ CH_3COO ҳосил қилади.

III гуруҳнинг бошқа катионлари натрий ацетат билан чўкма ҳосил қилмайди.

4. **Натрий гидрофосфат Na_2HPO_4** Al^{3+} катионлари билан оқ рангли $AlPO_4$ чўкмасини ҳосил қилади:

$$AlCl_3+2Na_2HPO_4 = AlPO_4\downarrow+NaH_2PO_4+3NaCl$$
$$Al^{3+}+2HPO_4^{2-} = AlPO_4\downarrow+H_2PO_4^-$$

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 кислотада эримайди, лекин кучли кислоталарда эрийди. III гуруҳнинг бошқа катионлари натрий гидрофосфат билан ҳам чўкма беради. Бу чўкмаларнинг ҳаммаси кучли кислоталар, шунингдек сирка кислотада 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 pH қиймати 8,5 ё 9,5 бўлганда боради.

11.3. Хром Cr^{3+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажариш учун хром (III) тузлари, хлорид, сулфат ва нитратларининг эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ёки KOH** эритмадаги Cr^{3+} катионлари билан бинафша ёки хира-кўк рангли хром (III) гидроксид чўкмаси ҳосил қилади:

$$CrCl_3 + 3NaOH = Cr(OH)_3\downarrow + 3NaCl$$
$$Cr^{3+} + 3OH^- = Cr(OH)_3\downarrow$$

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 $NaCrO_2$ эритмасининг ранги ёрқин яшил рангга эга бўлади. Бу эритмани қайнатилганда гидролизланиб, қайтадан $Cr(OH)_3$ чўкмаси ҳосил бўлади:

$$Cr(OH)_3+NaOH = NaCrO_2+2H_2O$$
$$NaCrO_2+2H_2O \rightleftarrows Cr(OH)_3\downarrow+NaOH$$
$$CrO_2^-+2H_2O \rightleftarrows Cr(OH)_3\downarrow+OH$$

2. **Натрий гидрофосфат Na_2HPO_4** Cr^{3+} катионлари билан кўкиш чўкма $CrPO_4$ ҳосил қилади.

$$CrCl_3+2Na_2HPO_4 = CrPO_4\downarrow+Na_2HPO_4+3NaCl$$
$$Cr^{3+}+2HPO_4^{2-} = CrPO_4\downarrow+H_2PO_4^-$$

Cr^{3+} нинг тузи эритмасидан 3-4 томчи олиб, устига шунча томчи NaH_2PO_4 эритмасидан қўшамиз, кўкиш чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Чўкма минерал кислоталарда ва ишқорларда эрийди.

3. **Хром (III) ни хром (VI) гача оксидлаш.** Cr^{3+} ионини водород пероксид таъсирида ишқорий муҳитда CrO_4^{2-} гача оксидланиши қуйидаги тенглама бўйича боради:

$$2CrCl_3+3H_2O_2+10NaOH = 2Na_2CrO_4+6NaCl+8H_2O$$
$$2Cr^{3+}+3H_2O_2+10\ 0H^- = 2CrO_4^{2-}+8H_2O$$

Эритманинг яшил ранги CrO_4^{2-} иони ҳосил бўлиши ҳисобига сариқ рангга ўтади.

Хром (III) тузининг 2-3 томчи эритмасига аввал чўкманинг эриши учун ишқорнинг 2 N эритмасидан 4-5 томчи ва 3-5 томчи 3% ли водород пероксид эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган аралашма 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 иштирокида олиб бориш мумкин.

4. **Cr^{3+} ионини $Cr_2O_7^{2-}$ ионигача оксидлаш.** Cr^{3+} катионини дихромат иони $Cr_2O_7^{2-}$ гача оксидлашни аммоний персулфат $(NH_4)_2S_2O_8$ таъсирида кислотали муҳитда олиб борилса бўлади:

$$Cr_2(SO_4)_3+3(NH_4)_2S_2O_8+7H_2O=(NH_4)_2Cr_2O_7+2(NH_4)_2SO_4+7H_2SO_4$$
$$2Cr^{3+}+3S_2O_8^{2-}+7H_2O = Cr_2O_7^{2-}+6SO_4^{2-}+14H^+$$

Пробиркага 5-6 томчи аммоний персулфат эритмасидан солиб, устига сулфат кислотанинг 2N эритмасидан 1 томчи ва $AgNO_3$ нинг эритмасидан (катализатор) 1 томчи қўшилади. Сўнгра хром (III) сулфат $Cr_2(SO_4)_3$ ёки хром (III)-нитрат $Cr(NO_3)_2$ (хром (III) хлорид олиш мумкин эмас!) эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Пробирка сув ҳаммомида иситилади. Эритма иситиш натижасида $Cr_2O_7^{2-}$ анионларини ҳосил бўлиши ҳисобига қизил-олов рангига киради.

Реакция қуйидаги шароитда олиб борилади:

- тажриба эритма муҳити етарли кислотали pH=1-2 бўлган шароитда бажарилади;
- реакция эритмани иситиб олиб борилади;
- қайтарувчи ионлар реакцияни бажаришга халақит беради;
- тажриба катализатор $-Ag^+$ ионлари иштирокида олиб борилади.

11.4. Темир Fe^{3+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар $FeCl_3$ ёки $Fe_2(SO_4)_3$ ларнинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб ўтказилади.

1. **Ишқорлар NaOH ёки KOH ва аммоний гидроксид NH_4OH** Fe^{3+} катиони билан қизил-қўнғир чўкма $Fe(OH)_3$ ни ҳосил қилади:

$$FeCl_3+3NH_4OH = Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$$

$$Fe^{3+}+3OH^- = Fe(OH)_3\downarrow$$

Темир (III) гидроксид хром ва алюминий гидроксидан фарқли ўлароқ мўл ишқорларда эримайди. Бу гидроксиднинг эрувчанлик кўпайтмаси ($ЭК_{Fe(OH)_3} = 3{,}2 \cdot 10^{-38}$)

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-кўк рангли чўкма «берлин зангориси» $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ ни ҳосил қилади.

$$4FeCl_3+3K_4[Fe(CN)_6] = Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow+12KCl$$
$$4Fe^{3+}+3[Fe(CN)_6]^{4-} = Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow$$

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. Кўк чўкма ҳосил бўлиши ёки эритманинг кўк 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 халақит 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:

$$FeCl_3+3NH_4SCN = Fe(SCN)_3+3NH_4Cl$$

$$Fe^{3+}+3SCN^- = Fe(SCN)_3$$

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 pH<3 бўлган муҳитда бажариш керак;
- реакцияни тўлиқ бориши учун KSCN ёки NH_4SCN ларнинг концентрланган эритмаларидан фойдаланиш лозим;
- темир (II) ионлари реакцияга ҳалақит бермайди.

4. **Натрий ацетат CH_3COONa** совуқда 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.

$$[Fe_3(CH_3COO)_6(OH)_2]CH_3COO+4H_2O = 3Fe(OH)_2CH_3COO\downarrow+4CH_3COOH$$

$$[Fe_3(CH_3COO)_6(OH)_2]^+ + CH_3COO^- + 4H_2O = 3Fe(OH)_2CH_3COO\downarrow + 4CH_3COOH$$

Узоқ вақт давомида эритмани қайнатиш амалда эритмадан Fe^{3+} катионларини ажратишга имкон беради. Al^{3+} катионлари тузи эритмаларидан натрий ацетат $Al(OH)_2CH_3COO$ чўкмасини ҳосил қилади.

Айни реакциялар систематик анализ қилишда Fe^{3+} ва Al^{3+} катионларини III гуруҳнинг бошқа катионларидан ацетатли метод бўйича ажратишга хизмат қилади. III гуруҳнинг бошқа катионлари CH_3COONa билан чўкма ҳосил қилмайди.

11.5. Темир Fe^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Реакциялар темир (II) сулфат $FeSO_4$ нинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб, ўтказилади.

1. **Ишқорлар NaOH ёки KOH ва аммоний гидроксид NH_4OH** Fe^{2+} катионлари билан одатдаги шароитда оқ рангли эмас, балки хира яшил рангли темир (II) гидроксид $Fe(OH)_2$ чўкмасини ҳосил қилади:

$$FeSO_4+2NaOH = Fe(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$
$$Fe^{2+}+2OH^- = Fe(OH)_2\downarrow$$

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 Fe^{2+} ионларини тўлиқ чўктирмайди. NH_4OH нинг диссоциланишини камайтирувчи аммоний тузлари иштирокида чўкма умуман ҳосил бўлмайди.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакция эритма муҳитининг pH=12-13 бўлганда яхши натижа беради;
- аммоний тузларининг иштироки чўкма ҳосил бўлишига йўл қўймайди;
- ҳаво кислороди таъсирида Fe^{2+} катионларининг қисман оксидланиши чўкма рангининг ўзгаришига олиб келади.

2. **Калий гексацианоферрат (III) $K_3[Fe(CN)_6]$** Fe^{2+} катионлари билан ўзаро таъсирлашиб «турнбул кўки» деб аталувчи кўк чўкма $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ ни ҳосил қилади:

$$3FeSO_4+2K_3[Fe(CN)_6] = Fe_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow+3K_2SO_4$$
$$3Fe^{2+}+2[Fe(CN)_6]^{3-} = Fe_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow$$

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, Fe^{2+} катионларига хос реакция ҳисобланади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакция эритма муҳитининг pH = 3 бўлганда яхши амалга ошади;
- эркин ишқорларнинг эритмада иштироки турнбул кўкини парчалашга олиб келади;
- Fe^{3+} катиони ва III гуруҳнинг катионлари реакцияни бажаришга халақит бермайди.

3. **Диметилглиоксим** Fe^{2+} катионлари билан пушти- қизил рангли ички комплекс туз ҳосил қилади:

$$FeSO_4+2NH_4OH+2C_4H_8N_2O_2 =$$
$$[Fe(C_4H_7N_2O_2)_2]+(NH_4)_2SO_4+2H_2O$$

$$Fe^{2+}+2OH^{-}+2C_4H_8N_2O_2 = [Fe(C_4H_7N_2O_2)_2]+2H_2O$$

Конуссимон пробиркага 1-2 томчи темир (II) тузи эритмасидан ўтказилади, 1 томчи вино кислотаси эритмаси ва 2-3 томчи NH_4OH қўшилади, сўнгра диметилглиоксимнинг спиртдаги эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Эрувчан комплекс бирикма темир (II) диметилглиоксиматнинг пушти-қизғиш эритмаси ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

- тажрибани pH»9 бўлган аммиакли эритмада олиб борилади;
- эритмада Fe^{3+} ва Fe^{2+} катионлари биргаликда бўлса, реакцияни вино кислотаси иштирокида олиб борилади, чунки вино кислотаси аммоний гидроксид билан $Fe(OH)_3$ чўкмасини ҳосил қилиши мумкин бўлган Fe^{3+} катионларини комплекс ҳолида боғлашга хизмат қилади.

11.6. Марганец Mn^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда марганец (II) нитрат $Mn(NO_3)_2$ ва марганец (II) сулфат $MnSO_4$ эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ёки KOH ва аммоний гидрооксид NH_4OH** Mn^{2+} ионлари билан марганец (II) гидроксиднинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$MnSO_4+2KOH = Mn(OH)_2\downarrow+K_2SO_4$$
$$Mn^{2+}+2OH^{-} = Mn(OH)_2\downarrow$$

Марганец (II) сулфат 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 NH_4OH қам Mn^{2+} ионларини $Mn(OH)_2$ 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.

Қуйидаги методларни кўриб чиқайлик:

а) **қўрғошин (IV)-оксид PbO_2 таъсирида оксидланиш** нитрат кислота иштирокида қиздириш билан олиб борилади. Mn^{2+} иони оксидланиб пушти ранг ҳосил бўлади.

$$2Mn(NO_3)_2+5PbO_2+6HNO_3 = 2HMnO_4+5Pb(NO_3)_2+2H_2O$$
$$2Mn^{2+}+5PbO_2+4H^+ = MnO_4^{2-}+5Pb^{2+}+2H_2O$$

Шиша куракча билан қукун 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 сулфат 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 персулфат $(NH_4)_2S_2O_8$ таъсирида оксидлаш** кумуш нитрат $AgNO_3$ (катализатор) иштирокида олиб борилади.

$$2MnSO_4+5(NH_4)_2S_2O_8+8H_2O =$$
$$2HMnO_4+5(NH_4)_2SO_4+7_2HSO_4$$
$$2Mn^{2+}+5S_2O_8^{2-}+8H_2O = 2\ MnO_4^-+10SO_4^{2-}+16H^+$$

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 халақит 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 сулфат $ZnSO_4$ 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.

$$ZnCl_2+2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow+2NaCl$$
$$Zn^{2+}+2OH^- = Zn(OH)_2\downarrow$$

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.

$$ZnCl_2+2NH_4OH = Zn(OH)_2\downarrow+2NH_4Cl$$

Бунда ҳосил бўлган рух гидроксид аммиак эритмасининг мўл миқдорида (шунингдек, аммоний тузларида) эриб кетади:

$$Zn(OH)_2\downarrow+6NH_4OH = [Zn(NH_3)_6](OH)_2+6H_2O$$

5-6 томчи рух тузи эритмасига эҳтиётлик билан томчилатиб аммиак эритмасидан қўшилади. Рух гидроксид чўкмаси ҳосил бўлиши ва унинг ортиқча қўшилган NH_4OH да эриши кузатилади. Аммоний тузлари иштирокида NH_4OH Zn^{2+} катионларини чўкмага туширмайди.

2. **Водород сулфид H_2S** Zn^{2+} катионлари билан оқ чўкма ZnS ни ҳосил қилади:

$$ZnCl_2+H_2S = ZnS\downarrow+2HCl$$
$$Zn^{2+}+S^{2-} = ZnS\downarrow$$

Пробиркага рух хлориднинг эритмасидан 3-4 томчи солиб натрий ацетат эритмасидан 2-3 томчи қўшилади ва устига водород сулфидли 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 сулфид ўрнига янги тайёрланган аммоний сульфид $(NH_4)_2S$ дан фойдаланиш мумкин.

3. **Калий гексацианоферрат (II) $K_4[Fe(CN)_6]$** рух тузлари эритмаси билан қўш тузнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$3ZnSO_4+2K_4[Fe(CN)_6] = K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow+3K_2SO_4$$
$$3Zn^{2+}+2K^++2[Fe(CN)_6]^{4-} = K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow$$

Пробиркага рух тузи эритмасидан 2-3 томчисини жойлаштириб, $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмасидан 3 томчи қўшилади ва қайнагунча қиздирилади. Бунда оқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- эритманинг pH 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 халақит бермайди. III гуруҳнинг бошқа катионлари эритмадан бу реакцияни бажаришдан аввал йўқотилиши керак.

4. **Дитизон (Дифенилтиокарбазон)** $(C_6H_5)_2N_4CS$ 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 KOH ва аммоний гидроксид NH_4OH** кобалт (II) тузларидан асосли тузнинг кўк чўкмасини ҳосил қилади.

$$CoCl_2+NaOH = CoOHCl\downarrow+NaCl$$
$$Co^{2+}+Cl^-+OH^- = CoOHCl\downarrow$$

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:

$$CoOHCl+7NH_4OH + [Co(NH_3)_6](OH)_2+NH_4Cl+6H_2O$$

Аммоний тузлари иштирокида NH_4OH Co^{2+} катионларини чўктира олмайди.

2. **Аммоний (ёки калий) роданид NH_4SCN (KSCN)** Co^{2+} катионлари билан кўк рангли комплекс бирикма ҳосил қилади:

$$CoCl_2+4NH_4SCN = (NH_4)_2[Co(SCN)_4]+2NH_4Cl$$
$$Co^{2+}+4SCN^- = [Co(SCN)_4]^{2-}$$

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 Co^{2+} катионлари борлигини кўрсатади.

Реакцияни бажариш шароити:

- тажрибани кучсиз кислотали муҳитда (pH=4-5) бажариш керак;
- NH_4SCN (KSCN) эритмаси концентрланган бўлиши лозим;
- ҳосил бўладиган комплекс туз органик эритувчиларда яхши эриганлиги сабабли, бундай эритувчилар қўллаш реакция эффектини оширади.

11.9. Никел Ni^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Никел катионларини аниқлашга доир тажрибаларни $NiCl_2$ ва $NiSO_4$ ларнинг сувдаги эритмаларидан фойдаланиб ўтказилади.

1. **Ишқорлар NaOH, KOH ва аммоний гидроксид NH_4OH** ўювчи натрий ёки калий гидроксидлар никел тузлари эритмалари билан таъсирлашганда яшил рангли никел (II)–гидроксид чўкмаси ҳосил бўлади:

$$NiSO_4+2KOH = Ni(OH)_2\downarrow+K_2SO_4$$
$$Ni^{2+}+2OH^- = Ni(OH)_2\downarrow$$

Никел (II) тузининг эритмасидан пробиркага 2-3 томчи солиб, устига 5 томчи NaOH ёки KOH эритмасидан қўшилади. Яшил чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

Аммоний гидроксид NH_4OH никел (II)-сулфат $NiSO_4$ эритмасига таъсир эттирилса асосли туз $(NiOH)_2SO_4$ нинг яшил чўкмаси ҳосил бўлади. Аммиак эритмасидан мўл миқдорда олинса, тўқ кўк рангли комплекс бирикма ҳосил бўлади:

$$NiSO_4+6NH_4OH = [Ni(NH_3)_6]SO_4+6H_2O$$

Ni^{2+} катионини аммоний гидроксид аммоний тузлари иштирокида чўктира олмайди.

Реакция шароити:

- эритманинг pH қиймати 7 дан катта бўлиши керак;
- никел (II) гидроксидни чўктириш эритмани иситиш билан олиб борилади;
- реакцияни бажаришга эритмадаги Mn^{2+}, Co^{2+} ва Fe^{3+}, Fe^{2+} катионлари халақит беради, бу ионларни аввал эритмадан йўқотиш лозим.

2. **Диметилглиоксим $C_4H_8N_2O_2$ (Чугаев реактиви)** Ni^{2+} катионлари тузлари билан таъсирлашиб, қип-қизил кристаллик чўкма ҳосил қилади:

$$NiSO_4+2C_4H_8N_2O_2+2NH_4OH =$$
$$Ni(C_4H_7N_2O_2)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4+2H_2O$$

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 pH=8 га келтириб (аммиак эритмаси ёрдамида) бажариш лозим;
- эритмадаги Fe^{2+} катионлари (бу катионлар ҳам диметилглиоксим билан қизил рангли эритма ҳосил қилади) водород пероксид ёрдамида Fe^{3+} га айлантирилиши керак;
- эритмада Cu^{2+} ва Co^{2+} ионлари бўлса, улар эритмадан йўқотилиши лозим, чунки улар 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 (Cr^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, 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 хилмахил 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 Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+} Mn^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+} ва Ni^{2+} ионларини сақловчи аралашма анализини кўриб чиқамиз.

Дастлабки синовлар. Синовлар текшириладиган эритманинг айрим улушларидан Fe^{3+} ва Fe^{2+} катионларини топишдан бошланади, чунки анализнинг кейинги босқичларида Fe^{2+} катиони Fe^{3+} катионигача оксидланиши, Fe^{3+} катионлари эса Fe^{2+} гача қайтарилиши мумкин. Бунинг натижасида бу катионларнинг бор-йўқлигини топиш натижаси ишончли бўлмай қолади.

1. **Fe^{3+} катионини топиш.** Текширилаётган эритманинг 2-3 томчисига HCl нинг 2 N эритмасидан 1-2 томчи қўшиб, устига 1-2 томчи $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмасидан қўшилганда тўқ кўк рангли берлин зангориси деб аталувчи чўкма ҳосил бўлиши ёки NH_4SCN (KSCN) таъсиридан қизил-қон рангли эритма ҳосил бўлиши текширилаётган эритмада Fe^{3+} ионлари мавжудлигидан далолат беради.

10-жадвал

III гуруҳ катионларининг хусусий реакциялари

Реагентлар	КАТИОНЛАР							
	Al^{3+}	Cr^{3+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}
$(NH_4)_2S$+ (NH_4OH +NH_4Cl)	Оқ чўкма – $Al(OH)_3$	Хира яшил чўкма – $Cr(OH)_3$	Қора чўкма – Fe_2S_3	Қора чўкма – FeS	Бадан рангли чўкма MnS	Оқ чўкма - ZnS	Қора чўкма CoS	Қора чўкма - NiS
NaOH, KOH	Оқ аморф чўкма – $Al(OH)_3$	Хира-яшил чўкма – $Cr(OH)_3$	Қизил-қўнғир чўкма $Fe(OH)_3$	Оқ қўнғирланувчи чўкма – $Fe(OH)_2$	Оқ қўнғирланувчи чўкма $Mn(OH)_2$	Оқ чўкма- $Zn(OH)_2$	Кўк чўкма асосли туз	Яшилсимон чўкма – $Ni(OH)_2$
NH_4OH	$Al(OH)_3$	$Cr(OH)_3$	$Fe(OH)_3$	$Fe(OH)_2$	$Mn(OH)_2$	$Zn(OH)_2$	$[Co(NH_3)_6]^{2+}$	$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$
CH_3COONa қайнатилганда	Оқ чўкма – $Al(OH)_2CH_3COO$	-	Қўнғир чўкма $Fe(OH)_2CH_3COO$	-	-	-	-	-
Na_2HPO_4	Оқ чўкма $AlPO_4$	Яшил чўкма – $CrPO_4$	Сариқ чўкма – $FePO_4$	Оқ чўкма $Fe_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма $Mn_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма – $Zn_3(PO_4)_2$	Бинафша чўкма – $Co_3(PO_4)_2$	Яшил чўкма $Ni_3(PO_4)_2$
$K_4[Fe(CN)_6]$	-	-	Кўк чўкма $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	Оқ чўкма $Fe_2[Fe(CN)_6]$	Оқ чўкма $Mn_2[Fe(CN)_6]$	Оқ чўкма $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$	Яшил чўкма $Co_2[Fe(CN)_6]$	Оч яшил чўкма $Ni_2[Fe(CN)_6]$
$K_3[Fe(CN)_6]$	-	-	Эритманинг қўнғир тусга кириши	Кўк чўкма $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$	Қўнғир чўкма $Mn_3[Fe(CN)_6]_2$	Қўнғир-сарғиш чўкма – $Zn_3[Fe(CN)_6]$	Тўқ қизил чўкма – $Co_3[Fe(CN)_6]_2$	Сарғиш-қўнғир чўкма – $Ni_3[Fe(CN)_6]_2$
Na_2CO_3, $(NH_4)_2CO_3$	$Al(OH)_3$	$Cr(OH)_3$	Қўнғир-қизил чўкма – $Fe_2(OH)_2(CO_3)_2$	Оқ чўкма $FeCO_3$	Оқ чўкма – $MnCO_3$	Оқ чўкма – $Zn_2(OH)_2CO_3$	Пушти чўкма $Co_2(OH)_2CO_3$	Яшил чўкма $Ni_2(OH)_2CO_3$

2. **Fe^{2+} катионини топиш.** Аралашма эритмасидан 2-3 томчисига $K_3[Fe(CN)_6]$ эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Тўқ-зангори тусли «турнбул кўки» деб аталувчи чўкма ҳосил бўлиши, эритмада Fe^{2+} ионлари борлигини билдиради.

3. **Mn^{2+} 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^{3+}, Fe^{3+} катионларини Mn^{2+}, Zn^{2+} 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^{3+} ни Al^{3+} 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 $Fe(OH)_3$ чўкмаси центрифугада ажратилади ва ташлаб юборилади. Центрифугат (AlO_2^- иони бўлиши мумкин) таркибидан Al^{3+} катиони топилади.

6. **Al^{3+} катионини топиш.** Центрифугат (5-банд бўйича олинган ишқорий эритма)га сулфат кислотанинг 2N эрит-

масидан AlO_2^- ионини Al^{3+} катионига айлантириш учун (pHқ4 бўлгунча) қўшилади. Сўнгра NH_4OH дан кучсиз ишқорий муҳит (pH≈9) бўлгунча қўшиб, эритма сув ҳаммомида иситилади. Текширилаётган катионлар аралашмасида Al^{3+} катиони бўлса, алюминий гидроксид $Al(OH)_3$ нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

7. **Zn^{2+} катионини топиш.** Аммиакли эритмага (4-банд) кучсиз кислотали муҳит ҳосил бўлгунча HCl эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган эритманинг 8-10 томчисига $CaCO_3$ кукунидан солиб чайқатилади. CO_2 гази ажралиши тўхтагач, чўкма центрифугада ажратилади. Центрифугага суюлтирилган (0,05 N) HCl эритмасидан 2-3 томчи қўшилади, иситилади, сўнгра 2-3 минут давомида водород сулфид эритмадан ўтказилади. Оқ чўкма ZnS ҳосил бўлиши эритмада Zn^{2+} катионлари борлигини билдиради.

8. **Cr^{3+} катионини топиш.** 5-банд бўйича олинган центрифугадан 4-5 томчи олиб, ишқорий муҳитни нейтраллаш учун сирка кислота қўшилади. Сўнгра 3-4 томчи $BaCl_2$ эритмаси томизилади. Сариқ чўкманинг ҳосил бўлиши текширилаётган аралашма эритмасида Cr^{3+} катионлари борлигини билдиради.

9. **Co^{2+} катионини топиш.** III гуруҳ катионлари аралашмаси эритмасидан 3-4 томчи олиб унга 2-3 томчи HNO_3 (зичлиги 1,2 г/мл) эритмасидан қўшилади ва сув ҳаммомида иситилади. Бунда эритмада бўлган Fe^{2+} катионлари оксидланиб Fe^{3+} катионларига айланади. Нитрат кислотали эритмадан 2 томчи олиб, устига 8-10 томчи аммоний роданиднинг тўйинган эритмасидан қўшилади. Агар бунда Fe^{3+} катионлари бўлса, қизил ранг ҳосил бўлади. Co^{2+} ионини топишга халақит берувчи Fe^{3+} катионлари NH_4F ёки 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 Co^{2+} катионлари борлигини билдиради.

10. **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 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) **NH_4^+ катионини топиш.** Текширилаётган аралашма эритмасидан пробиркага 2-3 томчи олиб, ишқор қўшиб қиздириш йўли билан ёки Несслер реактиви ёрдамида аммоний катионининг бор-йўқлиги аниқланади;

б) **Fe^{2+} ва Fe^{3+} катионларини аниқлаш.** Иккита пробирканинг ҳар бирига 2-3 томчидан текширилаётган эритмадан солинади, иккаласида кучсиз кислотали муҳит (HCl ёрдамида) ҳосил қилинади. Биринчи пробиркага $K_3[Fe(CN)_6]$ эритмасидан 1 томчи қўшилади. Кўк рангли чўкманинг ҳосил бўлиши Fe^{2+} катиони борлигини кўрсатади. Иккинчи пробиркага 1 томчи $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмасидан томизилади. Кўк чўкма-берлин зангорисининг ҳосил бўлиши Fe^{3+} ионининг борлигини тасдиқлайди. Fe^{3+} катиони бор-йўқлигини NH_4SCN ёки KSCN эритмалари ёрдамида қизил-қон рангли эритма ҳосил бўлишидан ҳам топиш мумкин;

в) **Zn^{2+} катионини топиш.** Рух катионини эритманинг бир қисмидан топиш мақсадга мувофиқ бўлади, чунки системали анализда Zn^{2+} иони бошқа ионлар билан биргаликда чўкиши ҳисобига уни кўп қисми йўқолади, бинобарин Zn^{2+} ни топиш мумкин бўлмай қолади. Рух катионини топишда текширилаётган эритмадан 2-3 томчи олиб, унга H_2S 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 Na_2HPO_4, $(NH_4)_2CO_3$, $(NH_4)_2C_2O_4$ 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 NH_4OH нинг 2N эритмасидан томчилатиб қўшилади. Пробиркани эритмаси деярли қайнагунча иситилади ва аралаштириб туриб 12-15 томчи III гуруҳнинг умумий реагенти $(NH_4)_2S$ эритмасидан қўшилади ва яна пробирка 3-5 минут сув ҳаммомида иситилади. Шундан кейин чўкма центрифугада ажратилади ва центрифугатга яна 1 томчи аммоний сулфид $(NH_4)_2S$ эритмаси қўшилиб, чўкиш тўлиқ ёки тўлиқ эмаслиги текширилади. Чўкиш тўлиқ бўлмаса, яна 5-6 томчи $(NH_4)_2S$ эритмасидан қўшилади. Чўкиш тўлиқ бўлгандан кейин чўкмани центрифугалаб эритмадан ажратилади, центрифугатни бошқа пробиркага ўтказилади. Чўкмага аралашган Cl^- ионларини (Mn^{2+} катионини аниқлашга халақит берувчини) йўқотиш учун, чўкма NH_4NO_3 (элекролит-коагулятор) сақловчи иссиқ сув билан 3-4 марта ювилади ва у III гуруқ катионларини топиш учун 4-банд бўйича ишлатилади. Центрифугат таркибида 1-2-гуруҳ катионлари, ортиб қолган $(NH_4)_2S$ ва бошқа аммоний тузлари бўлиб, 3-банд бўйича текширилади.

3. **Центрифугатни I-II гуруҳ катионларини топиш учун тайёрлаш.** II гуруҳ катионларини сулфатлар ҳолида чўкиб қолишига сабаб бўлувчи эритмадаги ортиб қолган $(NH_4)_2S$ ни кислота таъсир эттириб, парчалаб юбориш керак. Бунинг учун центрифуга тигелга қуйилиб, сирка кислота қўшилиб кислотали муҳитга келтирилади ва эритманинг ярми қолгунча буғлатилади. Чўкмага тушган олтингугурт центрифугаланиб ажратиб ташланади, центрифугатни қуруқ 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 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

11-жадвал

I, II, III гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби (Аммиакли метод)

<table>
<tr><td colspan="4">Дастлабки синовлар: эритманинг айрим улушларидан NH^{4+}, Fe^{3+}, Fe^{2+} Co^{2+} катионларини топиш.</td></tr>
<tr><td colspan="4">I-II гуруҳ катионларидан III гуруҳ катионларини NH_4OH ва NH_4Cl иштирокида $(NH_4)_2S$ таъсир эттириб чўкмага тушириб ажратиш.Чукмани NH_4NO_3 қўшилган иссиқ сув билан ювиш.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Центрифугат (I) таркибида: Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+ ортиқча $(NH_4)_2S$ ва бошқа аммоний тузлари бор.Эритмага CH_3COOH қўшиб қайнатилади, бунда $(NH_4)_2S$ парчаланади. Чўкмадаги олтингугурт центрифугада ажратилади.Центрифугатни буғлатиш, қуруқ қолдиқни аммоний тузларини йўқотиш учун қиздириш.Қуруқ қолдиқни HCl нинг 2N эритмасида эритиш.Ҳосил бўлган эритмадан I-II гуруҳ катионларини топиш (10.6 бўйича).</td><td colspan="3">Чўкма (I) таркибида: $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, Fe_2S_3, FeS, MnS, CoS, NiS бўлиши мумкин.Чўкмани HNO_3 (r=1,2 г/мл)да иситиб эритиш.Чукмага тушган олтингугурт чўкмасини ажратиш.Центрифугат (II) текширилади.Эритмага сув қўшиб суюлтирилади.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Центрифугат (II) таркибида Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} катионлари, ортиқча HNO_3 бўлади.Эритманинг бир улушидан Mn^{2+} катиони PbO_2 ёки $(NH_4)_2S_2O_8$ ёрдамида (Cl- ионлари $AgNO_3$ билан йўқотилгач) аниқланади (11.10 га қаранг).Эритмадаги Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{2+} катионларини Mn^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} катионларидан NH_4Cl иштирокида ортиқча NH_4OH қўшиб ажратиш.Ҳосил бўлган чўкма (II) центрифугат (III) дан ажратилади.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Чўкма (II) таркибида $Al(OH)_3$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$бор чўкма NaOH нинг 6N эритмаси ва H_2O_2 нинг 3%ли эритмасида эрити-лади.(Fe^{3+} катионидан Al^{3+} ва Cr^{3+} ионини ажратиш учун) Чўкма (III) центрифугада ажратилади.</td><td rowspan="2">Центрифугат (III): Mn^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+} катионлари, ортиқча NH_4OH ва аммоний тузлари бор.а) Эритманинг бир улушига HCl қўшилади.Ортиқча кислота $CaCO_3$ кристаллари билан нейтралланади. Эритмага HCl нинг 0,05 N эритмаси қўшиб иситилади ва H_2S гази ўтказилиб, ZnS (оқ чўкма) ҳосил бўлишидан Zn^{2+} борлиги аниқланади.б) Центрифугат (III) ни бир улушидан диметилглиоксим эритмаси ёрдамида Ni^{2+} катиони топилади.</td></tr>
<tr><td>Чўкма (III) $Fe(OH)_3$, $Mn(OH)_3$ иборат бўлади. Ташлаб юборилади.</td><td>Центрифугат (IV) таркибида AlO_2^-, CrO_4^{2-} ортиқча NaOH бўлади.а) CrO_4^{2-} ни топишб) AlO_2^- ни эритмага 2N H_2SO_4 эритмаси қўшиб Al^{3+}га айлантирилади.Сўнг NH_4OH қўшиб, $Al(OH)_3$ ҳосил бўлишидан Al^{3+} борлиги аниқланади.</td></tr>
</table>

риб, III гуруҳ катионларидан қайсилари борлиги тўғрисида дастлабки хулоса чиқарилади. Чўкма устига нитрат кислота (ρ=1,2 г/мл) дан 5-6 томчи қўшилади, яна KNO_2 эритмасидан 1-2 томчи томизилади. Чўкмани тўлиқ эриши учун зарур бўлса қўшимча 2-3 томчи нитрат кислота қўшилади (Fe^{2+} ни Fe^{3+} гача оксидлаш учун ҳам). Чўкмага тушган олитингугуртни 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. 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. Mn^{2+} катионини оксидлаб аниқлашда қандай реагентлардан фойдаланиш мумкин, реакция шароитларини шарҳланг.
7. Рух катионини сифат жиҳатдан топишда водород сулфид билан кетадиган реакция қандай шароитда бажарилади ва H_2S ни қайси реагент билан алмаштирса бўлади?
8. Аммоний (ёки калий) роданид реагенти билан 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 Mn^{2+}, Zn^{2+} катионларини Fe^{3+}, 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) сулфатнинг 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) сулфатнинг аммоний персулфат 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 кайси 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;
Д) 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;
Д) $K_3[Fe(CN)_6]$;
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;
Д) 3;
E) 4.

13. Диметилгилоксимнинг спиртдаги эритмаси Fe^{2+} катиони билан эритмада қандай ранг ҳосил қилади?
A) Кўк;
B) Пушти-қизил;
C) Ҳаворанг;
Д) Сариқ;
E) Хира-яшил.

14. Марганец (II) катионини кислотали шароитда PbO_2 билан оксидланганда реакциянинг ташқи эффекти қандай бўлади?
A) Қора чўкма;
B) Эритма сариқ рангли;
C) Эритма пушти рангли;
Д) 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;
Д) 15;
E) 20.

16. Mn^{2+} катионини персулфат иони билан аниқлашда кетадиган реакциянинг ионли тенгламасини ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

A) 43;
B) 18;
C) 6;
Д) 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 металларнинг карбонатлари билан;
Д) 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 реакцион аралашмани хира сариқ рангга бўяйди?

A) Алюминий катиони;
B) Кобалт катиони;
C) Никел катиони;
Д) 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;
Д) $K_3[Fe(CN)_6]$;

E) $(NH_4)_2S$.

20. Қайси катион аммиак эритмаси билан яшил чўкма беради, бу чўкманинг мўл аммиакда эриши натижасида эритма кўк рангга киради?

A) Кобалт катиони;
B) Алюминий катиони;
C) Марганец катиони;
Д) Никел катиони;
E) Рух катиони.

21. Никел (II) катиони диметилглиоксим билан қандай чўкма ҳосил қилади?

A) Сариқ чўкма;
B) Кўк чўкма;
C) Яшил чўкма;
Д) Қора чўкма;
E) Қизил чўкма.

XII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ ТЎРТИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

12.1. Тўртинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

Катионларнинг тўртинчи аналитик гуруҳига Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Bi^{3+}, As^{3+}, As^{5+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}, Sn^{2+}, Sn^{4+} ва бошқалар киради. Тўртинчи гуруҳнинг ҳамма катионлари кислотали муҳитда (pH=0,5) водород сулфид таъсирида сулфидлар ҳолида чўкади. IV гуруҳнинг умумий реагенти хлорид кислота иштирокидаги водород сулфиддир.

Водород сулфиднинг жуда заҳарли эканлигини эслатиб ўтиш даркордир, шунинг учун водород сулфид билан қилинадиган ҳамма ишлар мўрили шкафда олиб борилиши керак.

Ярим микрокимёвий анализ шароитида водород сулфид ҳосил қилишнинг энг қулай усули парафин (5-қисм), олтингугурт (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 тўхтайди. 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, париж кўки $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3\ Cu(AsO_2)_2$ ва бошқалар.

Симобнинг кўпчилик бирикмалари жуда заҳарлидир. Сулема $HgCl_2$, этилмеркурхлорид C_2H_5HgCl сабзовот уруғларини замбуруғ ва бактериядан сақлаш учун дорилашда ишлатилади. Каломел Hg_2Cl_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 париж кўки $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$, натрий арсенит $Na_3AsO_3+Na_2HAsO_3+NaH_2AsO_3$, калций арсенит $Ca(AsO_2)_2+Ca_3(AsO_3)_2$ ва бошқалар таркибига киради.

Сурма ва қалай ионларининг биологик жараёнларидаги иштироки яхши ўрганилмаган.

12.2. Мис Cu^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда $Cu(NO_3)_2$, $CuCl_2$ ва $CuSO_4$ ларнинг ҳаворангли сув эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ёки KOH** Cu^{2+} катионлари билан $Cu(OH)_2$ нинг ҳаворанг чўкмасини ҳосил қилади.

$$CuSO_4+2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$
$$Cu^{2+}+2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$$

Пробиркадаги 4-5 томчи Cu^{2+} тузи эритмасига 3-4 томчи NaOH ёки KOH эритмасидан қўшилади. $Cu(OH)_2$ нинг сузмасимон ҳаворанг чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади. Бу чўкма мўл ишқор эритмасида эриб, тўқ зангори тусли куприт бирикмасини ҳосил қилади:

$$Cu(OH)_2\downarrow+2NaOH = Na_2CuO_2+ 2H_2O$$

2. **Аммоний гидроксид NH_4OH** Cu^{2+} ионлари билан асосли тузнинг яшилроқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$2CuSO_4+NH_4OH = (CuOH)_2SO_4\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$
$$2Cu^{2+}+2SO_4^{2-}+NH_4OH = (CuOH)_2SO_4\downarrow+2NH_{4+}+SO_4^{2-}$$

Чўкма мўл аммиак эритмасида кўк рангли тетрааминокуприт (II) комплекс ионини ҳосил қилиб эрийди.

$$(CuOH)_2SO_4\downarrow+(NH_4)_2SO_4+6NH_4OH =$$
$$2[Cu(NH_3)_4]SO_4+8H_2O$$

Иккала тенглама бирлаштирилса қуйидаги кўриниш келиб чиқади:

$$CuSO_4+4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4]SO_4+4H_2O$$
$$Cu^{2+}+SO_4^{2-}+4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4]^{2+}+SO_4^{2-}+4H_2O$$
$$Cu^{2+}+4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4]^{2+}+4H_2O$$

Реакцияни ўтказиш шароити:

- реакцияни pH≥9 да ўтказиш керак;
- аммоний гидроксид билан реакцияга киришувчи ионлар, айниқса Ni^{2+} ва Co^{2+} реакцияни ўтказишга халақит беради;
- аммоний тузлари миснинг асосли тузи чўкишига тўсқинлик қилади, лекин аммиакат ҳосил бўлишига ёрдам беради.

3. **Калий гексацианоферрат (II) $K_4[Fe(CN)_6]$** Cu^{2+} катионлари билан $Cu_2[Fe(CN)_6]$ нинг қизил-қўнғир чўкмасини ҳосил қилади:

$$2CuSO_4+K_4[Fe(CN)_6] = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow+2K_2SO_4$$
$$2Cu^{2+}+[Fe(CN)_6]^{4-} = Cu_2[Fe(CN)_6]\downarrow$$

Мис тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, 3-4 томчи $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмасидан қўшамиз. Қизил-қўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Бу реакция анча сезгир бўлиб, катионлар аралашмаси анализ қилинганда, Cu^{2+} катионини топиш учун қўлланилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритма pH≥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:

$$CuSO_4+2KSCN = Cu(SCN)_2\downarrow+K_2SO_4$$
$$Cu^{2+}+2SCN^- = Cu(SCN)_2\downarrow$$

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≤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 халақит бермайди.

5. **Алангани бўяш 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 заҳарли 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:

$$Hg(NO_3)_2+2NaOH=HgO\downarrow+2NaNO_3+H_2O$$
$$Hg^{2+}+2OH^-=HgO\downarrow+H_2O$$

Hg^{2+} катиони тузидан 4-5 томчи олиб, устига ишқор эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Сариқ чўкма HgO ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Аммоний гидроксид NH_4OH** симоб (II) тузлари билан таъсирлашиб, аминомеркурат (II) хлориднинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$HgCl_2+2NH_4OH=[HgNH_2]Cl\downarrow+NH_4Cl+2H_2O$$
$$Hg^{2+}+2Cl^-+2NH_4OH=[HgNH_2]Cl\downarrow+2H_2O+NH_4^++Cl^-$$

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 KI** симоб(II) тузлари билан таъсирлашиб, симоб(II) – йодид HgI_2 нинг қизил чўкмасини ҳосил қилади:

$$Hg(NO_3)_2+2KI=HgI_2\downarrow+KNO_3$$
$$Hg^{2+}+2I^-=HgI_2\downarrow$$

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:

$$HgI_2+2KI=K_2[HgI_4]$$

Бу комплекс бирикманинг ишқорий эритмаси Несслер реактиви номи билан NH_4^+ катионини топишда ишлатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакция кислотали шароитда (pH<6) бажарилади;
- реагент калий йодид KI нинг мўл эритмаси чўкмани эришига олиб келади;
- Ag^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{2+} катионлари KI билан чўкмалар бергани учун ва реакцияни амалга оширишга халакит бергани учун, даставвал бу катионларни эритмадан йўқотиш лозим.

4. **Қалай (II) хлорид $SnCl_2$** Hg^{2+} катиони тузлари билан таъсирлашганда оқ чўкма Hg_2Cl_2 ёки металлик симобнинг қора чўкмаси ҳосил бўлади:

$$SnCl_2+2HgCl_2= Hg_2Cl_2\downarrow+ SnCl_4$$
$$SnCl_2+HgCl_2= Hg\downarrow+ SnCl_4$$

Пробиркага $HgCl_2$ эритмасидан 1-2 томчи томизилади ва устига шунча томчи янги тайёрланган $SnCl_2$ эритмасидан қўшилади. Оқ ёки қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритманинг муҳити кислотали (pH<7) бўлганда ўтказиш лозим;
- хлорид ионлари билан оз эрувчан чўкмалар берадиган катионлари (Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}) эритмадан даставвал йўқотилиши керак;
- реакцияни янги тайёрланган $SnCl_2$ эритмаси билан ўтказилиши керак.

12.4. Кадмий Cd^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Реакцияларни бажаришда $CdSO_4$ ёки $Cd(NO_3)_2$ ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ишқорлар NaOH ва KOH** Cd^{2+} ионлари билан оқ рангли гидроксид $Cd(OH)_2$ чўкмасини ҳосил қилади.

$$CdSO_4+2NaOH=Cd(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$$
$$Cd^{2+}+2OH^-=Cd(OH)_2\downarrow$$

Кадмий тузи эритмасидан 4-5 томчи олиб, устига натрий гидроксиднинг эритмасидан 2-3 томчи қўшилади, оқ чўкма ҳосил бўлади.

2. **Аммоний гидроксид NH_4OH** Cd^{2+} катионлари билан оқ рангли чўкма ҳосил қилади:

$$CdSO_4+2NH_4OH=Cd(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$$
$$Cd^{2+}+2OH^-=Cd(OH)_2\downarrow$$

Кадмий тузи эритмасидан пробиркага 4-5 томчи солиб, оқ сузмасимон чўкма $Cd(OH)_2$ ҳосил бўлгунча томчилатиб аммоний гидроксид эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмага мўл аммиак эритмаси қўшилса, чўкма эриб кетади ва рангсиз комплекс ион $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ га айланади. Бу комплекс ионнинг ҳосил бўлишидан системали анализ даво-

мида Cd^{2+} катионини Bi^{3+} катионидан ажратишда фойдаланилади, чунки Bi^{3+} иони NH_4OH таъсиридан мўл аммиакда эримайдиган асосли туз чўкмасини ҳосил қилади.

3. **Водород сулфид H_2S** ишқорий, нейтрал ва кучсиз кислотали эритмалардан (pH≥5) Cd^{2+} ионларини сариқ чўкма CdS ҳолида чўктиради:

$$CdSO_4+H_2S=CdS\downarrow+H_2SO_4$$
$$Cd^{2+}+S^{2-}=CdS\downarrow$$

Пробиркага 5 томчи кадмий тузи эритмасидан солиб, устига HCl нинг 2N эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Сўнг аралашмага 5 томчи водород сулфидли сув томизилади. CdS нинг сариқ чўкма ҳолида ажралиб чиқиши кузатилади.

Реакцияни бажариш шароити:

- CdS ни чўктиришни кучсиз кислотали муҳитда ҳам, шунигдек нейтрал ва ишқорий муҳитларда ҳам олиб бориш мумкин;
- нейтрал ва ишқорий эритмалардан CdS ни чўктиришда коллоидлар ҳосил бўлиши олдини олиш учун аммоний тузлари қўшилади.

4. **Дифенилкарбазид $(C_6H_5NHNH)_2CO$** 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 Bi^{3+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда $BiCl_3$ ва $Bi(NO_3)_3$ ларнинг рангсиз сувли эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Ишқорлар NaOH ва KOH** Bi^{3+} катионлари билан кислоталарда эрийдиган, лекин мўл ишқорлар таъсирида ҳам эримайдиган $Bi(OH)_3$ нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Bi(NO_3)_3+3NaOH = Bi(OH)_3\downarrow+3NaNO_3$$
$$Bi^{3+}+3OH^- = Bi(OH)_3\downarrow$$

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 Bi^{3+} катиони тузлари сув таъсирида гидролизланиб, асосли тузларининг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$BiCl_3+2H_2O = Bi(OH)_2Cl\downarrow+2HCl$$

Бу чўкма беқарор бўлиб, сув молекуласини ажратиб, парчаланади:

$$Bi(OH)_2Cl = BiOCl\downarrow+H_2O$$

Чўкманинг ҳосил бўлиши реакцияси қайтар бўлиб, HCl қўшилса (ва иситилса) висмутил хлорид эрийди.

$$BiOCl\downarrow+2HCl \rightleftarrows BiCl_3+H_2O$$

Ҳосил бўлган эритма сув билан суюлтирилса яна 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 $BiCl_3$ билан ўтказилгани мақул, чунки висмутил хлорид BiOCl эрувчанлиги висмутил нитрат $BiONO_3$ га нисбатан камдир;
- агар реакция учун $Bi(NO_3)_3$ ишлатилса, эритмага 2-3 томчи NH_4Cl эритмасидан қўшилади (Cl^- иони иштирокида BiO^+ нинг кам эрувчи BiOCl чўкмаси ҳосил қилади);
- сурма катиони иштироки бу реакцияга халақит беради;
- BiOCl чўкмаси стибилхлорид SbOCl дан фарқли ўлароқ, тартратлар, вино кислотаси иштирокида эримайди.

3. **Қалай (II) хлорид $SnCl_2$** ишқорий муҳитда Bi^{3+} катионларини висмут металлигача қайтаради. Бу жараён қуйидагича кетади:

$$SnCl_2+2NaOH = Sn(OH)_2\downarrow+2NaCl$$
$$Sn(OH)_2\downarrow+2NaOH = Na_2SnO_2+2H_2O$$
$$2Bi(NO_3)_3\downarrow+3NaOH = Bi(OH)_3\downarrow+3NaNO_3$$
$$2Bi(OH)_3\downarrow+3Na_2SnO_2 = 2Bi\downarrow+3Na_2SnO_3+3H_2O.$$

Охирги тенглама ионли кўринишда ёзилса:

$$2Bi(OH)_3\downarrow+3SnO_2^{2-} = 2Bi\downarrow+3SnO_3^{2-}+3H_2O$$

Пробиркага 2-3 томчи қалай (II) хлорид эритмасидан солинади ва чайқатиб турган ҳолда, аввал чўкмага тушадиган $Sn(OH)_2$ тўла эриб кетгунча (яъни натрий станнит Na_2SnO_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 $SnCl_2$ эритмаси олинади;
- ортиқча миқдор ишқор эритмаси қўшилмаслиги лозим. Эритма муҳити pH=10 бўлиши керак;
- реакцияни бажаришга кумуш, симоб, мис ва бошқа катионлар халақит беради.

4. **Тиомочевина $(NH_2)_2CS$** нитрат кислотали эритмаларда висмут (III) тузлари билан сариқ рангли комплекс катион $[Bi[SC(NH_2)_2]_3]^{3+}$ ҳосил қилади.

$$BiCL_3+(NH_2)_2CS=[Bi(SC(NH_2)_2]_3]Cl_3$$

Пробиркадаги 2-3 томчи висмут хлорид эритмасига 1 томчи нитарт кислота ва тиомочевина эритмасидан 2 томчи қўшилади. Эритманинг сариқ тусга кириши кузатилади.

12.6. Мишяк As^{3+} катионининг хусусий реакциялари

Мишяк бирикмалари билан ишлаш ўта эҳтиёткорлик талаб қилади, чунки улар жуда заҳарлидир.

Мишяк (III) эритмаларда арсенит ион AsO_3^{3-}ни ҳосил қилади ва эритма рангсиз бўлади.

1. **Кумуш нитрат $AgNO_3$** арсенит ионлари AsO_3^{3-} билан сариқ рангли чўкма кумуш арсенит ҳосил қилади:

$$Na_3AsO_3+3AgNO_3 = Ag_3AsO_3\downarrow+3NaNO_3$$
$$AsO_3^{3-}+3Ag^+ = Ag_3AsO_3\downarrow$$

Пробиркадаги 4-5 томчи натрий арсенит эритмасига $AgNO_3$ эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Сариқ чўкма тушиши кузатилади.

Ҳосил бўлган чўкма NH_4OH да комплекс ион $[Ag(NH_3)_2]^+$ ҳосил қилиб эрийди.

2. **Мис(II) тузлари** ишқорий муҳитда мишяк(III) тузлари билан таъсирлашиб, сарғиш-яшил рангли $Cu_3(AsO_3)_2$ чўкмасини ҳосил қилади:

$$3CuSO_4+2Na_2HAsO_3+2NaOH =$$
$$Cu_3(AsO_3)_2\downarrow+3Na_2SO_4+2H_2O$$
$$3Cu^{2+}+2HAsO_3^{2-}+2OH^- = Cu_3(AsO_3)_2\downarrow+2H_2O$$

Мис(II) сулфатнинг суюлтирилган эритмасидан 3-4 томчи олиб, устига NaOH нинг 2N эритмасидан 1-2 томчи ва Na_2HAsO_3 эритмасидан 2 томчи қўшамиз. Сарғиш-яшил чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

12.7. Мишяк As^{5+} катионининг хусусий реакциялари

Мишяк(v) эритмаларда рангсиз арсенат AsO_4^{3-} иони ҳосил қилади.

1. **Кумуш нитрат $AgNO_3$** эритмадаги арсенат иони билан шоколад рангли кумуш арсенат чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_3AsO_4+3AgNO_3 = Ag_3AsO_4\downarrow+3NaNO_3$$
$$AsO_4^{3-}+3Ag^+=Ag_3AsO_4\downarrow$$

Пробиркадаги 4-5томчи натрий арсенат ёки натрий гидроарсенат эритмасига $AgNO_3$нинг эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Бунда шоколад рангидаги чўкманинг ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Магнезиал аралашма $MgCl_2+NH_4Cl+NH_4OH$** арсенат AsO_4^{3-} иони билан оқ рангли аммоний – магний арсенат чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_3AsO_4+MgCl_2+NH_4OH = NH_4MgAsO_4\downarrow+2NaCl+NaOH$$
$$AsO_4^{3-}+Mg^{2+}+NH_4OH = NH_4MgAsO_4\downarrow+OH^-$$

Магний хлориднинг эритмасидан 2-3 томчисига шунча томчи NH_4OH қўшилади ва ҳосил бўлган $Mg(OH)_2$ чўкмаси NH_4Cl эритмасидан томчилатиб қўшиб эритилади. Ҳосил бўлган магнезиал аралашма сув ҳаммомида иситилади ва унга натрий арсенат эритмасидан оқ чўкма ҳосил бўлгунча қўшилади.

Бу реакциядан As^{5+} катионларини As^{3+} катионидан ажратишда фойдаланилади, чунки арсенит ионлар магнезиал аралашма билан чўкма ҳосил қилмайди.

Реакцияни амалга ошириш шароити:

- реакцияни эритма муҳитининг 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 KI** арсенат AsO_4^{3-} ионлари билан таъсирлашганда эркин йод ажралиб чиқади ва эритма сариқ тусга киради, крахмал иштирокида эса эритма тўқ-кўк рангга киради.

$$Na_3AsO_4+2KI+2HCl = Na_3AsO_3+I_2+2KCl+H_2O$$
$$AsO_4^{3-}+2I^-+2H^+ = AsO_3^{3-}+I_2+H_2O$$

Пробиркага 3-4 томчи натрий арсенат эритмасидан солинади, устига 1-2 томчи концентрланган HCl, 3-4 томчи крахмал клейстри ва KI эритмасидан 4 томчи қўшилади,

яхшилаб аралаштирилади. Пробиркадаги ҳосил бўлган аралашма эритмаси тўқ кўк 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.

$$SbCl_3 + H_2O = SbOCl\downarrow + 2HCl$$
$$Sb^{3+} + 3Cl^- + H_2O = SbOCl\downarrow + 2H^+ + 2Cl^-$$
$$Sb^{3+} + Cl^- + H_2O = SbOCl\downarrow + 2H^+$$

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 тиосулфат** $Na_2S_2O_3$ Sb^{3+} катионлари билан қиздирилганда сурма сулфооксидининг қизил чўкмасини ҳосил қилади:

$$2SbCl_3 + 2Na_2S_2O_3 + 3H_2O = Sb_2OS_2\downarrow + 2H_2SO_4 + 4NaCl + 2HCl$$
$$2Sb^{3+} + 2S_2O_3^{2-} + 3H_2O = Sb_2OS_2\downarrow + 2SO_4^{2-} + 6H^+$$

Пробиркага 3-4 томчи сурма(III) хлорид эритмасидан солиб, H_2SO_4дан 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:

- сулфат кислотанинг ортиқча қўшилиши реагентни парчалаб, SO_2 ва олтингугурт ҳосил бўлишига олиб келади;
- эритмада қийин эрувчи сулфидлар 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:

$$SbCl_5 + 2H_2O = SbO_2Cl\downarrow + 4HCl$$

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 хлороксиди ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

- муҳитнинг pH 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 кислотаси 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 қуйилади. Эритмада Sb^{5+} катионларини бўлиши ҳисобига кўкиш-бинафша ранг ҳосил бўлади.

Тажрибани бажариш шароити:

- эритмада бўлиши мумкин бўлган Sb^{3+} ионларини оксидлаш учун натрий нитрит $NaNO_2$ эритмаси қўшилади (яхшиси натрий нитрит кристаллари қўшилади);
- ортиқча нитрит NO_2^- ионларини йўқотиш учун мочевинанинг тўйинган эритмаси қўшилади.

12.10. Қалай Sn^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда $SnCl_2$нинг сувдаги рангсиз эритмасидан фойдаланиш мумкин.

1. **Водород сулфид H_2S** қалай(II) ионлари билан кислотали муҳитда қалай сулфиднинг тўқ қўнғир чўкмасини ҳосил қилади:

$$SnCl_2+H_2S = SnS\downarrow+2HCl$$
$$Sn^{2+}+H_2S = SnS\downarrow+2H^+$$

Пробиркага қалай (II) хлорид эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига HCl нинг 2N эритмасидан 4-5 томчи қўшилади ва водород сулфид ўтказилади. Натижада тўқ қўнғир чўкма тушиши кузатилади.

2. **Калий хромат K_2CrO_4** кислотали муҳитда қалай(II) ионларини Sn^{4+}гача оксидлайди, бунда CrO_4^{2-} иони Cr^{3+} катионига қайтарилиши ҳисобига сариқ ранг ўрнига кўкиш-бинафша рангли эритма ҳосил бўлади:

$$2K_2CrO_4+2HCl = K_2Cr_2O_7+2KCl+H_2O$$
$$3SnCl_2+K_2Cr_2O_7+14\ HCl = 3SnCl_4+2CrCl_3+2KCl+7H_2O$$
$$3Sn^{2+}+Cr_2O_7^{2-}+14H^+ = 3Sn^{4+}+2Cr^{3+}+7H_2O$$

Пробиркадаги калий хроматнинг 3-4 томчи эритмасига хлорид кислотанинг 2N эритмасидан 1-2 томчи ва $SnCl_2$ эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. CrO_4^{2-} ионига хос бўлган

сариқ ранг йўқолиб, Cr^{3+} иони учун хос кўкиш-бинафша ранг вужудга келади.

3. **Темир(III) хлорид $FeCl_3$** Sn^{2+}катионлари билан таъсирлашганда, Fe^{3+}ионлари Sn^{2+}ионлари томонидан Fe^{2+}гача қайтарилади. Ҳосил бўлган Fe^{2+} ионлари $K_3[Fe(CN)_6]$ билан турнбул кўкини ҳосил қилади:

$$2FeCl_3+SnCl_2 = 2FeCl_2+SnCl_4$$
$$Fe^{3+}+Sn^{2+} = Fe^{2+}+Sn^{4+}$$
$$3FeCl_2+2K_3[Fe(CN)_6] = Fe_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow+6KCl$$
$$3Fe^{2+}+2[Fe(CN)_6]^{3-} = Fe_3[Fe(CN)_6]\downarrow$$

Темир (III) хлориднинг эритмасидан 4-5 томчи олиб, унга 2 томчи $K_3[Fe(CN)_6]$ эритмасидан ва қалай (II) хлорид эритмасидан 3 томчи қўшилади. Пробирка чайқатилганда кўк чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

12.11. Қалай(IV) Sn^{4+} катионининг хусусий реакциялари

Тажрибалар учун $SnCl_4$ эритмасидан фойдаланилади.

1. **Водород сулфид H_2S** хлорид кислотали муҳитда Sn^{4+} ионлари билан таъсирлашиб, сариқ рангли қалай (IV) сулфид чўкмаси ҳосил қилади:

$$SnCl_4+2H_2S = SnS_2\downarrow+4HCl$$
$$Sn^{2+}+2S^{2-} = SnS_2\downarrow$$

Қалай(IV)-хлорид эритмасининг 4-5 томчисига HCl эритмасидан 3-4 томчи қўшилади, ҳосил бўлган аралашма сув ҳаммомида иситилади ва ундан водород сулфид ўтказилади. Сариқ чўкма тушиши кузатилади.

2. **Ёювчи ишқорлар NaOH ва KOH, аммоний гидроксид NH_4OH** Sn^{4+} катиони тузлари эритмаси билан таъсирлашиб, ортостаннат кислота H_4SnO_4нинг оқ аморф чўкмасини ҳосил қилади:

$$SnCl_4+4NaOH = H_4SnO_4\downarrow+4NaCl$$
$$Sn^{4+}+4OH^- = H_4SnO_4\downarrow$$

Ҳосил бўлган чўкма мўл ишқор эритмасида эриб, станнитлар ҳосил қилади.

$$H_4SnO_4\downarrow+2NaOH = Na_2SnO_3+3H_2O$$

Пробиркага $SnCl_4$ эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига чўкма ҳосил бўлгунча томчилатиб ишқор эритмасидан қўшилади. Оқ аморф чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

3. **Темир метали Sn^{4+}** катионларини қалай(II) катионигача қайтаради.

$$H_2[SnCl_4]+Fe = FeCl_2+SnCl_2+2HCl$$

Пробиркага $SnCl_4$ эритмасидан 3-4 томчи солинади, унга 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 $Fe(OH)_2$ чўкмаси ажратилади. Ишқор қўшилиши натижасида ҳосил бўлган станнит эритмасига $Bi(NO_3)_3$ эритмасидан 1-2 томчи таъсир эттирилади. Sn^{2+} ионлари таъсирида висмут металининг паға-паға қора чўкмасини ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- олинган темир метали кимёвий тоза бўлиши керак;
- $Bi(NO_3)_3$ эритмасини қўшишдан аввал, $SnCl_2$ ни ишқор NaOH эритмаси билан Na_2SnO_2га 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 арлашмасининг анализи текширилаётган эритманинг муҳитини аниқлашдан бошланади, сўнг систематик анализ қилишга ўтилади.

12-жадвал

Тўртинчи гуруҳ катионларининг хусусий реакциялари

Реагентлар	Катионлар									
	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 иштирокида	Қора чўкма CuS	Қора чўкма HgS	Сариқ чўкма CdS	Қора чўкма Bi_2S_3	Сариқ чўкма – As_2S_3	Сариқ чўкма As_2S_5	Зарғалдоқ чўкма Sb_2S_5	Зарғалдоқ чўкма Sb_2S_5	Қўнғир чўкма SnS	Сариқ чўкма SnS_2
NaOH, KOH	Кўк чўкма $Cu(OH)_2$	Сариқ чўкма HgO	Оқ чўкма $Cd(OH)_2$	Оқ чўкма $Bi(OH)_3$	-	-	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $Sn(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_4$
NH_4OH	Кўк-яшил чўкма - Асосли туз	Оқ чўкма $[NH_2Hg]Cl$	Оқ чўкма $Cd(OH)_2$	Оқ чўкма Асосли туз	-	-	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $HSbO_3$	Оқ чўкма $Sn(OH)_2$	Оқ чўкма $Sn(OH)_4$
Na_2HPO_4	Кўк чўкма $Cu_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма $HgHPO_4$	Оқ чўкма $Cd_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма $BiPO_4$	-	-	-	-	Оқ чўкма $Sn_3(PO_4)_2$ $SnHPO_4$	-
$MgCl_2+NH_4OH+NH_4Cl$	Кўк-яшил чўкма - Асосли туз	-	-	Оқ чўкма $Bi(OH)_3$	-	Оқ чўкма $MgNH_4AsO_4$	Оқ чўкма $Sb(OH)_3$	Оқ чўкма $SbO(OH)_3$	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 Асосли туз	Оқ чўкма Асосли 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_3	Ш окоп ва рангли чўкма Ag_3AsO_4	-	-	Қора чўкма Ag	-

Анализда IV гуруҳ катионларини икки гуруҳга: мис гуруҳчаси: Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Bi^{3+} катионлари ва мишяк гуруҳчаси катионлари: As^{3+}, As^{5+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}, Sn^{2+}, Sn^{4+} катионларига бўлиб анализ қилинади.

2. **Мис гуруҳчаси ва мишяк гуруҳчаси катионларини водород сулфид таъсирида чўктириш.** Текширилаётган эритмага аралаштириб туриб кислотали муҳит ҳосил бўлгунча HCl нинг 2N эритмасидан томизилади ва ундан 8-10 томчи ортиқча қўшилади. Кислота қўшилган эритмага қайнаб турган сув ҳаммомида 80-90^{0}C га қадар иситилади ва 10 минут давомида водород сулфид юборилади. Сўнгра эритма водород сулфидли сув билан суюлтирилади (дистилланган совуқ сув ишлатса ҳам бўлади) ва водород сулфид билан қайта туйинтирилади. Тўла чўктиришга (катионлар сулфидлар ҳолида чўкади) эришилгандан сўнг аралашма центрифугаланади. Чўкмада мис гуруҳчаси ва мишяк гуруҳчаси катионлари сулфидлари бўлади. Центрифугат (I) ташлаб юборилади.

3. **Мис гуруҳчаси катионларини мишяк гуруҳчаси катионларидан ажратиш.** 2-банд бўйича олинган чўкма (I) пробиркага NH_4Cl аралашган водород сулфидли сув билан ювилади ва сув ҳаммомида 50-60^{0}C гача қиздириб, шиша таёқча билан аралаштириб турган ҳолда унга $(NH_4)_2S_2$ (аммоний полисулфид) таъсир эттирилади. Чўкмали эритмани центрифугаланиб чўкмаси ажратилади. Чўкма (II) таркибида мис гуруҳчаси катионларининг сулфидлари, центрифугат (II) да мишяк гуруҳчаси катионларининг тиотузлари бўлади.

4. **Таркибида мис гуруҳчаси бор чўкмани анализ қилиш.** Чўкма (II) бир неча томчи NH_4Cl аралашган водород сулфидли сув билан ювилади.

Ювилган чўкмани чинни косачага солинади ва унга катализатор KNO_2 кристалларидан 1-2 дона қўшилиб, HNO_3 нинг 2N эритмасида қиздириш билан эритилади. Эримай қолган қисми центрифугатланиб, чўкма (III) ажратилади. Чўкма (III) да HgS, центрифугат (III) да Cu^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+} катионлари бўлади.

а) **Hg^{2+}ни топиш.** Чўкма (III) га HCl билан 3% ли H_2O_2 аралашмаси ёки HNO_3 билан H_2O_2 аралашмаси қўшилади. HgS оксидланиб Hg^{2+} ионлари эритмага ўтади. H_2O_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 олтингугурт центрифугалаб ажратилади.

Чўкма (IV) да олтингугурт бўлади. Центрифугат (IV) дан симоб (II) катионлари KI таъсирида топилади. Қизил чўкма HgI_2 нинг ҳосил бўлиши аралашма таркибида Hg^{2+} катионлари борлигини билдиради.

б) **Cu^{2+} катионини топиш.** Таркибида Cu^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+} ионлари бўлган центрифугат (III) га NH_4OH нинг 6N эритмасидан мўл қўшилади. Бунда эритмада оч кўк рангли $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ионлари ва рангсиз $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ ионлари ҳосил бўлиб, висмут ионлари эса гидроксо тузлар ҳолида чўкмага тушади. Чўкмали эритма центрифугаланиб, чўкма (V) ажратилади ва ундан Bi^{3+} ионларини топишда фойдаланилади. Центрифугат (V) икки қисмга бўлинади: биринчи қисмдан Cu^{2+} катионини, иккинчи қисмдан Cd^{2+} катионини топилади.

Биринчи қисм эритмага, аввал сирка кислотадан 2-3 томчи, кейин $K_4[Fe(CN)_6]$ эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Cu^{2+} ионлари бўлса $Cu_2[Fe(CN)_6]$ нинг қизил-қўнғир чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади.

в) **Cd^{2+} катионини топиш.** Центрифугат (V) нинг иккинчи қисмидан Cd^{2+} ионини топишга Cu^{2+} катионлари халал берганлиги учун Cu^{2+} ионларини ажратиш зарур. Эритмага кўк ранг (Cu^{2+} катионлари ранги) зангори тусга ўтгунча HCl нинг 2N эритмасидан томчилатиб қўшилади. Сўнгра пробиркадаги эритманинг ҳажмига тенг ҳажмда HCl нинг 2N эритмасидан қўшиб, 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 H_2S ўтказилади. Эритма таркибида Cd^{2+} катионлари мавжуд бўлса сариқ чўкма CdS ҳосил бўлади. Бу чўкма ишқорларда эримайди.

г) **Bi^{3+} катионини топиш.** Висмутнинг гидроксо тузи чўкма (V)си (б-банддаги) иссиқ сув билан ювилади. Сўнг алоҳида пробиркада тайёрланган натрий станнит эритмаси (пробиркага 2-3 томчи $SnCl_2$ солинади ва чайқатиб туриб ҳосил бўладиган $Sn(OH)_2$ чўкмаси эриб кетгунча NaOH эритмасидан томчилатиб қўшиш 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 HCl нинг 2N эритмасидан томчилатиб қўшилади (мўрили шкафда) ва қайнагунча иситилади. Бунда тиотузлар парчаланиб ми-

13-жадвал

Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи

<table>
<tr><td colspan="4">Дастлабки синовлар: текширилаётган эритманинг ранги, муҳити аниқланади.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IV гуруҳ катионлари бўлган аралашмани сув ҳаммомида 80-90°Сгача иситилади ва 10 минут водород сулфид юборилади. Чўкма(I)ни центрифугат(I)дан ажратилади.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Чўкма(I): мис гуруҳчаси ва мишяк гуруҳчаси сулфидлари бўлади. Мис гуруҳчаси $(NH_4)S_2$ таъсирида мишяк гуруҳчаси катионларидан ажратилади. Чўкма(II)ни центрифугада центрифугат(II)дан ажратилади.</td><td colspan="2">Центрифугат(I) текширилмай ташлаб юборилади.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Чўкма (II): мис гуруҳчаси катионларининг сулфидлари ювилган чўкма HNO_3нинг 2N эритмасида қиздириш билан эритилади. Чўкма(III)ни центрифугат(III) дан ажратилади.</td><td colspan="2">Центрифугат (II): мишяк гуруҳчаси тиотузлари бўлади. Центрифугат(II)га HCl нинг 2N эритмаси қўшилиб қайнагунча иситилади (мўрили шкафда). Катионларнинг сулфидлари чўкма(VII)га тушади. Центрифугат (VII) текширилмайди.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Чўкма(III): HgS бўлади. Бу чўкмага HNO_3 билан H_2O_2 аралашмаси қўшилади. Hg^{2+} ионлари эритмага ўтади. H_2O_2 нинг ортиқчаси қайнатиб йўқотилади, қолган қолдиқ дистилланган сувда эритилади. Чўкма(IV)га S тушади. Чўкма(IV) центрифугада центрифугат(IV) дан ажратилади.</td><td rowspan="2">Центрифугат(III): Cu^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+} катионлари бўлади. Центрифугат(III)га NH_4OHнинг 6N эритмаси қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма(V) центрифугат (V)дан ажратилади.</td><td colspan="2">Чўкма (VII) ни чинни косачада $(NH_4)_2CO_3$ нинг концентрланган эритмаси билан ишланади. Ҳосил бўлган чўкма (VIII) ни центрифуга (VIII) дан ажратилади.</td></tr>
<tr><td>Чўкма (VIII) ни чинни косачада конц.HCl билан аралаштириб қиздирилади. Ҳосил бўлган чўкма (IX) центрифугат (IX) дан ажратиб, текширилмай ташлаб юборилади.</td><td>Центрифугат (VIII) дан мишяк топилади. Центрифугат (VIII)га 3% ли H_2O_2 қўшилади ва қайнатилади. Эритма совутилиб, магнезиал аралашма таъсирида мишяк топилади (12.7.).</td></tr>
</table>

13-жадвалнинг давоми

<table>
<tr><td rowspan="3">Чўкма (IV) да олтингугурт бўлади, текширилмайди.</td><td rowspan="3">Центрифугат (IV) дан Hg^{2+} катионлари KI таъсирида топилади (12.3).</td><td>Чўкма(V)дан Bi^{3+} катионлари топилади. Чўкмага натрий станнит эритмаси таъсирида Bi^{3+} топилади (12.5).</td><td>Центрифугат(V) дан:
а) бир қисм эритмага CH_3COOH ва $K_4[Fe(CN)_6]$ қўшиб Cu^{2+} катиони топилади (12.2).
б) иккинчи қисм эритмага H_2S юборилиб мис ажратилади. Чўкма(VI) центрифугат(VI)дан ажратилади.</td><td colspan="2">Центрифугат(IX)га Mg ёки Fe қириндилари солинади. Бунда сурма металлининг қора чўкмаси ҳосил бўлади. Сурма катиони борлигини билдиради. Чўкмали аралашмаси 1мл конц.HCl қўшилади. Сўнг сув қўшилади. Чўкма (X) да сурма металли, центрифугат (X) да $SnCl_2$ қолади.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Чўкма(X) текширилмай, ташлаб юборилади.</td><td>Центрифугат(X)га NaOH нинг 6N эритмаси қўшилади Чўкма (XI) га $Fe(OH)_2$ тушиб ажратиб ташланади.</td></tr>
<tr><td>Чўкма(VI) текширилмайди.</td><td>Центрифугат(VI)га H_2S юборилиб Cd^{2+} катионлари топилади(12.4.).</td><td>Центрифугат(IX)га $Bi(NO_3)_3$ эритмаси қўшилади. Қора чўкма ҳосил бўлади, Sn^{2+} борлигини билдиради.</td></tr>
</table>

шяк гуруҳчаси катионларининг сулфидлари чўкмага тушади. Центрифугатда чўкма (VII) (юқоридаги тартиб бўйича) ажратиб олиниб NH_4Cl аралаштирилган дистилланган сув билан ювилади. Центрифуга (VII) ташлаб юборилади.

а) **Мишякни сурма ва қалайдан ажратиш.** Чўкма (VII) чинни косачага солинади ва унга $(NH_4)_2CO_3$ нинг концентрланган 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 H_2O_2 қўшилади ва аралашма қайнатилади. Бунда мишякнинг тиотузлари арсенатларга айланади. Эритма совитилиб, магнезиал аралашма ($MgCl_2+NH_4Cl+NH_4OH$) қўшилади. Мишяк эритмада бўлса $MgNH_4AsO_4$ нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлиши кузатилади.

в) **Сурма ва қалай сулфидларни эритиш.** Чўкма (VIII) ни иссиқ сув билан ювиб, чинни косачага солинади ва унга концентрланган 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 металлининг паға-паға қора чўкмаси ҳосил бўлади. Бу сурма ионлари катионлар аралашмаси таркибида борлигини кўрсатади. Сурма билан бирга қалай иони ҳам металлгача қайтарилади, лекин у концентрланган HCl да эриганлиги учун чўкмали аралашмага 1 мл концентрланган HCl қўшиб иситилади, сўнг 1 мл дистилланган сув қўшилади ва центрифугаланади. Чўкма (X) да сурма металли, центрифугат (X) да $SnCl_4$ қолади.

д) **Қалай иони топиш.** Центрифугат (X) нинг 3-4 томчисига ишқорий муҳит ҳосил бўлгунча томчилатиб NaOH нинг 6N эритмасидан қўшилади. Бунда чўкмага тушган $Fe(OH)_2$ чўкмаси центрифугаланиб ажратиб ташланади. Центрифугат (XI) га 1-2 томи $Bi(NO_3)_3$ эритмаси қўшилади. Висмут металлининг паға-паға қора чўкмасини ҳосил бўлиши катионлар аралашмасида 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 суюлтирилганда 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 кўкиш-бинафша 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 металлар бўлаклари ёрдамида ва қандай қилиб топилади?

15. Тўртинчи гуруҳ катионларини аралашмаси анализи қайси тартибда анализ қилинади?

16. Мис гуруҳчаси катионлари мишяк гуруҳчаси катионларидан қандай жараён асосида ажратилади?

Тестлар

1. Тўртинчи гуруҳ катионларидан қайси бирининг эритмаси рангли бўлади.

A) Кадмий;
B) Мишяк (III);
C) Мис (II);
Д) Қалай (IV);
E) Висмут.

2. Реакцион аралашмага ишқор эритмаси таъсиридан ҳаворанг чўкма ҳосил бўлиб, уни қиздирганда қорайса, текширилаётган эритмада тўртинчи гуруҳ катионларидан қайсиниси бўлади?

A) Мис (II) катиони;
B) Сурма (III) катиони;
C) Висмут катиони;
Д) Симоб (II) катиони;
E) Кадмий катиони.

3. Текширилаётган эритмага водород сулфидли сув қўшилганда қора чўкма, калий йодид қўшилганда эса қизил-олов рангли чўкма ҳосил бўлса, қандай катион бўлади?

A) Мис (II) катиони;
B) Симоб (II) катиони;
C) Кадмий катиони;
Д) Висмут катиони;
E) Қалай (II) катиони.

4. Қуйидаги катионлардан кайси бири водород сульфидли сув билан сариқ чўкма беради?

A) Кобалт катиони;
B) Никел катиони;
C) Мис катиони;
Д) Кадмий катиони;

E) Симоб (II) катиони.

5. Тўртинчи гуруҳ катионларидан қайси катионлар тузлари кўп даражада гидролизланади ва гидролиз реакцияси асосида топилади?
A) Симоб (II);
B) Висмут;
C) Қалай;
Д) Мис;
E) Сурма ва висмут.

6. Висмут катионини қалай (II) хлорид билан очиш реакцияси қандай муҳитда бажарилади?
A) Сирка кислотали;
B) Сулфат кислотали;
C) Нейтрал;
Д) Ишқорий;
E) Кучсиз ишқорий.

7. Сурма (III) хлориднинг гидролиз реакцияси тенгламасини ион-молекуляр шаклда ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 5;
B) 8;
C) 10;
Д) 11;
E) 7.

8. Йодид-ионларини арсенат ионлари томонидан оксидланиши реакцияси тенгламасини тузиб коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 8;
B) 6;
C) 10;
Д) 12;
E) 11.

9. Натрий станнит билан висмут нитратнинг ўзаро таъсир реакциясини молекуляр тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

A) 20;
B) 25;
C) 15;
Д) 10;
E) 13.

10. Висмут катионини станнит ионлари билан аниқлаш реакцияси тенгламасини ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 39;
B) 29;
C) 49;
Д) 19;
E) 15.

11. Cu^{2+} катионлари қайси реагент билан қизил-қўнғир чўкма ҳосил қилади?
A) Натрий гидроксид;
B) Аммоний гидроксид;
C) Калий гексацианоферрат (II);
Д) 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;
Д) Мис металли;
E) Натрий ёки калий гидроксид.

13. Қайси реагент висмут катиони билан таъсирлашганда қора чўкма ҳосил қилади?
A) Натрий гидроксид;
B) Аммоний гидроксид;
C) Сув;
Д) Қалай (II) хлорид (ишқор иштирокида);
E) Тиомочевина.

14. Мишяк (V) катиони қандай реагент билан шоколад рангли чўкма ҳосил қилади?

A) Мис (II) сулфат;
B) Кумуш нитрат;
C) Магнезиал аралашма;
Д) Калий йодид;
E) Натрий гидроксид.

15. Қандай реагент сурма (III) катионлари билан қизил рангли чўкма ҳосил қилади?
A) Натрий тиосулфат;
B) Сув;
C) Калий гидроксид;
Д) Рух металли;
E) Аммиак эритмаси.

16. Қалай (II) катиони қандай реагент билан кўкиш-бинафша рангли эритма ҳосил қилади?
A) Ишқорлар;
B) Водород сулфид;
C) Калий хромат;
Д) Рух металли;
E) Темир металли.

17. Тўртинчи гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби буйича биринчи навбатда қайси катион топилади?
A) Висмут катиони;
B) Кадмий катиони;
C) Мишяк катиони;
Д) Симоб (II) катиони;
E) Қалай (II) катиони.

XIII БОБ. КАТИОНЛАРНИНГ БЕШИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

13.1. Бешинчи гуруҳ катионларининг умумий тавсифи

V гуруҳ катионларига Ag^+, $[Hg_2]^{2+}$, Pb^{2+} ва бошқа катионлар киради. Катионларнинг бешинчи аналитик гуруҳининг умумий гуруҳ реагенти хлорид кислота (2N 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. AgCl, Hg_2Cl_2, $PbCl_2$ хлоридларнинг сувга, ортиқча миқдордаги 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 металларгача 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 Ag^+ катионининг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда кумуш нитрат $AgNO_3$ нинг сувдаги рангсиз эритмасидан фойдаланилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH ва KOH.** Кумуш катиони билан қўнғир рангли Ag_2O чўкмасини ҳосил қилади:

$$AgNO_3+NaOH = AgOH\downarrow+NaNO_3$$
$$Ag^++OH^-=AgOH\downarrow$$

AgOH беқарор бўлиб, Ag_2O га айланади.

$$2AgOH = Ag_2O\downarrow+H_2O$$

Пробиркадаги 4-5 томчи кумуш нитрат эритмасига 3-4 томчи ўювчи ишқор эритмасидан қўшилади, қўнғир чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Аммоний гидроксид NH_4OH** ҳам кумуш катионлари билан қўнғир чўкма Ag_2O ҳосил қилади. Ҳосил бўлган чўкма мўл аммиак эритмасида комплекс бирикма ҳосил қилиб эрийди:

$$Ag_2O+4NH_4OH = 2[Ag(NH_3)_2]OH+3H_2O$$

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 K_2CrO_4** Ag^+ катионлари билан кумуш хромат Ag_2CrO_4нинг қизил-ғишт рангли чўкмасини ҳосил қилади.

$$2AgNO_3+K_2CrO_4 = Ag_2CrO_4\downarrow+2KNO_3$$
$$2Ag^++CrO_4^{2-} = Ag_2CrO_4\downarrow$$

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 pH=6,5-7,5 бўлиши керак;

- аммиакли ва кучли кислотали муҳитда чўкма ҳосил бўлмайди;

- реакцияни ўтказишга CrO_4^{2-} ионлари билан чўкма берувчи Pb^{2+}, Ba^{2+}, Bi^{3+}, 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.

$$AgNO_3+KBr = AgBr\downarrow+KNO_3$$
$$Ag^++Br^- = AgBr\downarrow$$
$$AgNO_3+KI = AgI\downarrow+KNO_3$$
$$Ag^++I^- = AgI\downarrow$$

Пробирканиниг 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 NH_4OH ёмон эриса, AgI чўкмаси аммиак эритмасида амалда эримайди.

13.3. Қўрғошин (II) Pb^{2+} катионининг хусусий реакциялари

Қўрғошин (II) катионининг хусусий реакцияларига оид тажрибаларни $Pb(NO_3)_2$ ва $Pb(CH_3COO)_2$ ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. **Ўювчи ишқорлар NaOH, KOH ва аммиак эритмаси NH_4OH** Pb^{2+} катионлари билан таъсирлашиб, оқ чўкма $Pb(OH)_2$ ни ҳосил қилади:

$$Pb(NO_3)_2+2NaOH = Pb(OH)_2\downarrow+2NaNO_3$$
$$Pb^{2+}+2OH^- = Pb(OH)_2\downarrow$$

Чўкмага мўл ишқор эритмаси таъсир эттирилса $Pb(OH)_2$ эриб, натрий плюмбит Na_2PbO_2 ҳосил қилади:

$$Pb(OH)_2\downarrow+2NaOH = Na_2PbO_2+2H_2O$$

$$H_2PbO_2+2OH^- = PbO_2^{2-}+2H_2O$$

Қўрғошин (II) гидроксид чўкмаси мўл аммиак эритмаси 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 H_2SO_4 ва сулфатлар** Pb^{2+} катионлари билан $PbSO_4$нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Pb(NO_3)_2+H_2SO_4 = PbSO_4\downarrow+2HNO_3$$
$$Pb^{2+}+SO_4^{2-} = PbSO_4\downarrow$$

Қўрғошин тузининг эритмасидан 2-3 томчи олиб, устига сулфат кислота эритмасидан ёки бирор сулфатлар эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритма муҳитининг pH<7 бўлганда ўтказилади;
- эритмада органик кислоталарнинг аммонийли тузларининг иштироки, чўкма тушишига халақит беради, чунки $PbSO_4$ уларда эрийди;
- сулфат иони билан чўкма берувчи катионлар: Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+} ва бошқалар эритмадан аввал йўқотилиши лозим.

3. **Калий йодид KI** қўрғошин (II) катионлари билан кам эрувчан PbI_2 нинг сариқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Pb(NO_3)_2+2KI = PbI_2\downarrow+2HNO_3$$
$$Pb^{2+}+2I^- = PbI_2\downarrow$$

Сирка кислота эритмаси билан кислотали муҳитга келтирилган қўрғошин тузи эритмасидан 2-3 томчисига совутиб туриб, шунча томчи калий йодид эритмаси қўшилади. Тилла рангли сариқ чўкма тушиши кузатилади.

Реакциянинг бориш шароити:

- тажрибани эритма pH қийматини сирка кислота қўшиш йўли билан 3-5 га келтириб ўтказилади;
- ҳосил бўлган чўкма PbI_2 мўл миқдордаги KI эритмасида комплекс бирикма $K_2[PbI_4]$ 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:

$$Pb(NO_3)_2+K_2CrO_4 = PbCrO_4\downarrow+2KNO_3$$
$$Pb^{2+}+CrO_4^{2-} = PbCrO_4\downarrow$$

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 $(C_6H_5)_2N_4H_2CS$** 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 текширилаётган 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 мустаҳкам 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:

$$Hg_2(NO_3)_2+2NaOH = Hg_2O\downarrow+2NaNO_3+H_2O$$
$$Hg_2^{2+}+2OH^- = Hg_2O\downarrow+H_2O$$

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_4OH** симоб (I) нитрат эритмасига таъсир эттирилса $[NH_2Hg_2]NO_3$ таркибли оқ чўкма ҳосил бўлади:

$$Hg_2(NO_3)_2+2NH_4OH = [NH_2Hg_2]NO_3\downarrow+NH_4NO_3+2H_2O$$

Симоб (I) нитрат тузи эритмасидан 4-5 томчисига 3-4 томчи NH_4OH қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлади. Бу чўкма эркин ҳолдаги симобнинг қора чўкмасини ҳосил қилиб парчаланади.

$$[NH_2Hg_2]NO_3 =[NH_2Hg]NO_3+Hg\downarrow$$

3. **Мис метали** симоб (I) тузларидан кулранг симобни сиқиб чиқаради:

$$Hg_2(NO_3)_2+Cu = 2Hg\downarrow+Cu(NO_3)_2$$

Жилвир қоғоз билан тозаланган мис пластинкаси (мис танга ишлатса ҳам бўлади)га бир томчи $Hg_2(NO_3)_2$ эритмасидан томизилади. Металлик симобнинг кулранг доғи ҳосил бўлиши кузатилади. Шу доғни филтр қоғози билан ишқаланса кумушсимон ялтироқ бўлиб қолади.

Тажрибани 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_2CrO_4** симоб (I) тузлари билан ўзаро таъсирлашиб, Hg_2CrO_4 нинг қизил чўкмасини ҳосил қилади:

$$Hg_2(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = Hg_2CrO_4\downarrow + 2KNO_3$$
$$Hg_2^{2+} + CrO_4^{2-} = Hg_2CrO_4\downarrow$$

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** $(C_6H_5)_2N_4H_2CO$ 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 1 томчи қўшилади. Сўнг дифенилкарбазондан 1 томчи томизилади. Агар текширилаётган эритмада Hg_2^{2+} катионлари бўлса, томчилар кўк ёки зангори тусга киради.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- дифенилкарбазон билан шундай ранг ҳосил қилувчи симоб (II) катионлари ва CrO_4^{2-} анионлари эритмадан йўқотилади;
- нейтрал ва сирка кислотали эритмаларда Cu^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{2+} катионлари ҳам шу реагент билан рангли бирикмалар ҳосил қилганлиги учун симоб (I) ни очишда текширилаётган 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).

14-жадвал

V гуруҳ катионларининг реакциялари

Реагентлар	Катионлар		
	Ag^+	Pb^{2+}	Hg_2^{2+}
NaOH ёки KOH	Қўнғир чўкма Ag_2O	Оқ чўкма $Pb(OH)_2$	Қора чўкма Hg_2O
NH_4OH	Қўнғир чўкма Ag_2O	Оқ чўкма $Pb(OH)_2$	Қора чўкма Hg^+ симобнинг амидо бирикмаси
H_2SO_4	Оқ чўкма Ag_2SO_4	Оқ чўкма $PbSO_4$	Оқ чўкма Hg_2SO_4
H_2S ёки $(NH_4)_2S$ ёки $Na_2S_2O_3$	Қора чўкма Ag_2S	Қора чўкма PbS	Қора чўкма HgS+Hg
KI	Сариқ чўкма AgI	Тилласимон-сариқ чўкма PbI_2	Яшил чўкма Hg_2I_2
Na_2HPO_4	Сариқ чўкма Ag_3PO_4	Оқ чўкма $Pb_3(PO_4)_2$	Оқ чўкма Hg_2HPO_4
K_2CrO_4 ёки $K_2Cr_2O_7$	Қизил-қўнғир чўкма Ag_2CrO_4	Сариқ чўкма $PbCrO_4$	Қизил чўкма Hg_2CrO_4
Қайтарувчилар	Ag	Pb	Hg

Конуссимон пробиркага текширилаётган аралашма эритмасидан 20-30 томчи солиб, устига аралаштириб 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 $PbCl_2$ (иссиқ сувда эрувчан бўлганлиги учун) эритмага-центрифугат (II) га ўтади, кумуш хлорид AgCl ва симоб (I)-хлорид Hg_2Cl_2 чўкма (II) да қолади.

Центрифугат (II) дан Pb^{2+} катиони топилса, чўкма (II) дан Ag^+ ва Hg_2^{2+} катионлари топилади.

1. **Pb^{2+} катионини топиш.** Центрифугат (II) дан 3-5 томчисини пробиркага солиб, устига шунча томчи калий йодид эритмасидан қўшилади. Текширилаётган эритмада Pb^{2+} катионлари бўлса, сариқ чўкма PbI_2 ҳосил бўлади, бу чўкма иситилганда эрийди, совутилганда эса қайтадан тилласимон-сариқ кристаллар ҳолида чўкади.

2. **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 AgCl аммиак эритмаси таъсирида эриб, комплекс туз ҳолида эритмага ўтади, $[HgNH_2]Cl$ тузи ва симоб металли чўкмага тушади. Чўкма (3)дан центрифугаланиб, центрифугат (III) ажратиб олинади, бу эритмадан Ag^+ катионлари топилади. Чўкма (III) текширилмай, ташлаб юборилади.

3. **Ag^+ катионини топиш.** Центрифугат (III) ни иккита пробиркага бўлиб, солинади. Улардан бирига калий йодид KI эритмасидан қўшилади, иккинчи пробиркадаги эритмага HNO_3 эритмаси қўшилади.

15-жадвал

Бешинчи гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби

1.Текширилаётган эритма совуқ ҳолда HCl нинг 2N эритмаси билан ишланади, чўкма (I) центрифугат (I) дан ажратилади.	
2.Центрифугат (I) текширилмай, ташлаб юборилади.	3.Чўкма (I): AgCl, Hg_2Cl_2, $PbCl_2$ Иссиқ сув қўшиб, аралаштириш центрифугаланиб, чўкма (II) центрифугат (II) дан ажратилади.
4.Центрифугат (II): Pb^{2+} Pb^{2+} катиони KI эритмаси ёки K_2CrO_4 нинг сирка кислота иштирокидаги эритмаси ёрдамида топилади.	5.Чўкма (II): AgCl, Hg_2Cl_2 2N аммиак эритмаси билан ишланади.Центрифугат (III) ни чўкма(III)дан ажратилади.
6.Центрифугат (III): $[Ag(NH_3)_2]^+Ag^+$ ионлари KI ёки HNO_3 эритмаси ёрдамида топилади.	7.Чўкма (III): $[NH_2Hg]Cl+Hg$ Қора рангли чўкма текширилаётган эритмада Hg_2^{2+} катиони борлигидан далолат беради.

Центрифугат таркибида Ag^+ катионлари бўлса, биринчи пробиркада кумуш йодиднинг сариқ чўкмаси тушади, иккинчи пробиркада эса кумуш хлорид AgCl нинг оқ чўкмаси ҳосил бўлади.

$$[Ag(NH_3)_2]Cl+2HNO_3=AgCl\downarrow+2NH_4NO_3$$

Шундай қилиб, системали анализ қилиш тартиби бўйича V гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш ниҳоясига еткизилади.

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, NH_4^+ катиони бор-йўқлиги аниқланади;

в) Текширилаётган эритманинг озгина улушига $K_3[Fe(CN)_6]$ реагенти таъсир эттириб, Fe^{2+} катиони бор-йўқлиги аниқланади;

г) Текшириладиган аралашма эритмасидан 2-3 томчи олиб, унга $K_4[Fe(CN)_6]$ ёки NH_4SCN (хлорид кислота иштирокида) таъсир эттириб 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, сулфидлар, 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 HCl, H_2S, $(NH_4)_2S$ ва $(NH_4)_2CO_3$ 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 HCl нинг 2N эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма (I) центрифугат (I)дан ажратилади:

16- жадвал

I – V гуруҳлар катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби

<table>
<tr><td colspan="6">Дастлабки синовлар: текширилаётган эритманинг айрим улушларидан NH^{4+}, Fe^{2+} ва Fe^{3+} катионларини топиш.</td></tr>
<tr><td colspan="6">V гуруҳ катионларини HCl таъсирида чўктириб, ажратиш.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Центрифугат (I): Cu^{2+}, Cd^{2+}, Bi^{3+}, As, Sb, Sn ионлари, Hg^{2+}, I-III гуруҳ катионлари, ортиқча HCl Sn^{2+}ни H_2O_2 таъсирида Sn^{4+} га оксидлаш, IV гуруҳ катионларини H_2S таъсирида чўктириш.</td><td rowspan="5">Чўкма (I) AgCl, Hg_2Cl_2 $PbCl_2$. V гуруҳ катионлари аралашмасининг анализ қилиш тартиби бўйича (13.5.) текширилади.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Чўкма (II): CuS, CdS, Bi_2S_3, As_2S_3, Sb_2S_3, SnS, эрикин олтингугурт. Мис гуруҳчаси катионларини мишяк гуруҳчаси катионларидан $(NH_2)_2S$ таъсирида чўктириб ажратиш.</td><td rowspan="4">Центрифугат (II): III, II,I гуруҳ катионлари H_2S ни эритмани буғлатиш орқали йўқотиш I-III гуруҳ катионлари аралашмасини анализ қилиш тартиби бўйича (11.11) текширилади.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Центиругат (III): Ass_3^{3-}, SbS_4^{3-}, SnS_2^{2-}, ортиқча $(NH_4)_2S$. Сулфотузларни кислота (HCl ёки CH_3COOH) таъсирида парчаланади.</td><td rowspan="3">Чўкма (IH): CuS, HgS, Bi_2S_3, CdS. Чўкмага HNO_3 таъсир эттириб эритилади. Cu^{2+} ни NH_3 эритмаси таъсир эттириб аниқланади. (12.12).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Чўкма (V): As_2S_3, Sb_2S_3, SnS_2 HgS(S). As ва Hg ни Sb ва Sn дан концентрланган HCl таъсирида ажратиш.</td><td rowspan="2">Центрифугат (IV): CH_3CO-OH, $CH_3CO-ONa$, H_2S Текширилмайди.</td></tr>
<tr><td>Чўкма(V): As_2S_3, HgS(S). As ни Hg^{2+}дан $(NH_4)_2CO_3$ таъсирида ажратиш.</td><td>Центирфугат(V): $[SbCl_6]^{3-}$, $[SnCl_6]^{2-}$, HCl. Sb^{3+} ни темир қириндиси ёрдамида аниқлаш.</td></tr>
<tr><td>Чўкма (VI): HgS уни HCl ва KI иштирокида эритиш Hg^{2+}ни NH_4OH ёрдамида топиш.</td><td>Центрифугат (VI): AsO_3^{3-}, AsS_3^{3-}, ортиқча $(NH_4)_2CO_3$. As ни топиш.</td><td>Чўкма (VII): металлик Sb текширилмайди.</td><td>Центрифугат (VII): Sn^{2+}Ч NaOH ва висмут тузи ёрдамида Sn^{2+} топилади.</td></tr>
</table>

Чўкма I:AgCl, Hg_2Cl_2, $PbCl_2$	Центрифугат IIV, III, II, I гуруҳ катионлари, 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 HCl бўлган центрифугат (I) га IV гуруҳ катионлари аралашмасининг анализи тартиби (12.12) да кўрсатилгандек водород сулфид гази юборилади. Ҳосил бўлган чўкма (II) ни центрифугат (II) дан ажратилади.

Чўкма II:IV гуруҳ катионларининг сулфидлари ва олтингугуртли бирикмалари	Центрифугат (II):III, II, I гуруҳ катионлари, ортиқча HCl, H_2S

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 сулфидни 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 $[Ag(NH_3)_2]^+$ га Cl^- иони таъсир эттирилганда чўкма ҳосил бўлмайди-ю, I^- иони таъсир эттирилганда нима учун чўкма тушади?

7. AgCl, AgBr ва AgI тузлари аралашмасига аммиакнинг сувдаги эритмаси таъсир эттирилса қандай ҳодисалар кузатилади?

8. Қўрғошин(II) сулфат чўкмасига мўл сулфат 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?

A) Хлорид кислота таъсирида;
B) Сулфат кислота таъсирида;
C) Иссиқ сув таъсирида;
Д) Аммиак таъсирида;
E) Сирка кислота таъсирида.

2. Кумуш ва симоб(I)нинг хлоридларини бир-биридан қандай реагент ёрдамида фарқлаш мумкин?

A) Иссиқ сув таъсирида;
B) Аммиак эритмаси таъсирида;
C) Хлорид кислота таъсирида;
Д) Калий йодид эритмаси таъсирида;
E) Сулфат кислота таъсирида.

3. Кумуш хлорид билан аммиак эритмаси ўртасидаги ўзаро таъсир реакцияси тенгламасини (ион-молекуляр шаклда) ёзинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.

A) 5;
B) 4;
C) 6;
Д) 7;
E) 10.

4. Аммиак эритмаси билан симоб (I) хлорид орасидаги реакция тенгламасини (ион-молекуляр шаклда) ёзиб, коэффициентлар йиғиндисини топинг.

A) 5;
B) 4;
C) 6;
Д) 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;
Д) 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) $Hg_2(OH)_2$;
B) Hg_2O;
C) $[HgNH_3]Cl$;
Д) $[HgNH_2]Cl+Hg$;
E) $[OHg_2NH_2]Cl$.

7. Кумуш хлорид билан аммиак эритмасининг мўл миқдори таъсирлашганда қандай кимёвий бирикмалар ҳосил бўлади? Уларнинг кимёвий формулаларини кўрсатинг.
A) AgOH;
B) Ag_2O;
C)$[Ag(NH_3)_2]$ Cl-сувда эрувчан;
D)$[Ag(NH_3)_2]$ Cl-сувда эримайди;
E) $[Ag(NH_3)_2]OH$.

8. V гуруҳ катионлари сақловчи эритмага эквивалент миқдорда ишқор таъсир эттирилса ҳосил бўладиган бирикмаларнинг кимёвий формулаларини кўрсатинг.
A) AgOH, $Hg_2(OH)_2$, $Pb(OH)_2$;
B) Ag_2O, Hg_2O, $Pb(OH)_2$;
C) $Pb(OH)_2$, Ag_2O, $Hg(OH)_2$;
Д) Hg_2O, AgOH, $Pb(OH)_2$;
E) HgOH, HgO, PbO.

9. 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. 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) сулфатнинг оқ чўкмаси ҳосил бўладиган реакция.

11. Қўрғошин (II) йодиднинг сариқ чўкмасини мўл ишқор эритмаси билан ишлаганда қандай аналитик эффект кузатилади?

А) Чўкма плюмбит ион 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) $Na_2[PbI_4]$ комплекс бирикмаси ҳосил бўлади.

12. Қўрғошин (II) хроматнинг сариқ чўкмаси мўл ишқор эритмаси билан ишлов берилганда қандай аналитик эффект кузатилади?

А) 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 эримайди;

С) Оқ чўкма эрийди, сўнгра сариқ чўкма тушади;

Д) Чўкма эриб, эритма сариқ рангга 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 сулфат-ион SO_4^{2-}, сулфит-ион SO_3^{2-}, карбонат-ион CO_3^{2-}, фосфат-ион PO_4^{3-}, силикат-ион SiO_3^{2-}, тиосулфат-ион $S_2O_3^{2-}$ ва бошқа анионлар киради (4-жадвал).

Биринчи анионлар гуруҳининг умумий гуруҳ реагенти—барий хлорид $BaCl_2$ I гуруҳ анионлари фақат нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитда чўктиради. Ba^{2+} катиони билан биринчи гуруҳ анионлари сувда кам эрийдиган, лекин суюлтирилган минерал кислоталарда ҳам осон эрийдиган (барий сулфат $BaSO_4$ дан ташқари) тузлар ҳосил қилади.

Биринчи гуруҳ анионларини очиш муҳим амалий аҳамиятга эга, уларнинг бирикмалари қишлоқ хўжалигида кенг миқёсда қўлланилади. K_2SO_4, $(NH_4)_2SO_4$ минерал ўғитлар таркибига киради, мис купороси $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ва темир купороси $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ қишлоқ хўжалигида ўсимликлар зараркунандаларига қарши курашда ишлатилади.

Тупроқда $CaCO_3$, $MgCO_3$ лар бошқа карбонатларга нисбатан кўпроқ бўлади, ишқорий металларнинг карбонатлари жуда оз миқдорда бўлади. Калций карбонат, доломит ($CaCO_3$ЧMgCO_3$) кислотали тупроқларни нейтраллаш учун ишлатилади.

Тупроқда шунингдек, фосфатлар бўлиб, бир қисми ўсимликлар ўзлаштира оладиган ҳолатда бўлади. Фосфор ўсимликлар озиқланиши учун зарур элементлардан ҳисобланган 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 $Ca_3(PO_4)_2$ киради, минерал ўғитлардан преципитат – $CaHPO_4$ дан, суперфосфат – $Ca(H_2PO_4)_2$ дан иборат. Ҳайвонларда фосфатларнинг кўпроқ миқдори суяклар таркибида бўлади.

Кремний бирикмалари баъзибир ўсимликларда, масалан, донли ўсимликлар танасида тўпланади. Тупроқда силикатларнинг етишмаслигидан маккажўхори, арпа, лавлаги, каби ўсимликларни ўсиши секинлашади.

14.2. Сулфат аниони SO_4^{2-} нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда сулфат кислотанинг сувда яхши эрийдиган тузларини рангсиз эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Барий хлорид $BaCl_2$** SO_4^{2-} анионлари билан таъсирлашиб, $BaSO_4$ нинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади.

$$Na_2SO_4+BaCl_2 = BaSO_4\downarrow+2NaCl$$
$$SO_4^{2-}+Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$$

Пробиркага натрий сулфат эритмасидан 4-5 томчи солиб, устига HCl нинг 6N эритмасидан 2-3 томчи ва $BaCl_2$ эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Бир дақиқада $BaSO_4$ 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 SO_4^{2-} гача оксидланувчи S^{2-} ионларини бўлиши реакцияга халақит беради;
- нейтрал муҳитда барий катионлари билан чўкма ҳосил бўлишида анионлар амалда SO_4^{2-} анионини очишга халақит бермайди.

2. **Қўрғошин оцетат $Pb(CH_3COO)_2$ ва бошқа Pb^{2+} тузлари** SO_4^{2-} анионлари билан $PbSO_4$ нинг оқ кристаллик чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2SO_4+Pb(CH_3COO)_2 = PbSO_4\downarrow+2NaCH_3COO$$

$$SO_4^{2-} + Pb^{2+} = PbSO_4\downarrow$$

Пробиркадаги натрий сулфатнинг 4-5 томчи эритмаси-га, 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 $AgNO_3$** концентрланган эритмадаги SO_4^{2-} анионлари билан Ag_2SO_4 нинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2SO_4 + 2AgNO_3 = Ag_2SO_4\downarrow + 2NaNO_3$$
$$SO_4^{2-} + 2Ag^{2+} = Ag_2SO_4\downarrow$$

Ҳосил бўлган чўкма нитрат кислотада эрийди.

Пробиркага натрий сулфатнинг 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;
- Ag_2SO_4 чўкмаси фақат концентрланган эритмалардан ҳосил бўлади (Ag_2SO_4 нинг эрувчанлиги $2,6 \cdot 10^{-2}$ мол/л).

4. **Барий родизонат** SO_4^{2-} аниони билан реакцияга киришганда бир дақиқада ўзининг қизил рангини йўқотиб, рангсизланади: бунда эримайдиган барий сулфат ҳосил бўлади:

$$BaC_6O_6 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + H_2C_6O_6$$

Филтр қоғози бўлагига 1 томчи $BaCl_2$ 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 SO_4^{2-} аниони сақловчи эритма билан қўлланса, шу заҳотиёқ барий родизонатнинг қизил ранги йўқолиб, рангсизланади. Бу реакция ўзига хос бўлиб, SO_4^{2-} анионлари учун селектив, яъни фақат сулфатларни топиш учун қўлланилади.

14.3. Сулфит аниони SO_3^{2-} нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни ўтказишда SO_3^{2-} нинг тузларининг сувли эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Барий хлорид $BaCl_2$** эритмадаги SO_3^{2-} анионлари билан барий сулфитнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2SO_3+BaCl_2 = BaSO_3\downarrow+2NaCl$$
$$SO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_3\downarrow$$

Ҳосил бўлган чўкма хлорид ва нитрат кислоталарида эриши натижасида олтингугурт (IV) оксиди ажралиб чиқади.

$$BaSO_3+2HCl = H_2O +SO_2\uparrow+BaCl_2$$

Пробиркага натрий сулфитнинг эритмасидан 4-5 томчи солиб, шунча миқдорда реагент эритмасидан қўшилса, оқ чўкма ҳосил бўлади.

Чўкма кислоталарда эритилганда ёнаётган олтингугурт қидига эга бўлган олтингугурт (IV) оксиди ажралиб чиқади.

2. **Йодли ёки бромли сувни** сулфит тузлари эритмалари рангсизлантиради.

$$Na_2SO_3+I_2+H_2O = Na_2SO_4+2HI$$
$$SO_3^{2-}+I_2+H_2O = SO_4^{2-}+2I^-+2H^+$$

Пробиркага 1-2 томчи йодли сувдан солинади, устига сулфат тузи эритмасидан 3-4 томчи ва 5 томчи H_2SO_4 эритмасидан қўшилади. Бунда қўнғир рангли йод эритмаси рангсизланади.

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни нейтрал ва кислотали муҳитларда олиб бориш мумкин. Муқит pH<7 бўлганда бу реакция тўлиқ боради. Ишқорий муҳитда I_2ни ранги диспропорция реакцияси ҳисобига рангсизланади;
- қайтарувчи-ионлар ва оксидловчи-ионларнинг эритмада бўлиши реакцияни кетишига халақит беради.

3. **Фуксин эритмаси** 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 сулфит тузининг нейтрал эритмасидан қўшилади. (Кислотали эритмалар $NaHCO_3$ билан, ишқорий эритмалар CO_2 газини фенолфталеин ранг-

сизлангунча ўтказиш билан нейтралланди). SO_3^{2-} аниони иштирокида фуксин эритмаси рангсизланади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- Реакцияни эритма муҳити pH=7-8 бўлганда ўтказилади;
- кислотали эритмалар даставвал натрий гидрокарбонат билан нейтралланади;
- S^{2-} анионларини эритмада бўлиши SO_3^{2-}ни топишга халақит беради, чунки S^{2-} ионлари қам фуксин эритмасини рангсизлантиради.

14.4. Тиосулфат аниони $S_2O_3^{2-}$ нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни бажаришда $Na_2S_2O_3$ нинг сувдаги эритмасидан фойдаланилади.

1. Барий хлорид $BaCl_2$ эритмадаги $S_2O_3^{2-}$ ионлари билан барий тиосулфатнинг оқ рангли чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2S_2O_3+BaCl_2 = BaS_2O_3\downarrow+2NaCl$$
$$S_2O_3^{2-}+Ba^{2+}= BaS_2O_3\downarrow$$

Натрий тиосулфат эритмасининг 5-6 томчисига $BaCl_2$ эритмасидан 8-10 томчи қўшилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- Реакция мўл миқдорда $BaCl_2$ эритмаси қўшилганда боради.
- Чўкма ҳосил бўлиши учун пробирканинг суюқлик бор қисмидаги ички девори шиша таёқча билан ишқалаб турилади.

2. Кислоталар тиосулфат эритмаларига таъсир эттирилганда олтингугурт ва сулфит ангидрид ҳосил бўлади:

$$Na_2S_2O_3+H_2SO_4 = Na_2SO_4+S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$$

Пробиркадаги натрий тиосулфат эритмасининг 5-6 томчисига сулфат кислотанинг 2N эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Маълум вақтдан кейин аралашманинг лойқаланиши кузатилади.

Сулфидлар кислоталар таъсир эттирилганда SO_2 ажратиб чиқарса ҳам, олтингугурт ҳосил қилмайди. Шунинг учун бу реакция SO_3^{2-} иштирокида $S_2O_3^{2-}$ ни топишга имкон беради ва тиосулфат анионининг энг муҳим реакцияларидан бири ҳисобланади.

3. Темир (III) хлорид тиосулфат эритмалари билан тўқ бинафша рангли комплекс бирикма ҳосил қилади:

$$FeCl_3+2Na_2S_2O_3 = Na[Fe(S_2O_3)_2]+3NaCl$$
$$Fe^{3+}+2S_2O_3^{2-} = [Fe(S_2O_3)_2]^-$$

Пробиркага 2-3 томчи натрий тиосулфат 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 қўшиладиган $FeCl_3$ эритмаси кислотали муҳит ҳосил қилади;
- оксидловчилар ва қайтарувчилар реакцияни боришига халақит беради;
- SO_3^{2-} аниони $FeCl_3$ билан бинафша ранг бермайди. Темир(III) хлорид эритмаси билан тўқ бинафша ранг ҳосил қилиш фақат $S_2O_3^{2-}$ анионига хосдир.

14.5. Карбонат аниони CO_3^{2-}нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни Na_2CO_3, K_2CO_3 ва $(NH_4)_2CO_3$ ларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. Барий хлорид $BaCl_2$ эритмадаги CO_3^{2-} анионлари билан барий карбонатнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2CO_3+BaCl_2 = BaCO_3\downarrow+2NaCl$$
$$CO_3^{2-}+Ba^{2+} = BaCO_3\downarrow$$

Ҳосил бўлган чўкма хлорид, нитрат кислоталарда ва ҳаттоки сирка кислотада ҳам эрийди.

Пробиркадаги натрий карбонатнинг 4-5 томчисига $BaCl_2$ эритмасидан 4-5 томчи томизилади. Оқ чўкма тушиши кузатилади.

Тажрибани бажариш шароити:

- эритманинг муҳити нейтрал ёки кучсиз ишқорий бўлиши керак;
- реакцияни боришига эритмадаги SO_4^{2-}, SO_3^{3-} анионлар халақит беради, чунки улар қам Ba^{2+} катионлари билан оқ чўкма ҳосил қилади.

2. **Кислоталар** карбонат тузларини карбонат ангидрид гази ҳосил қилиш билан парчалайди.

$$Na_2CO_3+2HCl = 2NaCl+H_2O+CO_2\uparrow$$
$$CO_3^{2-}+2H^+ = H_2O+CO_2\uparrow$$

Газ ўтказувчи найли пробиркага 2-3 мл карбонат тузи эритмасидан солиб, устига шунча ҳажмда HCl нинг 2N эритмасидан қўшилади. Чиқаётган газ иккинчи пробиркадаги оҳакли сувнинг тиниқ эритмаси орқали ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойҳаланиши кузатилади.

$$Ca(OH)_2+CO_2 = CaCO_3\downarrow+H_2O$$

Тажрибани бажариш шароити:

- реакцияни эритмадаги муҳит pH<7 бўлганда ўтказилади;
- оҳакли сув янги тайёрланган ва тиниқ бўлиши керак;
- SO_3^{2-} анионлари бу реакцияни бажаришга халақит беради, чунки эритмадаги SO_3^{2-} ионлари кислота таъсирида SO_2 ажратиб чиқаради, сулфит ангидриди ҳам оҳакли сувни лойқатади. Эритмада SO_3^{2-} анионлари бўлса, CO_3^{2-} анионларни топишдан олдин текшириладиган эритмага 4-5 томчи водород пероксид қўшилади (SO_3^{2-} ни SO_4^{2-} гача оксидлаш учун), сўнг CO_3^{2-} анионини топишга киришилади.

14.6. Фосфат аниони 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:

$$Na_2HPO_4+BaCl_2 = BaHPO_4\downarrow+2NaCl$$
$$HPO_4^{2-}+Ba^{2+} = BaHPO_4\downarrow$$

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:

$$Na_2HPO_4+ NH_4OH+MgCl_2 = MgNH_4PO_4\downarrow+2NaCl+H_2O$$
$$HPO_4^{2-}+ NH_4OH+Mg^{2+} = MgNH_4PO_4\downarrow+H_2O$$

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 халақит беради.

3. **Молибден суюқлиги (аммоний молибдат $(NH_4)_2MoO_4$ нинг нитрат кислотадаги эритмаси)** PO_4^{3-} анионлари билан сариқ кристаллик чўкма-аммоний 12-молибдо фосфатни ҳосил қилади:

$$Na_2HPO_4+12(NH_4)_2\ MoO_4+23HNO_3 =$$
$$=(NH_4)_3H_4[P(Mo_2O_7)_6]\downarrow+2NaNO_3+21NH_4NO_3+10H_2O$$

$$HPO_4^{2-}+3NH_4^{+}+12MoO_4^{2-}+23H^{+} =$$
$$=(NH_4)_3\,H_4[P(Mo_2O_7)_6]\downarrow+10H_2O$$

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 40^0-50^C гача иситилади. Сариқ чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакцияни эритма pH<1 да ўтказилади;
- эритмани илигунча иситиш чўкма ҳосил бўлишига имконият яратади;
- анион-қайтарувчилар ва HCl реакцияни боришига ҳалақит беради;
- бир исмли ион сақловчи NH_4NO_3 ва ортиқча молибдатнинг қўшилиши чўкма ҳосил бўлишини тезлаштиради.

14.7. Силикат аниони SiO_3^{2-} нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни ўтказишда сувдаги эритмалари рангсиз бўлган Na_2SiO_3 ва K_2SiO_3 лардан фойдаланилади.

1. **Барий хлорид $BaCl_2$** эритмадаги SiO_3^{2-} ионлари билан барий силикатнинг оқ чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2SiO_3+BaCl_2 = BaSiO_3\downarrow+2NaCl$$
$$SiO_3^{2-}+Ba^{2+} = BaSiO_3\downarrow$$

Натрий силикат эритмасининг 5-6 томчисига $BaCl_2$ 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:

$$Na_2SiO_3+HCl = H_2SiO_3\downarrow+2NaCl$$
$$SiO_3^{2-}+H^{+} = H_2SiO_3\downarrow$$

Натрий силикатнинг 5-6 томчи эритмасига HCl эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ сузмасимон чўкма ҳосил бўлиши кузатилади.

3. **Аммоний тузлари (NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_2CO_3$)** силикатлар эритмаларига таъсир эттирилганда силикат кислотанинг ивиқсимон чўкмаси ҳосил бўлади. Сувли эритмаларда силикатлар осон гидролизланади:

$$Na_2SiO_3+2H_2O \rightleftharpoons H_2SiO_3+2NaOH$$

Қўшиладиган аммоний тузи гидролиз маҳсулотларидан бири—натрий гидроксид билан реакцияга киришади.

$$NH_4Cl+NaOH = NH_4OH+NaCl$$

Шу сабабли гидролиз мувозанати силикат кислотани ҳосил бўлиши томонига силжийди, кўп миқдорда H_2SiO_3 ни ҳосил бўлиши чўкма тушишига олиб келади.

$$Na_2SiO_3+2H_2O+2NH_4Cl = H_2SiO_3\downarrow+2NaCl+2\ NH_4OH$$

Пробиркага 4-5 томчи натрий силикат Na_2SiO_3 эритмасидан солиб, 4-5 томчи дистилланган сув қўшилади ва аммоний хлорид NH_4Cl кристалларидан 2-3 дона солинади, сўнг сув ҳаммомида иситилади. Натижада силикат кислотанинг ивиқ чўкмаси ҳосил бўлади.

Тажрибани ўтказиш шароити:

- реакция мўл миқдордаги NH_4Cl 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 $BaCl_2$ бу гуруҳ анионларининг умумий гуруҳ реагенти бўлиб, бу анионлар гуруҳ реагенти таъсирида оқ кристаллик чўкмалар ҳосил қилади.

17- жадвал

Биринчи гуруҳ анионларининг реакциялари

Реагентлар	Анионлар					
	SO_4^{2-}	SO_3^{2-}	$S_2O_3^{2-}$	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}	SiO_3^{2-}
$BaCl_2$ Нейтрал ёки кучсиз ишқорий Чўкманинг HCl га муносабати	Оқ чўкма $BaSO_4$ эримайди	Оқ чўкма $BaSO_3$ эрийди	Оқ чўкма BaS_2O_3 эрийди	Оқ чўкма $BaCO_3$ эрийди	Оқ чўкма $BaHPO_4$ эрийди	Оқ чўкма $BaSiO_3$ парчаланади
Магнезиал аралашма $MgCl_2+NH_4OH+NH_4Cl$	-	-	-	-	Оқ чўкма $Mg\ NH_4PO_4$	Оқ чўкма $MgSiO_3$
Молибден суюқлиги $(NH_4)_2MoO_4+HNO_3$	-	-	-	-	Сариқ чўкма $(NH_4)_3H_4[P(Mo_2O_7)_6]$	-
Кислоталар	-	SO_2 ажралиб чиқади	SO_2+S ажралиб чиқади	CO_2 ажралиб чиқади	-	H_2SiO_3 чўкмага тушади.
Аммоний тузлари NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$	-	-	-	-	-	H_2SiO_3 чўкмаси
Фуксин	-	Қизил рангни рангсизлантиради	-	-	-	-

Анионларни аралашма таркибидан топишда уларнинг ўзига хос аналитик реакцияларидан фойдаланилади.

Даставвал, эритмада биринчи гуруҳ анионлари борлиги гуруҳнинг умумий реагенти $BaCl_2$ таъсирида текширилади. Текширилаётган нейтрал ёки кучсиз ишқорий муҳитга келтирилган эритмадан 3-5 томчи олиб, устига 5-7 томчи $BaCl_2$ нинг 0,5N эритмасидан қўшилади. Оқ чўкманинг ҳосил бўлиши биринчи гуруҳ анионлари борлигини билдиради.

1. **Сулфат ион SO_4^{2-} ни топиш.** Текширилаётган эритмадан 4-5 томчи олиб, устига HNO_3 нинг 2N эритмасидан 6-8 томчи ва $BaCl_2$ нинг 2N эритмасидан 3-4 томчи қўшилади. Оқ кристалл чўкма қосил бўлиши ва бу чўкманинг хлорид кислотада эримаслиги SO_4^{2-} аниони иштирокидан далолат беради.

2. **Сулфит ион SO_3^{2-} ни топиш.** Пробиркага текширилаётган аралашма эритмасидан 4-5 томчи улуш олиб, 2-3 томчи HCl ни 2N эритмасидан қўшилади. Сўнг шу пробиркага крахмал билан кўк тусга киритилган йод эритмасидан бир неча томчи қўшилади. Эритмани рангсизланиши текширилаётган эритмада SO_3^{2-} анионлари борлигини кўрсатади.

3. **Тиосулфат ион $S_2O_3^{2-}$ ни топиш.** Текширилаётган эритмадан 2-3 томчи олинади ва унга темир (III)- хлорид эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Тўқ-бинафша ранг ҳосил бўлиши $S_2O_3^{2-}$ борлигини кўрсатади.

4. **Карбонат анион CO_3^{2-} ни топиш.** Текширилаётган эритмада $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-} иони борлиги маълум бўлса, унда бу анионларни сулфат ион 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 CO_2 оҳакли сувдан ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойқаланиши карбонат ион CO_3^{2-} иштирокини кўрсатади.

5. **Силикат ион SiO_3^{2-} ни топиш.** Пробиркага текширилаётган эритма улуши (6-8 томчи)дан соламиз, унга NH_4Cl кристалларидан бир нечтасини ташлаймиз ва оҳиста ситамиз. Оқ ивиқсимон чўкманинг ҳосил бўлиши, SiO_3^{2-} аниони борлигидан далолат беради.

6. **Фосфат – ион PO_4^{3-} ни топиш.** Пробиркага аммоний молибдат $(NH_4)_2MoO_4$ эритмасидан 7-8 томчи солинади ва устига HNO_3 нинг 6N эритмасидан 6-7 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган аралашмага текширилаётган эритмадан 5-6 томчи томизилиб, озгина иситилади. 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 сулфатларни 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, сулфид ва хлорид анионлари;

С) Сулфат, карбонат, сулфит, фосфат, тетраборат, силикат, тиосулфат анионлари;

Д) Сулфат, карбонат, нитрат, сулфид;

Е) Нитрит, фосфат, силикат, сулфид, 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 кислотада эримайди?

A) Барий карбонат;
B) Барий сулфат;
C) Барий сулфит;
Д) Барий фосфат;
E) Барий тиосулфат.

4. Силикат кислотани нимада эритиш мумкин?

A) Суюлтирилган минерал кислотада;
B) Сирка кислотада;
C) Ишқорларда;
Д) Сувда;
E) Концентрланган нитрат кислотада.

5. Фосфат аниони учун қандай реакция хос ҳисобланади?

A) Йодли сув билан;
B) Барий нитрат билан;
C) Барий хлорид билан;
Д) Молибден суюқлиги билан;
E) Фуксин билан.

6. Силикат анионини қандай реакция ёрдамида топиш мумкин?

A) Кумуш нитрат билан;
B) Барий хлорид билан;
C) Молибден суюқлиги билан;
Д) Фуксин билан;
E) Аммоний тузлари билан иситилганда.

7. Карбонат анионини қандай реагент билан ва қандай шароитда топиш мумкин?

A) Калий перманганат билан кислотали муҳитда;
B) Кислотали муҳитда CO_2 ҳолида ажратиш ва бу газни оҳакли сувдан ўтказиш билан;
C) Кумуш нитрат билан кислотали муҳитда;
Д) Барий хлорид билан кислотали муҳитда;
E) Магнезиал аралашма билан нейтрал муҳитда.

8. Сулфит анионини қандай реакция топишга имкон беради?

A) Кислотали муҳитда барий хлорид билан;
B) Кислотали муҳитда кумуш нитрат билан;
C) Оҳакли сув билан;
Д) Кислотали муҳитда йодли сув билан;
E) Кислотали муҳитда молибден суюқлиги билан.

9. Карбонат анионни сулфит иони иштирокида қандай очиш мумкин?
A) Оҳакли сув билан;
B) Йодли сув билан;
C) Аввал сулфит анионни водород пероксид билан оксидланади, сўнг кислотали муҳитда CO_2 ажратилиб, уни оҳакли сув орқали ўтказилади;
Д) Эритма буғлатилади ва сулфит анион термик парчаланади;
E) Фуксин эритмаси билан.

10. Кислотали муҳитда иситиш билан силикат анионини топиш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?
A) Оқ кристаллик чўкма тушади;
B) Оқ аморф чўкма тушади;
C) Сариқ кристаллик чўкма тушади;
Д) Эритма сариқ тусга киради;
E) Ивиқ гел ҳолидаги чўкма тушади.

11. Сулфит анионини кислотали муҳитда йодли сув билан топишда қандай аналитик эффект кузатилади?
A) Эритманинг қўнғир туси рангсизланади;
B) Эритма пушти рангга киради;
C) Оқ чўкма ҳосил бўлади;
Д) Қўнғир чўкма ҳосил бўлади;
E) Эритма кўк тусга киради.

12. Фосфат анионини молибден суюқлиги билан аниқлаш реакцияси қандай аналитик эффект билан боради?
A) Қизил чўкма ҳосил бўлади;
B) Сариқ кристаллик чўкма тушади;
C) Оқ кристаллик чўкма тушади;
Д) Эритма сариқ тусга киради;
E) Газ ажралиб чиқади.

13. Магнезиал аралашма билан фосфат анионини аниқлашда кузатиладиган аналитик эффект қандай?

А) Сариқ чўкма тушади;
В) Эритма сариқ 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 анионлариининг умумий тавсифи

Анионларнинг иккинчи аналитик гуруҳига хлорид-ион Cl^-, бромид-ион Br^-, йодид-ион I^-, сулфид-ион S^{2-} ва баъзибир бошқа анионлар киради.

Бу анионлар Ag^+ катионлари билан сувда ва суюлтирилган нитрат кислотада эримайдиган тузлар ҳосил қилади. Иккинчи гуруҳ анионларининг умумий гуруҳ реагенти нитрат кислота иштирокидаги кумуш нитрат $AgNO_3$ ҳисобланади. I гуруҳ анионларининг кўпчилиги ҳам кумуш нитрат билан сувда эримайдиган тузлар ҳосил қилади, бироқ уларнинг ҳаммаси нитрат кислотада 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, $BaCl_2$ 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 NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ 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 озиқларида йод етишмаслиги инсонда бўқоқ касаллиги келиб чиқишига сабаб бўлади.

Сулфидлар ва водород сулфид табиатда оқсил моддаларнинг чириши (парчаланиши) ҳисобига ҳосил бўлади.

15.2. Хлорид аниони Cl^- нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни хлоридларнинг сувдаги рангсиз эритмаларидан фойдаланиб бажарилади.

1. **Кумуш нитрат $AgNO_3$** хлорид-ион Cl билан сувда ва кислоталарда эримайдиган оқ сузмасимон кумуш хлорид чўкмасини ҳосил қилади:

$$NaCl+AgNO_3 = AgCl\downarrow+NaNO_3$$
$$Cl^-+Ag^+ = AgCl\downarrow$$

Чўкма аммиакда эрийди, бунда кумушниниг комплекс тузи $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ҳосил бўлади.

Конуссимон пробиркага 2-3 томчи натрий хлорид эритмасидан олиб, устига $AgNO_3$ эритмасидан 1-2 томчи қўшилади. Ҳосил бўлган чўкмани центрафугада ажратиб, чўкма эриб кетгунча аммиак эритмасидан қўшилади. Ҳосил бўлган комплекс бирикмага нитрат кислота қўшилса, комплекс бузилади ва қайтадан кумуш хлорид чўкади:

$$AgCl+2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$$
$$[Ag(NH_3)_2]Cl+2HNO_3 = AgCl\downarrow+2NH_4NO_3$$
$$[Ag(NH_3)_2]Cl+2H^+=AgCl\downarrow+2NH_4^+$$

Тажрибани бажариш шароити:

— реакцияни нитрат кислотали муҳитда ўтказилади;

— бу реакцияни ўтказишга SCN^- ва CN^- анионлари халақит беради, чунки улар Ag^+ катиони билан ўхшаш чўкмалар беради.

2. **Кучли оксидловчилар** ($KMnO_4$, $KClO_3$ ва бошқалар) кислотали шароитда хлорид-ион Cl^- ни эркин хлоргача оксидлайди.

$$16HCl+2KMnO_4 = 5Cl_2\uparrow+2KCl+2MnCl_2+8H_2O$$
$$10Cl^- +2MnO_4^- +16H^+ = 5Cl_2\uparrow+2Mn^{2+}+8H_2O$$

Пробиркага Cl иони сақловчи эритмадан 5 томчи солиб, устига $KMnO_4$ нинг концентрланган эритмасидан 5 томчи, яна концентрланган H_2SO_4 дан 3-4 томчи қўшилади ва аралашма мўрили шкафда иситилади. Бунда, $KMnO_4$ эритмасининг пушти ранги қисман ёки тўлиқ рангсизланиши ва газ ҳолдаги хлор ажралиши кузатилади. Хлор газининг чиқаётганлиги ҳидидан ёки йод-крахмалли қоғоз (KI эритмаси ва крахмал клейстри шимдирилган филтр қоғози)нинг кўкаришидан билса бўлади. Пробирка оғзига нам йод-крахмалли қоғоз тутилганда хлор гази иштирокида элементар йод ажралиши ҳисобига қоғоз кўк рангга киради:

$$2KI + Cl_2 = 2KCl+I_2$$

Реакцияни ўтказиш шароити:

– Cl анионини оксидлаш реакциялари кучли кислотали муҳитда боради. Нейтрал муҳитда хлоридларнинг оксидланиши юз бермайди. Ишқорий муҳитда хлор ажралиб чиқмайди;

– оксидловчи сифатида $KMnO_4$ фойдаланилса, реакция кўргазмали 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 (NaBr, KBr эритмаларидан) фойдаланилади.

1. **Кумуш нитрат $AgNO_3$** бромид-ион Br лари билан оч сарғиш кумуш бромид чўкмасини ҳосил қилади:

$$NaBr+AgNO_3 = AgBr\downarrow+NaNO_3$$
$$Br^- +Ag^+ = AgBr\downarrow$$

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:

$$2KBr+Cl_2 = 2KCl+Br_2$$
$$2Br^-+Cl_2 = 2Cl^-+Br_2$$

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.

$$KI+AgNO_3 = AgI\downarrow+KNO_3$$
$$I^-+Ag^+ = AgI\downarrow$$

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 тиосулфат $Na_2S_2O_3$ таъсирида осонгина эритмага ўтади:

$$AgI+Na_2S_2O_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2]+NaI$$

2. **Қўрғошин (II) катиони Pb^{2+}нинг эрувчан тузлари** йодид анионлари билан тилларанг PbI_2 чўкмасини ҳосил қилади:

$$2KI + Pb(CH_3COO)_2 = PbI_2\downarrow+2KCH_3COO$$

$$2I^- + Pb^{2+} = PbI_2\downarrow$$

4-5 томчи калий йодид эритмасига шунча томчи қўрғошин ацетат эритмасидан қўшилади. Сариқ чўкма 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 (pH<7);

– KI нинг озгина ортиқчаси реакция боришига зарарли таъсир кўрсатмайди.

3. **Калий перманганат $KMnO_4$** йодид анионини эркин йодгача оксидлайди. I аниони хлорид ва бромид ионларига нисбатан осон оксидланади.

$$10KI+2KMnO_4+8H_2SO_4 = 5I_2+2MnSO_4+6K_2SO_4+8H_2O$$
$$10I^-+2MnO_4^-+16H^+ = 5I_2+2Mn^{2+}+8H_2O$$

Пробиркага 3-5 томчи KI эритмасидан солиб, устига H_2SO_4 нинг суюлтирилган эритмасидан бир неча томчи қўшилади, сўнг пробиркадаги эритмага $KMnO_4$ эиртмасидан 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 KNO_2, $NaNO_2$** лар ҳам I анионини кислотали муҳитда эркин йодгача оксидлайди.

$$2KI+2KNO_2+2H_2SO_4 = I_2+2NO\uparrow+2K_2SO_4+2H_2O$$

Калий йодид эритмасининг 1-2 томчисига шунча KNO_2 эритмасидан қўшилади, H_2SO_4 нинг 2N эритмаси билан аралашма кислотали муҳитга келтирилиб, сўнг 1-2 томчи крахмал эритмасидан қўшилади. Эркин 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;

– Br^- ионлари айни шароитда нитритлар таъсирида оксидланмайди;

– эркин йод томонидан оксидланадиган қайтарувчиларни бўлиши реакцияга ҳалақит беради.

15.5. Сулфид аниони S^{2-} нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни амалга оширишда сувда эрийдиган сулфидлар Na_2S, K_2S эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Кумуш нитрат $AgNO_3$** сульфид ионлари билан кумуш сулфиднинг қора чўкмасини ҳосил қилади:

$$Na_2S+2AgNO_3 = Ag_2S\downarrow+2NaNO_3$$
$$S^{2-}+2Ag^+ = Ag_2S\downarrow$$

Пробиркадаги 4-5 томчи натрий сулфид эритмасига $AgNO_3$ эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Қора чўкма ҳосил бўлиши кузатилади. Бу чўкма аммоний гидроксидда эримайди, лекин қайнатилганда суюлтирилган нитрат кислотада эрийди:

$$3Ag_2S+8HNO_3 = 3S\downarrow+2NO+6AgNO_3+4H_2O$$

2. **Калий перманганат $KMnO_4$** сулфид анионларини эркин олтингугуртгача оксидлайди.

$$5H_2S+2KMnO_4+3H_2SO_4 = 5S\downarrow+2MnSO_4+K_2SO_4+8H_2O$$
$$5S^{2-}+2MnO_4^-+16H^+ = 5S\downarrow+2Mn^{2+}+8H_2O$$

Пробиркага (газ ўтказувчи найли) текширилаётган аралашмадан солиб, HCl эритмасидан қуйилади, тезлик би-

лан газ ўтказувчи найли тиқин билан пробиркага оғзи бекитилади ва ажралаётган газни сулфат кислота қўшилган $KMnO_4$ эритмаси орқали ўтказилади. Эритманинг пушти-қизил ранги йўқолиб, ажралаётган олитингугуртдан лойқаланиш ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

– сулфидларни парчалаш учун 15% ли хлорид кислота эритмаси ишлатилади;

– HCl ўрнига нитрат ёки сулфат кислоталарини ишлатиш тавсия қилинмайди, чунки бу кислоталар таъсирида қўшимча оксидланиш-қайтарилиш реакциялари ҳам юз бериши мумкин;

– қўлланиладиган $KMnO_4$ эритмасининг концентрацияси етарли даражада юқори бўлиши лозим;

– бошқа қайтарувчилар, жумладан сулфит ангидрид эритмани лойҳаланишига олиб келмайди.

3. **Натрий нитропруссид $Na_2[Fe(CN)_5NO]$** сулфид S^{2-} иони билан қизил-пушти рангли комплекс бирикма $Na_4[Fe(CN)_5NOS]$ ҳосил қилади:

$$Na_2S+Na_2[Fe(CN)_5NO] = Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

Текширилаётган эритманинг 1 томчисига ишқор эритмаси ва натрий нитропруссид эритмаларидан 1 томчидан қўшилади. Сулфидлар иштирокида қизил-пушти ранг ҳосил бўлади. Эритма кислотали муҳитга келтирилса, рангсизланиш кузатилади.

II гуруҳ анионларидан фақат сулфид-анион натрий нитропруссид 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 аналитик реакциялардан фойдаланиб, иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасидан топиш мумкин.

1. **Дастлабки синовлар.** Текширилаётган эритманинг айрим улушидан сулфид-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^2 анионлари борлигини билдиради.

18-жадвал

Иккинчи гуруҳ анионларининг муҳим реакциялари

Реагентлар	Анионлар			
	Cl^-	Br^-	I^-	S^{2-}
$AgNO_3$ (HNO_3 иштироки) Кумуш тузларининг NH_4OH га муносабати.	Оқ чўкма AgCl Комплекс бирикма ҳосил қилиб эрийди	Оч-сарғиш чўкма AgBr сезиларли даражада эрийди.	Сариқ чўкма AgI Амалда эримайди.	Қора чўкма Ag_2S Эримайди.
Кучли оксидловчилар ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, MnO_2)	Cl_2 ажралади.	Br_2 ажралади.	I_2 ажралади.	S ажралади.
Хлорли сув (бензол иштирокида)		Br_2 нинг қизил-қўнғир ранги	I_2 нинг бинафша ранги	
$NaNO_2$ ёки KNO_2 (H_2SO_4 иштирокида)			I_2 ажралади крахмалнинг кўкариши	
$Pb(CH_3COO)_2$			Тилларанг кристаллар - PbI,	
HCl (15% ли)				H_2S ажралади (палағда қолган тухум ҳиди)
Натрий нитропруссид $Na_4[Fe(CN)_5NO]$				$Na_4[Fe(CN)_5NOS]$ бинафша рангли

2. **Хлорид-анионини Br ва I ионларидан ажратиш.** Текширилаётган эритмадан 7-8 томчи олиб, устига II гуруҳ анионларининг умумий реагенти $AgNO_3$ эритмасидан 7-8

томчи ва шунча томчи HNO_3 нинг 2 N эритмасидан қўшилади. Чўкма ҳосил бўлиши иккинчи гуруҳ анионлари борлигини, бунда қора чўкма тушиши сулфид иони S^2 борлигини яна бир карра тасдиқлайди. Шундан сўнг тўлиқ чўктиришга эришиб, чўкмани центрифугада ажратиб олиб, уни дистилланган сув билан ювилади. Таркибида AgCl, AgBr, AgI ва Ag_2S сақловчи олинган чўкмага (I) 1-2 мл 12 % ли $(NH_4)_2CO_3$ эритмаси ёки шунча миқдор Фаурголт реактиви (1 литрида 0,25 мол NH_4OH, 0,25 мол KNO_3 ва 0,01 мол $AgNO_3$ бор эритма) қўшиб, аралашма 1 минутча чайқатилади. Натижада AgCl тузи $[Ag(NH_3)_2]Cl$ таркибли комплекс бирикма ҳосил қилиб эритмага ўтади, AgBr, AgI ва Ag_2S чўкмада қолади. Чўкма (II) ни центрифугада ажратилиб, ундан Br^- ва I^- анионларини топишда фойдаланилади. Центрифугат (II) дан хлор аниони топилади.

3. **Хлорид аниони Cl ни топиш.** Центрифугат (II) ни икки қисмга бўлинади. Биринчи қисмига бир неча томчи нитрат кислота, иккинчисига бир неча томчи KI эритмасидан томизилади. Биринчи пробиркада эритманинг лойҳаланиши ва иккинчи пробиркада сариқ чўкманинг жадал ҳосил бўлиши текширилаётган эритмада хлорид иони Cl борлигини кўрсатади.

4. **Бромид аниони Br ни топиш.** Чўкма (II) га 4-5 томчи H_2SO_4нинг 2N эритмасидан қўшилади ва оз миқдорда рух кукуни солинади. Бунда AgBr ва AgI рух метали таъсирида парчаланиб, Br ва 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 Br иони топилади. Бромид ион хлорли сув ёрдамида I иони иштирокида топилиши мумкин, чунки йод ортиқча хлор таъсирида рангсиз IO_3 анионигача оксидланиши мумкин.

Биринчи қисм эритмага хлорли сув қўшилиб, 3-4 томчи бензол солиб чайқатилади. Натижада бензол қавати ажралиб чиққан бром таъсиридан қизил-қўнғир тусга киради.

5. **Йодид аниони I ни топиш.** Центрифугат (III)ни иккинчи қисмидан I иони топилади. Пробиркадаги эритмага крахмал эритмаси, KNO_2 эритмаси ва сирка кислота эритмасидан 2 томчидан томизилади. Эритманинг кўк рангга бўялиши текширилаётган анионлар аралашмаси таркибида I аниони борлигини кўрсатади.

Шундай қилиб, иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ қилиш якунланади.

15.7. Биринчи ва иккинчи гуруҳ анионлари аралашмасини систематик анализ қилиш тартиби

Текширилаётган эритманинг (pH=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 $CaCO_3$, $CaSO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$, $CaSiO_3$	Центрифугат I SO_4^{2-}, S^{2-}, $S_2O_3^{2-}$, Cl^-, Br^-, J^-

Чўкма(I)дан SO_3^{2-}, CO_3^{2-}, SiO_3^{2-}, PO_4^{3-} ионлари топилади.

1. Сулфит аниони 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 SO_3^{2} анионлари борлигини кўрсатади.

2. Карбонат аниони CO_3^{2-} ни топиш. Чўкма(I)нинг қолган ярмига водород пероксиднинг 8-10%ли эритмасидан қўшилади (CO_3^{2-} ни топишга ҳалал берадиган SO_3^{2-} ионини оксидлаш учун). Шундан сўнг хлорид кислотанинг 2N эритмасидан 6-8 томчи қўшилади ва чиқаётган CO_2 газ ўтказувчи най орқали оҳакли сувдан ўтказилади. Оҳакли сувнинг лойқаланиши CO_3^{2} иони борлигини билдиради.

3. Силикат аниони SiO_3^{2} ни топиш. Чўкма(I) хлорид кислотада тўлиқ эримаса, силикат кислота чўкмаси ҳосил бўлган ва текширилаётган аралашмада SiO_3^{2} аниони борлигини билдиради. Силикат кислота чўкмаси (чўкма II) центрифугада ажратилади ва центрифугат (II) дан PO_4^{3} аниони бор-йўқлиги аниқланади.

4. Фосфат аниони PO_4^{3} ни топиш. Центрифугат (II)га таркибидаги Ca^{2+} катионларини (PO_4^{3-} ни аниқлашга ҳалақит берувчи) чўкмага ўтказиш учун $(NH_4)_2C_2O_4$ қўшилади. Ҳосил бўлган калций оксалат чўкмаси (III)ни ажратилади ва центрифугат (III)дан PO_4^{3} иони топилади. Пробиркага

аммоний молибдат эритмасидан 7-8 томчи олинади ва HNO_3-нинг 6N эритмасидан 6-7 томчи, центрифугатдан 5-6 томчи қўшилади, озгина иситилади. PO_4^{3-} анионлари бор бўлса, аммоний молибдофосфатнинг сариқ чўкмаси ҳосил бўлади.

5. Сулфат аниони SO_4^{2-} ни топиш. Центрифугат (I)дан 2-3 томчиси кислотали муҳитга келтирилади. Бундай шароитда $BaCl_2$ бошқа анионлари билан чўкма ҳосил қилмайди. Кислотали муҳитга келтирилган эритмага 1-2 томчи $BaCl_2$ эритмасидан қўшилади. Оқ чўкма ҳосил бўлиши текширилаётган аралшамада SO_4^{2-} аниони борлигини билдиради.

6. Сулфид аниони S^{2-} ни топиш. Пробиркага 5-6 томчи центрифугат (I)дан солинади ва 1 томчи рух хлориднинг NH_4OH даги эритмасидан қўшилади. Оқ рангли ZnS чўкмасининг ҳосил бўлиши текширилаётган аралашмада S^{2-} иони мавжудлигини кўрсатади.

Агар S^{2-} иони борлиги аниқланса конуссимон пробиркадаги центрифугат (I)нинг қолган қисмига $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ иони бўлган аммиакли эритмадан чўкма ҳосил бўлиши тугагунча томчилатиб қўшилади: чўкма (IV) ажратиб олинади ва центрифугат (IV) текширилади.

Чукма (IV)ZnS	Центрифугат (IV)$S_2O_3^{2-}$, Cl, Br, J

7. Тиосулфат аниони $S_2O_3^{2-}$ ни топиш. Центрифугат (IV)дан 2-3 томчи олинади, HCl нинг 6N эритмасидан бир неча томчи қўшилиб, кислотали муҳит ҳосил қилинади ва 2-3 минут сув ҳаммомида иситилади. Олтингугуртнинг чўкиши ва SO_2 нинг ажралиб чиқиши $S_2O_3^{2-}$ аниони борлигини кўрсатади.

8. Йодид аниони J ни топиш. Центрифугат (IV)дан 2-3 томчи олинади ва крахмал эритмаси, KNO_2 эритмаси ҳамда сирка кислота эритмасидан 2 томчидан қўшилади. Эритманинг кўк рангга кириши J аниони борлигини билдиради.

$S_2O_3^{2-}$ ва J ионлари топилган бўлса, бу ионларни центрифугат (IV) дан ажратилади. Бунинг учун центрифугатнинг қолган қисмига HNO_3 нинг 3N эритмасидан 5-6 томчи ва KNO_2 нинг тўйинган эритмасидан томчилатиб қўшилади. Йодид ва тиосулфат ионларининг оксидланиши юз беради. Эритмани йодни йўқотиш учун иситилади. Чўкма (V)га тушган олтингугуртни центрифугат (V)дан ажратилади.

Центрифугат (V)га томчилатиб $AgNO_3$ эритмасидан чўкма ҳосил бўлиши тугагунча қўшилади. Чўкма (VI) центрифугатда ажратилади.

Чўкма (VI)AgCl, AgBr	Центрифугат (VI)Ортиқча $AgNO_3$

Чўкма (VI)ни икки марта дистилланган сув билан ювилади ва ундан Cl^-, Br^- ионлари топилади.

9. Хлорид аниони Cl ни Br ионидан ажратиш. Ювилган чўкма (VI)га 1-2 мл 12%ли $(NH_4)_2CO_3$ эритмаси ёки шунча ҳажмдаги Фаурголт реактиви ($NH_4OH+AgNO_3+KNO_3$ 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 ни топиш. Центрифугат (VII)ни бир қисмига нитрат кислотадан бир неча томчи қўшилади, қолган қисмига бир неча томчи KJ эритмасидан томизилади. Биринчи пробиркада эритманинг лойқаланиши, иккинчи пробиркада сариқ чўкманинг ҳосил бўлиши текширилаётган аралашмада Cl^- иони борлигини кўрсатади.

11. Бромид аниони Br ни топиш. Чўкма (VII)га 25% ли аммиак эритмаси қўшиб, чайқатилади. Натижада, AgBr аммиакли комплекс $[Ag(NH_3)_2]Br$ ҳосил қилиб эрийди. Бу комплекс бирикма эритмасига бир неча томчи нитрат кислота томизилади. Оч сариқ рангли чўкманинг ҳосил бўлиши Br^- иони борлигидан далолат беради.

Саволлар

1. Нима сабабдан II гуруҳ анионлари учун $AgNO_3$ нитрат кислота иштирокида умумий гуруҳ реагенти ҳисобланади?
2. Қайси анионлар суюлтирилган HCl ёки суюлтирилган H_2SO_4 таъсирида газлар ажратиб чиқаради?
3. Калий перманганат $KMnO_4$ эритмасини қайси анионлар рангсизлантиради? Реакция тенгламаларини ёзинг.
4. Кислотали муҳитда KI эритмасидан қайси анионлар эркин I_2 ни ажратиб чиқаради? Реакция тенгламаларини ёзинг.
5. II гуруҳ анионларини топишда ишлатиладиган ўзига хос хусусий реакцияларни тавсифланг.
6. Cl^-, Br^- ва I^- 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?
A) Нитрат, нитрит, ацетат анионлари;
B) Йодид, бромид, хлорид, сулфид анионлари;
C) Сулфат, сулфит, карбонат, фосфат, силикат анионлари;
Д) Нитрат, хлорид, бромид анионлари;
E) Ацетат, йодид, сулфид, силикат, фосфат анионлари.

2. Йодид, бромид, сулфид ва хлорид анионларининг гуруҳ реагенти қайси ҳисобланади?
A) Барий хлорид;
B) Магний хлорид;
C) Суюлтирилган нитрат кислота иштирокидаги кумуш нитрат;
Д) Гуруҳ реагенти йўқ;
E) Калий йодид.

3. Реакцион аралашмага кумуш нитрат таъсир эттирилганда биринчи бўлиб қайси анион чўкади?
A) Йодид аниони;
B) Бромид аниони;
C) Хлорид аниони;
Д) Роданид аниони;
E) Сулфид аниони.

4. Галогенидлар ва сулфид анионлари бўлган реакцион аралашмага хлорли сув қўшилганда, анионларнинг оксидланиш жараёнлари қандай кетма-кетликда боради?
A) Сулфид, йодид, бромид;
B) Йодид, бромид, сулфид;
C) Бромид, йодид, сулфид;
Д) Сулфид, бромид, йодид;
E) Йодид, сулфид, бромид.

5. Бром аниони сақловчи аралашмага хлорли сув қўшилганда бензол ҳалқаси қандай рангга бўялади?
A) Бинафша;

B) Лимон рангига;
C) Рангсиз;
Д) Қизил-қўнғир;
E) Кўк.

6. Йод аниони бўлган аралашмага хлорли сув таъсир эттирилганда бензол ҳалқаси қандай тусга киради?
A) Рангсиз;
B) Лимон рангли сариқ;
C) Қизил-қўнғир;
Д) Ҳаворанг;
E) Бинафша.

7. Эритмада бром ва йод анионлари биргаликда бўлганда уларни қандай очиш мумкин?
A) Бинафша ранг, сўнг сариқ ранг пайдо бўлиши;
B) Сариқ ранг, сўнг бинафша ранг ҳосил бўлиши;
C) Бинафша рангни қизил-қўнғир ранг орқали лимон тусига кириши;
Д) Лимон рангини бинафша рангига ўтиши;
E) Қизил-қўнғир рангнинг рангсизланиши.

8. Йодид аниони кумуш нитрат ёрдамида аниқлашда қандай аналитик эффект кузатилади?
A) Сариқ чўкма тушади;
B) Реакцион аралашма сариқ рангга киради;
C) Оч-сариқ чўкма тушади;
Д) Оқ чўкма тушади;
E) Қора чўкма тушади.

9. Бромид анионини кумуш нитрат билан топишда қандай аналитик эффект юз беради?
A) Оқ чўкма;
B) Оч-сариқ чўкма;
C) Тўқ-сариқ чўкма;
Д) Қора чўкма;
E) Эритма сариқ рангга киради.

10. Хлорид ва сулфид анионларини кумуш нитрат билан топишда қандай аналитик эффектлар кузатилади?
A) Мутаносиб ҳолда қора ва оқ чўкма;

B) Оқ чўкмалар;
C) Мутаносиб равишда оқ ва қора чўкма;
Д) Қора чўкмалар;
E) Қизил-қўнғир чўкмалар.

11. Хлорид анионини кислотали муҳитда қўрғошин (IV) оксид билан топишдаги борадиган оксидланиш-қайтарилиш реакциясининг тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 8;
B) 9;
C) 7;
Д) 10;
E) 11.

12. Йодид анионини кислотали муҳитда марганец (IV)-оксид ёрдамида топишда борадиган оксидланиш-қайтарилиш реакцияси тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 12;
B) 9;
C) 10;
Д) 11;
E) 7.

13. Калий перманганат ёрдамида йодид ионини оксидлаш реакциясининг тенгламасини тузинг ва коэффициентлар йиғиндисини ҳисобланг.
A) 41;
B) 43;
C) 39;
Д) 40;
E) 28.

14. Сулфид анионини II гуруҳнинг бошқа ионлари иштирокида аниқлашга имкон берувчи реагентни кўрсатинг.
A) Калий перманганат;
B) Хлорли сув;
C) Қўрғошин (II) ацетат;
Д) Нитритлар;
E) Натрий нитропруссид.

XVI БОБ. АНИОНЛАРНИНГ УЧИНЧИ АНАЛИТИК ГУРУҲИ

16.1. Учинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи

Анионларнинг III аналитик гуруҳига нитрат иони NO_3^-, нитрит иони NO_2^-, ацетат иони CH_3COO 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 сўримидан аниқлаш йўли билан ўсимликларнинг азот элементи билан таъминланиш даражаси аниқланади.

Нитратлар кўпчилик минерал ўғитлар таркибига киради, чунончи натрийли $NaNO_3$, калийли KNO_3, аммонийли NH_4NO_3, калцийли селитра $Ca(NO_3)_2$ 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 NO_3^- нинг хусусий реакциялари

Тажрибаларни бажаришда сувда яхши эрийдиган нитрат тузларининг рангсиз эритмаларидан фойдаланиш мумкин.

1. **Мис метали** концентрланган сулфат кислота иштирокида нитрат-ион NO_3 ни азот (II) оксидгача қайтариши мумкин:

$$8NaNO_3+3Cu+4H_2SO_4 = 2NO\uparrow+3Cu(NO_3)_2+4Na_2SO_4+4H_2O$$

$$2NO_3^-+3Cu+8H^+ = 2NO\uparrow+3Cu^{2+}+4H_2O$$

Ҳосил бўлган азот (II) оксиди ҳаво кислороди таъсирида қўнғир тусли азот (IV) оксидгача оксидланади.

$$2NO+O_2 = 2NO_2\uparrow$$

Пробиркадаги 2-3 томчи натрий нитрат эритмасига концентрланган H_2SO_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 халақит беради; бу ионларни NH_4Cl қўшиб қиздириш билан йўқотилади.

2. **Алюминий метали** кучли ишқорий муҳитда нитрат ионларини аммиакгача қайтаради:

$$3NaNO_3+8Al+5NaOH+2H_2O = 3NH_3\uparrow+8NaAlO_2$$
$$3NO_3^-+8Al+5OH^-+2H_2O = 3NH_3\uparrow+8AlO_2^-$$

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 NH_4^+ ионлари бўлса, олдиндан ишқор қўшиб қиздириш йўли билан йўқотилади;

– эритмада NO_2^- анионини бўлиши ҳам NO_3^- анионини топишга ҳалақит беради.

3. **Темир (II) сулфат** нитрат анион NO_3^- билан концентрланган сулфат кислота иштирокида қўнғир рангли комплекс туз $[Fe(NO)]SO_4$ ни ҳосил қилади:

$$2NaNO_3+6FeSO_4+4H_2SO_4 =$$
$$2NO\uparrow+3Fe_2(SO_4)_3+Na_2SO_4+4H_2O$$
$$2NO+FeSO_4 = 2[Fe(NO)]SO_4$$

Пробиркага 2 томчи натрий нитрат эритмасидан солиб, устига $FeSO_4$ нинг кристалини туширилади. Сўнгра оҳисталик билан пробирка девори бўйлаб 1 томчи концентрланган H_2SO_4 дан қуйилади. Кристалл атрофида комплекс бирикма ҳосил бўлиш ҳисобига қўнғир ҳалқа ҳосил бўлади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

– реакцияни кучли кислотали муҳитда $FeSO_4$ кристалларидан ёки унинг концентрланган эритмасидан фойдаланиб ўтказилади;

– $FeSO_4$ 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** $(C_6H_5)_2NH$ нитрат ион NO_3 ни билан тўқ кўк рангли маҳсулот ҳосил қилади. Тоза ва қуруқ соат ойнасига дифениламиннинг концентраланган сулфат кислотасидаги эритмасидан 3-4 томчи томизилади. Унга шиша таёқча билан нитрат эритмасидан 1 томчи қўшиб, аралаштирилади. NO_3 аниони иштирокида дифениламиннинг оксидланиши ҳисобига эритма тўқ кўк рангга киради. NO_2 аниони ҳам шундай ранг беради.

Тажрибани бажариш шароити:

– оксидловчилар ва концентрланган H_2SO_4 таъсирида I_2 гача оксидланувчи йодид ионлари реакция ўтказишга халақит беради;

– анион қайтарувчилар SO_3^{2-}, S^{2-} ва бошқалар ҳам NO_3 анионини топишга ҳалақит беради;

– реакция бажариш учун текшириладиган модданинг суюлтирилган эритмаларини олган маъқул.

16.3. Нитрит аниони NO_2 нинг хусусий реакциялари

Реакцияларни ўтказишда $NaNO_2$ ёки KNO_2 нинг сувдаги эритмаларидан фойдаланилади.

1. **Суюлтирилган кислоталар** нитритларни парчалайди, бунда қўнғир азот (IV) оксиди ажралиб чиқади:

$$2NaNO_2+H_2SO_4 = NO_2\uparrow+NO\uparrow+Na_2SO_4+H_2O$$

Натрий нитритнинг 6-8 томчисига сулфат кислотанинг суюлтирилган эритмасидан 5-6 томчи қўшилади. Қўнғир рангли азот диоксиди ҳосил бўлиши кузатилади.

2. **Калий йодид KI** сулфат кислотанинг суюлтирилган эритмаси иштирокида нитритлар таъсирида эркин йодгача оксидланади.

$$2KNO_2+2KI+2H_2SO_4 = I_2+2NO\uparrow+2K_2SO_4+2H_2O$$
$$2NO_2^-+2I^-+4H^+ = I_2+2NO\uparrow+2H_2O$$

Пробиркага 2-3 томчи калий нитрит эритмасидан солиб, устига H_2SO_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 кўк ранг ҳосил қилади.

Реакцияни бажариш шароити:

– реакцияни кучсиз кислотали муҳитда хона ҳароратида ўтказилади, чунки иситилганда йод-крахмалли эритма рангсизланади;

– нитрат аниони айни шароитда Br ионларини оксидламайди.

3. **Калий перманганат $KMnO_4$** кислотали муҳитда NO_2^- ионларини NO_3^- ионларигача оксидлайди, бунда эритманинг қизил-пушти ранги йўқолиб, рангсизланади:

$$5KNO_2+2KMnO_4+3H_2SO_4 =$$
$$5KNO_3+2MnSO_4+K_2SO_4+3H_2O$$
$$5NO_2^-+2MnO_4^-+6H^+ = 5NO_3^-+2Mn^{2+}+3H_2O$$

Пробиркага 3-5 томчи $KMnO_4$ эиртмасидан ва суюлтирилган H_2SO_4 эритмасидан 2-3 томчи солиб, аралашма 50-60°С гача сув ҳаммомида иситилади. Кейин 5-6 томчи KNO_2 эритмаси қўшилади. Бунда $KMnO_4$ эритмасининг рангсизланиши кузатилади.

Реакцияни ўтказиш шароити:

– эритманинг pH қиймати 7 дан бир оз кичик бўлиши керак;

– иситиш (қайнагунча эмас) реакциянинг боришига имконият яратади.

– перманганат томонидан оксидланувчи бошқа қайтарувчилар NO_2 ни топишга ҳалақит беради.

4. **Сулфанил кислота $H_2N-C_6H_4-SO_3H$ ва α-нафтиламин $C_{10}H_7-NH_2$** нитрит-ионлари билан ўзаро таъсирлашганда қизил рангли бўёқ ҳосил қилади:

$$H_2N-C_{10}H_6-N = N-C_6H_4-SO_3H$$

NO_2 -иони бор нейтрал ёки сирка кислотали эритманинг бир томчисини соат ойнасига томизиб, устига бир томчидан сулфанил кислота ва нафтиламин эритмаларидан томизилади. NO_2 иони иштирокида ўзига ҳос қизил ранг пайдо бўлади.

Реакциянинг бориш шароити:

– нитрит NO_2 ионни оксидлаши мумкин бўлган оксидловчиларнинг эритмада иштироки реакцияни бажаришга ҳалақит беради;

– реакцияни NO_2 анионининг концентрацияси кам бўлган эритмалар билан ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади;

– бу реакция нитрат аниони NO_3 учун хос эмас.

5. **Нитрит ион NO_2 ни йўқотиш** NO_2 аниони нитрат аниони билан кўп умумий реакцияларга эга. Шу сабабли NO_3 анионларни топишда кўпгина ҳолларда нитрит ионларини олдин йўқотишга тўғри келади. Бунга нитрит ионлари бўлган эритмага қаттиқ ҳолдаги аммоний хлорид ёки аммоний сулфат қўшиб қиздириш йўли билан эришилади. Ҳосил бўладиган NH_4NO_2 эркин азот ҳосил қилиб тўлиқ парчаланади:

$$NaNO_2+NH_4Cl = N_2+NaCl+2H_2O$$

Пробиркадаги нитрит эритмасининг 3-4 томчисига аммоний хлорид кристалларидан солинади ва сув ҳаммомида 5-6 минут иситилади. NO_2 ионларининг тўлиқ йўқолганлиги калий перманганат билан бўладиган ёки крахмал эритмаси қўшилган KI эритмаси билан бўладиган реакция асосида текшириб кўрилади.

16.4. Ацетат аниони CH_3COO^-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.

$$2CH_3COONa+H_2SO_4 = 2CH_3COOH+Na_2SO_4$$
$$2CH_3COO^-+2H^+ = 2CH_3COOH$$

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 C_2H_5OH** ацетат эритмалари билан концентраланган H_2SO_4 иштирокида эфир ҳосил қилади. Ҳосил бўлган эфирни ўзига хос ҳидидан билиш мумкин:

$$2CH_3COONa+H_2SO_4 = 2CH_3COOH+Na_2SO_4$$

$$CH_3COOH+C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

Пробиркага 0,5 мл натрий ацетат эритмасидан солиб, устига 1 мл этил спирти ва 0,5 мл концентрланган H_2SO_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 реакцион аралашмага бу моддалардан бирортасини кичик кристалини ташлаш тавсия қилинади.

3. **Темир (III) хлорид $FeCl_3$** 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:

$$Fe(OH)_2\ CH_3COO$$

Пробиркадаги 5-6 томчи ацетат тузи эритмасига шунча томчи темир (III) хлорид $FeCl_3$ эритмасидан қўшилади ва иситилади.

Бунда қизил-қўнғир рангли темирнинг асосли ацетат тузи чўкмага тушади.

Реакциянинг ўтказиш шароити:

– реакция эритма муҳитининг pH=5-8 бўлганда боради;

– ацетат-анионни бу реакция ёрдамида топишга CO_3^{2}, I, SO_3^{2}, PO_4^{3}, 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 аноинларининг борлиги аниқланади. Бу мақсадда текширилаётган эритмани 2-3 томчисига $HN0_3$ нинг 2N эритмасидан 3-4 томчи ва гуруҳ реагенти $AgN\ 0_3$ эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Чўкма ҳосил бўлиши иккинчи гуруҳ анионлари борлигини кўрсатади. Агар чўкма қора рангда бўлса, унда сулфид S^{2} аниони борлигини билдиради.

Шундан сўнг, текширилаётган 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 AgCl, AgBr, AgJ ва Ag_2S бўлади. Бу чўкмани 1-2 мл 12% ли $(NH_4)_2\ CO_3$ эритмаси ёки шунча ҳажмдаги Фаурголт реактиви эритмаси таъсир эттирилиб ишлов берилади. Бунда чўкмадаги AgCl эритмага комплекс туз-диаминоаргентат хлорид $[Ag(NH_3)_2]Cl$ 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 пробиркадагисига 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-қўнғир рангга ўтиши текширилаётган аралашмада бромид ва йодид анионлари борлигидан далолат беради.

4. **III гуруҳ анионларини топиш.** Текширилаётган эритмада сулфид 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 эттирилади. Чўкма (IV) ажратиб олинади ва текширилмайди. Чўкма (IV) устидаги центрифугат (IV) таркибидан (айрим-айрим улушларидан) III гуруҳ анионлари топилади.

5. **Нитрит-анион NO_2 ни топиш.** Центрифугат ((IV))дан 5-6 томчи олиб, H_2SO_4 нинг 2 N эритмасидан 2-3 томчи, KJ 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.** Текширилаётган эритмада нитрит иони борлиги аниқланса, уни эритмадан йўқотиш керак бўлади. Бунинг учун пробиркага текширилаётган 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 концентрланган H_2SO_4 даги эритмасидан 2-3 томчиси жойлаштирилади. Унга шиша таёқча ёрдамида 1-томчи текширилаётган эритмадан қўшилиб, аралаштирилади. NO_3 иони бўлса, тўқ кўк ранг пайдо бўлади.

7. **Ацетат аниони 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 металларнинг 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 $Ba(OH)_2$ эритмаси билан нейтралланиб, pH=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 хусусий 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 сулфат 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_3 бўлса эритма кўк рангга киради.

4. **Анион-қайтарувчилар борлигини синаб кўриш.** Текширилаётган эритманинг 5-6 томчисига H_2SO_4 нинг 1N эритмасидан 2 томчи қўшилади. Сўнг $KMnO_4$ нинг суюлтирилган эритмасидан 2-3 томчи қўшилади. Агар калий перманганат эритмаси рангсизланса, текширилаётган эритмада анион-қайтарувчилар – SO_3^-, NO_2^-, I^-, Br^- (Cl^- ҳам) бўлиши мумкин.

5. **Газлар ажралишини синаб кўриш.** Текширилаётган эритманинг 3-4 томчисига H_2SO_4 нинг 4 N эритмасидан 3 томчи қўшилиб, пробирка секин чайқатилади. Газлар ажралиши сезиларли бўлмаса, эритма оҳиста иситилади. Газ пуфакчаларининг ажралиши эритмада CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, S^{2-}, NO_2^- анионлари бўлиши мумкинлигини билдиради. CO_2, SO_2,

H_2S, 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 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 SO_4^{2-} аниони борлигидан далолат беради.

2. **Сулфит – ион SO_3^{2-} ни топиш.** Эритманинг айрим улушидан топилади. Эритманинг 2-3 томчисига H_2SO_4 қўшилади ва иситилади. Ажралиб чиқаётган SO_2 гази калий перманганат эритмаси орқали ўтказилади ва бу эритманинг рангсизланиши SO_3^{2-} аниони борлигини кўрсатади.

Агар эритмада NO_2^- ва S^{2-} анионлари бўлса, уларни йўқотиш зарур, чунки улар SO_3^{2-} ионини аниқлашга ҳалақит беради. Ёки текширилаётган эритмадан 4 томчи олиб, шунча томчи $BaCl_2$ эритмаси қўшилади. Ҳосил бўлган чўкма центрифугада ажратиб олинади, сув билан ювилади ва чўкмага 2-3 томчи HCl нинг 2 N эритмасидан қўшилади. Ажралиб чиқаётган газни $KMnO_4$ эритмасидан ўтказиш орқали SO_2 гази эканлиги аниқланади.

3. **Карбонат-ион CO_3^{2-} ни топиш.** Текширилаётган эритманинг айрим улушидан CO_3^{2-} аниони топилади. Агар эритмада SO_3^{2-} аниони борлиги аниқланган бўлса, уни даставвал SO_4^{2-} анионигача оксидлаш керак. Бунинг учун текширилаётган эритманинг 2-3 томчисига 8% ли водород пероксид эритмаси қўшилиб, сув ҳаммомида иситилади. Шундан сўнг CO_3^{2-} ни хусусий реакциялари асосида топилади (14.4 - бўйича).

4. **Силикат ион SiO_3^{2-} ни топиш.** Текшириладиган эритманинг айрим улушидан 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. SiO_3^{2-} аниони иштирокида оқ ивиқ чўкма ҳосил бўлади.

5. **Фосфат ион PO_4^{3-} ни топиш.** Текширилаётган эритмада иккинчи гуруҳ анионлари бўлса PO_4^{3-} анионини топиш

қуйидаги тартибда амалга оширилади. Текширилаётган эритмадан 3-4 томчи олиб, шунча миқдорда $BaCl_2$ эритмаси қўшилади. Чўкмани ажратиб олиб, сув билан ювилади ва HCl нинг 2N эритмаси қўшилиб, эритилади. Олинган эритмани аммиак билан pH = 7-8 бўлгунча нейтралланади, сўнг бир неча NH_4Cl кристалларидан қўшилади, озгина иситилади. Агар силикат кислота чўкмаси ҳосил бўлса, эритма филтрлаб, ажратиб олинади. Эритмадан PO_4^{3-} анионларини топиш учун молибден суюқлигидан ортиқча қўшилади, сув ҳаммомида иситилади. Эритма таркибида PO_4^{3-} анионлари бўлса сариқ чўкма тушади. (14.5 га қаранг).

6. **Сулфид иони S^{2-} ни топиш.** Текширилаётган эритмани ишқорий муҳитга келтириб, унинг 1 томчисига натрий нитропруссид эритмасидан 1 томчи қўшилади. S^{2-} иони иштирокида бинафша-қизил ранг пайдо бўлади.

Сулфид S^{2-} ионлари хлор, бром ва иод ионларини топишга ҳалақит беради. Шу сабабли S^{2-} ионларини йўқотиш учун нейтрал ёки кучсиз ишқорий текширилаётган эритмадан 5-6 томчи олиб, $ZnSO_4$ эритмаси қўшилади ва иситилади. Ҳосил бўлган рух сулфид ZnS чўкмаси центрифугаланиб ажратиб ташланади ва центрифугатдан Cl^-, Br, ва J^- ионлари топилади.

7. **Хлорид иони Cl ни, Br иони ва I ионини топиш.** Қайтарувчи анионлар: SO_3^{2-}, $S_2O_3^{2-}$ ва S^{2-} - ионлари Cl^-, Br, ва J^- ионларини топишга ҳалақит бермайди, чунки уларни кумуш нитрат таъсирида чўктирилган чўкмадаги кумуш галогенидлардан 16.5 да кўрсатилган тартибда топилади.

8. **III гуруҳ анионлари NO_2^-, NO_3^-, CH_3COO^- 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 NO_2 анионини қандай қилиб йўқотиш мумкин?

8. Қуйидаги реакциянинг молекуляр тенгламасини тузинг. $MnO_4^- + NO_2^- + H^+ = Mn^{2+} + NO_3^- + H_2O$

9. Учинчи гуруҳ анионлари аралашмасини анализ килиш тартибини тушунтиринг.

10. Қандай қилиб хлорид, бромид ва йодид анионларини сулфид 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?

A) Нитрат, хлорид, йодид, нитрит анионлари;

B) Сулфат, карбонат, сулфит, сулфид анионлари;

C) Нитрат, нитрит, ацетат анионлари;

Д) Нитрат, бромид, хлорид, йодид анионлари;

E) Фосфат, нитрит, силикат, карбонат анионлари.

2. Темир (III) хлорид ёрдамида ацетат анионини топиш нимага асосланган?

A) Эритма рангини ҳосил бўлувчи темир ацетат ҳисобига ўзгариши;

B) Гидролиз жараёнида темир ацетатнинг асосли тузи ҳосил бўлиши ҳисобига;

C) Темир ацетатнинг тўлиқ гидролизи натижасида темир гидроксиднинг чўкмаси ҳосил бўлишига;

Д) Сирка кислотанинг ўзига хос ҳидига;

E) Темир (III) ацетатнинг чўкмаси ҳосил бўлишига.

3. Нитрат ва нитрит анионларини дифениламин реагенти ёрдамида топишда қандай аналитик эффект кузатилади?

A) Эритма кўк рангга киради;
B) Эритма сариқ тусга киради;
C) Кўк чўкма;
Д) Сариқ чўкма;
E) Қўнғир рангли газ ҳосил бўлади.

4. Нитрат анионини дифениламин билан топишда нитрит анионининг ҳалақит бериш таъсири қандай йўқотилади?
A) Нитрит анионини йўқотиш учун реакцион аралашмага кислота қўшиб, иситиш;
B) Реакцион аралашмага аммоний хлорид кристаллари қўшиб иситиш;
C) Реакцион аралашмани қайнатиш;
Д) Реакцион аралашмага кислота ва аммоний хлорид кристаллари қўшиб, қиздириш;
E) Реакцион аралашмага ишқор қўшиб иситиш;

5. Нитрит анионини NO_3^- иони иштирокида қайси реагент билан топиш мумкин?
A) Мис метали;
B) Алюминий метали билан ишқорий муҳитда;
C) Калий йодид билан ишқорий муҳитда;
Д) Темир (III) хлорид эритмаси;
E) Сулфат кислота ва калий йодид, крахмал эритмаси.

6. Аралашмани муҳитини кислота билан pH<7 қилганда эркин йод ажралиб чиқса, реакцион аралашмада қандай ионлар иштирок этади?
A) Йодид ва нитрат анионлари;
B) Йодид ва нитрит анионлари;
C) Йодид ва хлорид анионлари;
Д) Йодид аниони;
E) Йодид ва ацетат анионлари.

7. Агар натрийли тузи нейтрал муқитга эга бўлса, концентрланган H_2SO_4 ва мис метали таъсир эттирилса, эритма сариқ тусга кириб, қиздирилганда қўнғир газ чиқса, эритмада қандай анион бўлади?
A) Нитрат;
B) Бромид;

C) 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 бўяш 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 моддани нинг олдин совуқда, кейин иситилган сирка кислотада, сўнг суюлтирилган ва концентрланган HCl да эриш-эримаслиги ва ниҳоят зар суви (1 мол конц. HNO_3 +3 мол конц 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 кислотада эриладиган бўлса, газлар (CO_2, H_2S, SO_2) ажралиб чиқишига эътибор беринг, чунки уларнинг чиқиши аралашма таркибида бир қатор анионлар (CO_3^{2-}, S^{2-}, SO_3^{2-}, $S_2O_3^{2-}$) борлигини кўрсатади. Шунингдек, ҳосил қилинган эритманинг рангини кузатинг. Кучсиз кислотали эритмаларда Fe^{2+} оч-яшил тусга, Fe^{3+}-сарғиш, Cr^{3+}-яшил, Cu^{2+}-ҳаворанг, Co^{2+}-пушти, CrO_4^{2-}-сариқ, $Cr_2O_7^{2-}$-қизил-олов рангига эга бўлади. Намунани эритишдан ҳосил бўлган эритмалар рангсиз бўлса, бу ионлар бўлмаслиги мумкин.

17.2. Қуруқ модда таркибидаги катионларни топиш

Қуруқ моддани эритилгандан сўнг, дастлаб ундан катионлар топилади, чунки баъзи катионларнинг бўлиши бир қатор анионларни модда таркибида йўқлиги тўғрисида хулоса чиқаришга ёрдам беради.

Қуруқ модда эритмаси таркибида PO_4^{3-} анионларининг бўлиши катионларни топишга ҳалақит беради. III гуруҳ катионларини $(NH_4)_2S$ таъсирида чўктиришда ишқорий эритмадан бир вақтнинг ўзида II гуруҳ катионлари ва магний катионини фосфатлари ҳам чўкмага тушиб қолади. Шундай қилиб PO_4^{3-} аниони иштирокида III гуруҳ катионларини II гуруҳ катионларидан ажратиб бўлмайди. Уларни ажратиш учун эритмадан PO_4^{3-} ни йўқотиш керак. Бунинг учун эритмада кислотали муҳит (pH=5) мавжуд қиладиган ацетат буфер аралашма $CH_3COO+CH_3COONa$ иштирокида Fe^{3+} тузлари билан PO_4^{3-} ни $FePO_4$ ҳолда чўкмага туширилади. PH нинг бундай қийматида Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари ҳамда Zn^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} ва Fe^{2+} (яъни барча икки зарядли катионлар) эритмада қолади. Алюминий, хром фосфатлари, аксинча $FePO_4$ билан бирга чўкмага тушади. Фосфат анионини тўлиқ чўкмага тушириш учун ортиқча Fe^{3+} катионлари зарур бўлади. Ортиб қолган Fe^{3+} ни йўқотиш ва $FePO_4$ ни тўлиқ ажратиб олиш учун эритма қайна-

тилади. Бунда ортиқча Fe^{3+} катионлари асосли ацетат ҳолида чўкмага тушади. Чўкма ажратиб олиниб Al^{3+}, 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 Ba^{2+}, Sr^{2+}, ёки Pb^{2+} катионлари аниқланган бўлса, ўз-ўзидан равшанки, текширилаётган эритмада SO_4^{2-} анионлари бўлмайди. Нейтрал ёки ишқорий муҳитли эритмадан Ba^{2+}катионлари топилган бўлса, ишонч билан текширилаётган эритмада I гуруҳ анионларининг ҳаммаси йўқ деб айтиш мумкин бўлади. Чўкмаси бўлмаган эритмадан Ag^+ катионлари топилса, II гуруҳ анионлари йўқлигини кўрсатади. CO_3^{2-}, S^{2-}, SO_3^{2-} ва $S_2O_3^{2-}$ анионлари борлиги катионларни анализ қилиш йўлида эритмани кислотали муҳитга келтиришда газлар (CO_2, H_2S, 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 K^+, Na^+ ва NH_4^+ катионлари иштирокидагина осон аниқлаш мумкин. Бошқа катионлар, яъни «оғир металлар»нинг катионлари –II-V гуруҳ катионлари 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 айлантириш мақсадида текширилаётган модда натрий карбонат Na_2CO_3 эритмаси қўшиб қайнатилади. Бунда II-V – гуруҳ катионлари карбонатлар ёки гидроксидлар ҳолида чўкади:

$$BaSO_3+Na_2CO_3=BaSO_3\downarrow+Na_2SO_3$$
$$AlCl_3+3Na_2CO_3+3H_2O=2Al(OH)_3\downarrow+6NaCl+3\,CO_2\uparrow$$

Тахминан 0,1г қуруқ модда тигелда 0,4г кимёвий тоза сувсиз натрий карбонат Na_2CO_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 эҳтиётлик билан бажариш лозим, кислотадан кўпроқ қўшилса S^{2-}, NO_2^- ва баъзи бир анионларни йўқотиб юбориш мумкин. Шуни эътиборга олиш керакки, CO_3^{2-} аниони сўрим тайёрлашда эритмага кириб қолади. Шу сабабли 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 Na^+, K^+, NH_4^+ катионлари ва NO_3^- аниони топилган бўлса, намуна калийли, натрийли ва аммоний нитратлари аралашмасидан иборат бўлади. Бордию, K^+ катиони, шунингдек SO_4^{2-} ва NO_3^- анионлари топилган бўлса, унда қуруқ модда икки туз — K_2SO_4 ва 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. 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?

а) $Cr\ Cl_3 + Na_2\ CO_3 =$

б) $CuSO_4 + Na_2\ CO_3 =$

в) $Sr\ Cl_3 + Na_2\ CO_3 =$

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 блган тузлар борлигидан;
Е) А,В ва С банда 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. Қуйидаги тузлардан қайси бири нейтрал муҳитда барий хлорид билан оқ чўкма ҳосил қилади?
А) Натрий сулфид;
В) Калий сулфат;
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 сулфит;
В) Калий сулфат;
С) Калий карбонат;
Д) Натрий нитрит;
Е) Натрий силикат.

8. Тузнинг сувдаги эритмаси ишқорий муҳитда бўлса, иод ва калий перманганат эритмалари рангини ўзгартирса,

ва кислота таъсирида ўткир ҳидли газ ажралса, қандай туз анализ қилинаётган бўлади?

A) Натрий карбонат;
B) Натрий нитрат;
C) Натрий сулфат;
Д) Натрий сулфат;
E) Натрий силикат.

9. Модда сувда эриса ва унинг эритмасига натрий карбонат, барий хлорид, кумуш нитрат таъсир эттирилганда чўкмалар ҳосил бўлмаса, текширилаётган модда таркиби қандай бўлади?

A) V гуруҳ катионлари ва I гуруҳ анионларидан иборат;
B) III гуруҳ катионлари ва II гуруҳ анионларидан ташкил топган;
C) I гуруҳ катионлари ва III гуруҳ анионларидан иборат;
Д) Стронций катиони ва III гуруҳ анионларидан иборат;
E) II гуруҳ катионлари ва II гуруҳ анионларидан иборат.

УЧИНЧИ ҚИСМ

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 ўрганади.

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 хўжалигининг 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 тозаликка эга бўлган металлар 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, металлмаслар 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 ўтказувчнлиги, электрод потенциали, диффузион ток қиймати, радиоактив импулслар 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 газоволюметрик 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 моҳияти 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 Cl^- анионлари 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 анорганик моддаларнинг сони кўп эмас. Чўктирувчи сифатида органик моддаларнинг қўлланила бошланиши бу эски методнинг фойдаланиш кўламини анча кенгайтирди.

Титриметрик анализ. Ўзаро таъсир этувчи эритмалар ҳажмини ўлчашга асосланган бўлиб, реагент эритмасининг концентрацияси аниқ бўлиши керак. Титриметрик анализда текширилаётган 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 текширилаётган 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 CO_2 миқдорини аниқлашда, углерод диоксидни ютувчи калий гидроксиднинг концентрланган эритмаси орқали газлар аралашмасини ўтказиб, чайқатилади. Газлар ҳажмининг камайиши асосида CO_2 нинг фоиз миқдори ҳисобланади. Лабораторияларда табиий оқактош таркибидаги калций карбонат миқдорини, намунани хлорид кислота эритмаси билан таъсиридан ажралиб чиқаётган углерод (IV) оксид 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, текширилаётган 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 суюқ 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, анорганик эритувчилар, кислота эритмалари ва бошқалар)нинг минимал ҳажми ёрдамида ажратиб олинади.

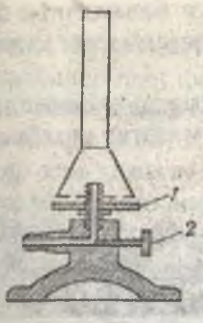
Концентрлаш - бу анализнинг биринчи босқичи ҳисобланади. Бундан кейинги ва асосий босқич эса мос келадиган метод ёрдамида компонентнинг миқдорий таркибини аниқлашдир.

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° С гача ҳарорат бера оладиган Теклю горелкаси (15-расм) дан фойдаланилади.

Олинган чўкмаларни қаттиқ қиздириш ва моддаларни доимий массага келтиришда 800-1000°С гача иссиқлик бера оладиган муфел печлари (16-расм) ишлатилади.

Чўкмалар, бюкслар ва турли идишлар электр истгич ва ҳароратни автоматик бошқарувчи билан таъминланган қуритиш шкафида (17-расм) қуритилади.



15-расм. Газ горелкаси: 1-ҳаво оқимини бошқариш; 2-газ келишини бошқариш.

16-расм. Муфел печи.

17-расм. Қуритиш шкафи.

Миқдорий 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 қуритилади. 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.

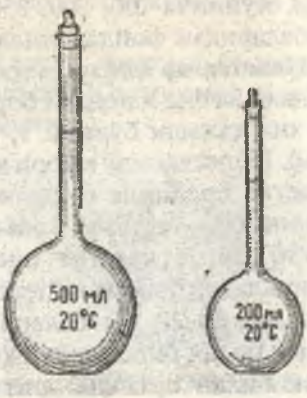
Пипеткалар ёрдамида эритманинг аниқ ҳажмдагиси ўлчаб олинади ва бир идишдан бошқасига ўтказилади. Пипеткалар ҳар хил ҳажмли бўлади: 1, 5, 10, 20, 25, 50 ва 100 мл (22-расм). Пипетканинг юқори қисмида ҳалқали белгиси бўлади. Пипетка ёрдамида суюқлик ўлчаш учун, пипеткани ўнг қўлнинг бош бармоғи, ўрта 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 охирги томчи суюқликни тушириш учун пипетка учи стакан ёки колба деворига тегизилади ва 15 секунд кутилади. Бошқача усулда охирги 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 қуритилади 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.

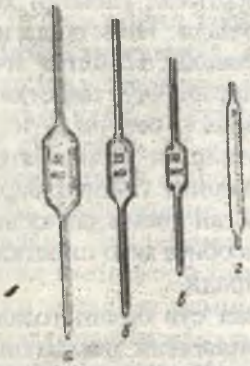
Бюреткалар титрлаш учун хизмат қилади ва цилиндрсимон тузилишдаги шиша най бўлиб, бир учи ингичка қилиб чўзилган бўлади ва унга резина най орқали учи ингичка қилиб чўзилган шиша най уланади (23-расм). Бюреткалар билан титрлашга сарф бўлган эритмалар ҳажми ўлчанади. Одатда 25 ва 50 мл. ҳажмли бюреткалар ишлатилади.

Бюреткалар ишлаш вақтида штативнинг қисқичига вертикал тарзда ўрнатилади. Бюреткадан фойдаланиш олдидан, 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 бюретка; в-резина найи ичида 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 юқорироқ-

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.

Миқдорий 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 қуритилади.

Юқоридаги йўл билан идиш деворидаги ёғни йўқотиб бўлмаса, идишни хромли аралашма (дихромат $K_2Cr_2O_7$ нинг концентрланган 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 дона чинни 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 дисстилланган 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?

XIX 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 қуритиш ҳамда қиздириш ёрдамида маълум таркибли барқарор бирикмага айлантирилади (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 қуритиш 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 тарозида 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 стаканда 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:

$BaSO_4$ чўктириладиган шакл —қиздириш→ $BaSO_4$ гравиметрик (тортма) шакл

Бошқа ҳолларда чўктириладиган ва тортма шакллар бир-биридан кимёвий таркиби билан фарқ қилади:

$$\underset{\text{чўктириладиган шакл}}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{қиздириш}} \underset{\text{тортма шакл}}{CaO+CO_2}$$

Чўктириладиган шакл ҳам, гравиметрик (тортма) шакл қам маълум талабларга жавоб бера олишлари лозим.

Чўктириладиган шаклга қўйиладиган талаблар:

1. Кам эрувчан бўлиши керак. Эрувчанлик $1\cdot10^{-7}$-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 CaC_2O_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 миқдорига 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 чўкмани 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. Текширириладиган $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ нинг тортимининг массаси қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

233,43 г $BaSO_4$ олиш учун 244,31 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$
0,5 г $BaSO_4$ >> >> m г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

$$m_{BaCl_2 \cdot 2H_2O} = \frac{0,5 \cdot 244,31}{233,43} \approx 0,52г$$

Барий хлорид кристаллогидратининг тортими 0,5-0,6 г атрофида бўлиши мумкин, ўз-ўзидан равшанки, тортиб олинувчи модданинг массаси тўртинчи белгигача маълум бўлиши лозим. Олайлик, $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ нинг олинган тортими 0,5234 г бўлсин. Бу массадан келиб чиқиб, чўктирувчи реагентнинг зарур миқдорини ҳисоблаш қийин эмас:

Реакция тенгламаси:

$$BaCl_2 \cdot 2H_2O + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2H_2O + 2HCl$$

бўйича

244,31 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ учун 98,06 г H_2SO_4 сарф бўлади

0,5234 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ учун m г H_2SO_4 сарф бўлади.

$$m_{H_2SO_4} = \frac{0,5234 \cdot 98,06}{244,31} \approx 0,2101г$$

Сулфат кислотанинг массасидан унинг эритмаси ҳажмига ўтамиз. Лабораторияда H_2SO_4 нинг 2N эритмаси бор бўлса, бу эритманинг қанча ҳажмида 0,2101 г сулфат кислота борлигини ҳисоблаб топамиз.

98,06 г H_2SO_4 2N эритманинг 1000 мл да бўлади.

0,2101 г H_2SO_4 2N эритманинг V мл да бўлади.

$$V_{H_2SO_4} = \frac{0,2101 \cdot 1000}{98,06} \approx 2мл$$

Шундай қилиб, 0,5234 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ дан барийни чўктириш учун сулфат кислотанинг 2N эритмасидан 2 мл. керак бўлади. Назарий ҳисобланган бу ҳажмдаги H_2SO_4 барий ионларини тўлиқ чўктириш етарли бўлмайди. Абсолют эримайдиган моддалар мавжуд бўлмаганлиги сабабли, барий сулфат $BaSO_4$ чўкмаси устида эритмадаги чўктирилмаган Ba^{2+} ионлари маълум миқдорда бўлади. Бинобарин, эритмада қолган Ba^{2+} ионлари концентрациясини камайтириш ва

уларни чўктириш учун, SO_4^{2-} анионлари концентрациясини ошириш, яъни ортиқча чўктирувчи H_2SO_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 H_2SO_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. Чўктирилаётган бирикмалар, ўзи чўктирилаётган муҳитда амалда эримаслиги керак, шундагина текшириладиган моддани эритмадан чўкмага миқдоран ўтказиш мумкин.

Эритмада чўкма ҳосил бўлиши турли жараёнларни бирга йўналиши билан мураккаблашади. Ҳосил қилиналиган чўкмаларнинг ифлосланиши биргалашиб чўкиш ҳисобига бўлади.

Айни шароитда ишлатилаётган реактив билан чўкма бермайдиган бегона моддаларнинг чўктирилаётган бирикма билан биргалашиб чўкмага тушиши биргалишиб чўкиш деб аталади. Масалан, нисбатан яхши эрийдиган MgC_2O_4 кам эрувчи CaC_2O_4 билан, Na_2SO_4 эса кам эрувчи $BaSO_4$ билан биргалашиб чўкади.

Биргалашиб чўкишнинг асосий сабаблари қуйидагилар ҳисобланади:

1. Чўктириладиган модда билан эритмадаги қўшимчалар ўртасида кимёвий бирикмалар ҳосил бўлиши.

2. Бир хил шаклда кристалланувчи чўктирилаётган 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

ҳамма 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 хатонинг 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 чўкади. 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. Шуни 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 **пептизация** 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 томизилади. 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 кўпчилик 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 массаси 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 ($Fe(OH_3)$, $Al(OH)_3$ кабилар) ана шундай филтр қоғозлар ёрдамида ажратилади.

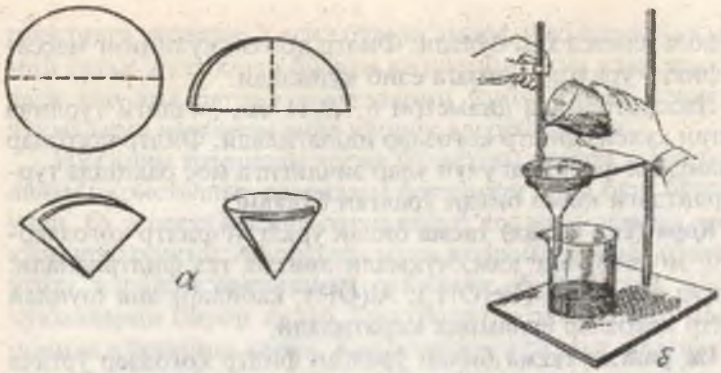
Оқ рангли тасма билан ўралган филтр қоғозлар ўртача зичликка эга бўлиб, улар кристалл чўкмаларни филтрлаш учун ишлатилади.

Кўк рангли тасма билан ўралган филтр қоғозлар энг зич бўлиб, улар майда кристаллардан иборат чўкмалар ($BaSO_4$, CaC_2O_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 букланиб, бурчаги 60^0 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 тумшуғига 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 чўкмаларни 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 ювувчи суюқликни озгина улуши томчилатиб қуйилади 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, $BaSO_4$ чўкмаси таркибида хлорид Cl^- ионларини тўлиқ ювилганлигини текшириб кўриш учун филтратдан 1–2 мл олиб, унинг муҳити HNO_3 ёрдамида кислотали муҳитга келтирилиб, $AgNO_3$ 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°С 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 сулфат $BaSO_4$ чўкмаси маълум ҳароратда 45 минут қиздирилади, калций оксалат CaC_2O_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 қисмнинг 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 катталик 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 сулфат 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 сулфатнинг 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, ρ - 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

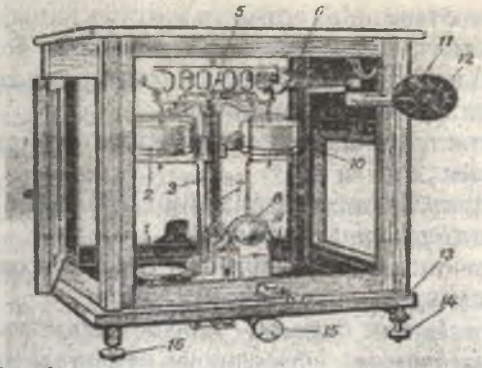
19.7. Аналитик тарози ва унда тортиш қоидалари

Аналитик тарози жуда аниқ ўлчов ускунаси бўлиб, кимёвий 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 қоидаларини 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 гилоф ичида сақланади. Гилофнинг олд томонида кўтариладиган ва икки ён томонида суриладиган ойнаванд эшикчалари бўлади. Гилоф 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 учида 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 осиладиган 10 дан 500 мг гача тошлар жойлаштирилган механизм билан таъминланган. Тошларни бошқариш гилофнинг 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 массани 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, бюкслларда 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 тугалланган, тарози арретирланиб, эшикчалари бекитилиши, 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 экранида ҳаракатланаётган шкала тасвири кўринади. Тезда демпферлар ҳисобига тарози милининг тебраниши тўхтаб, вейтограф экранидаги

ҳаракатланмайдиган вертикал чизиқ шкаланинг нул 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 тарозида 0,01 г аниқликкача ўлчаб олинади, сўнг аналитик тарозида аниқ тортилади.

Тарозининг чап палласига тортиладиган намуна ёки идиш, ўнг паласига 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 ғилофи 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. Микрошкалалаги йирик бўлакларнинг 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=1,6945г 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 крисссталлизацион сув миқдорини аниқлашдир.

Модда таркибидаги кристаллизацион сув кристаллогидратни доимий массага қадар қуритиш йўли билан аниқланади. Оксалат кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ қуритиладиган температура 110 -112^{0}C; $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ учун 120-125^{0}C; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ учун 140-150^{0}C ва ҳоказо.

Анализни бажариш тартиби:

1) Тортим олиш. Тозалаб ювилиган 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-кимёвий 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 тўшалади. Шундай ҳолатда бюксни қуритиш шкафида 120-125^{0}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 қуритишни 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 қуритишга қадар ўлчашлар

1. Бюкснинг биринчи тортишдаги массаси 12,4234 г
2. Бюкснинг иккинчи тортишлаги массаси 12, 4232 г
3. Бюкснинг доимий массаси 12,4232 г
4. Бюкснинг $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ билан массаси 13, 9602 г
5. Барий хлорид тортими массаси 1,5368 г

Кристаллогидратни қуритиш жараёнидаги ўлчашлар

6. Бюкснинг модда билан биринчи қуритишдаги массаси 13,7352 г
7. Бюкснинг модда билан иккинчи қуритишдаги массаси 13,7342 г
8. Бюкснинг модда билан учинчи қуритишдаги массаси 13,7340 г
9. Бюкснинг модда билан қуритилгач доимий массаси 13,7340 г

Тортимдаги кристаллизацион сувнинг процент миқдори

$13,9602 \text{ г} - 13,7340 = 0,2262 \text{ г}$

1,5368 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ таркибидаги 0,2262 г H_2O бор.

100 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ таркибида m H_2O бор.

$$m_{H_2O} = \frac{0,2262 \cdot 100}{1,5368} = 14,72г$$ 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

$$m_{H_2O} = \frac{36,03 \cdot 100}{244,3} = 14,75г$$ ёки 14,75%

Анализнинг абсолют хатоси 14,72-14,75%=-0,03% ни ташкил этади. Анализнинг нисбий хатосини қуйидагича 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) ±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. Тортим олиш. Майдоннинг турли жойларидан 15–20 см чуқурликдан тупроқ намунасидан 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°С гача қиздирилган қуритиш шкафига қўйилади. Бунда бюкс қопқоғини олиб қуритиш шкафидаги 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 қопқоги 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:

$$\text{тупроқнинг намлиги, } \% = \frac{m_к}{m_н} \cdot 100\%$$

бу ерда, $m_к$ – қуритилган тупроқ массаси, г;

$m_н$ – 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 $FeCl_3$ эритмасидан олиб, унга 3–5 мл 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 NH_4OH 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 NH_4OH 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 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°С 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 торишдаги 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 Fe_2O_3 2 мол $FeCl_3$ дан ҳосил бўлиши сабабли

1 мол = 159,68г Fe_2O_3 га 2 мол=324,42г $FeCl_3$ тўғри келса,

0,1702г Fe_2O_3 га m г $FeCl_3$

$$m_{FeCl_3} = \frac{324,42 \cdot 0,1702}{159,68} = 0,3458г$$

Темир (III) хлорид таркибидаги темирнинг процент миқдори

162,21 г $FeCl_3$ таркибида 55,85 г Fe бор.

0,3458 г $FeCl_3$ таркибида m г Fe бор

$$m_{Fe} = \frac{55,85 \cdot 0,3458}{162,21} = 0,1191г$$

Топилган масса неча процентни ташкил этиши топилади:

0,3458 г $FeCl_3$ - 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?
А) Таркибнинг доимийлик қонуни;
В) Массанинг сақланиш қонуни;
С) Эквивалентлар қонуни;
Д) Массалар таъсири қонуни;
Е) Юқорида санаб ўтилган ҳамма қонунлар.

2. Барий ионини барий сулфат ҳолида аниқлаш учун барий хлорид кристаллогидрати тортимининг массаси қанча бўлиши керак?
А) 0,1 г;
В) 0,52 г;
С) 1-1,5 г;
Д) Ҳоҳлаганча;
Е) 0,05 г.

3. Чўкмани тўлиқ чўкишига қандай омиллар таъсир кўрсатади?
А) Чўктирувчи миқдори;
В) Эритманинг pHи;
С) Чўктирилган бирикманинг эрувчанлиги;
Д) Эритма pHи, чўктирувчи рагент миқдори, чўкманинг эрувчанлиги;
Е) Чўктирувчи миқдори ва эритманинг pH қиймати.

4. Анализ учун чўктирувчи реагент эритмасидан қанча ҳажм олиш тавсия этилади?

А) Эквивалент;

В) Ҳоҳлаганча ортиқча;

С) Ҳисоблагандагидан бир ярим марта кўп;

Д) Уч марта ортиқча;

Е) Ҳисоблаган ҳажмдан камроқ.

5. Чўктиришдан кейин кристалл чўкма нима учун тинч қолдирилади?

А) Чўкманинг етилиши учун;

В) Тўлиқ чўкиш учун;

С) Биргаликда чўкиш учун;

Д) Биргаликда чўккан заррачаларнинг десорбцияси учун;

Е) Қўшимчалар адсорбиланиши учун.

6. Чўкманинг етилиши жараёни нима билан ифодаланади?

А) Заррачаларнинг йириклашиши;

В) Майда кристалларнинг эриши;

С) Кўпроқ тўлиқ чўкиши;

Д) Майда кристалларнинг эриши ҳисобига заррачаларнинг йириклашиши;

Е) Адсорбциянинг кучайиши.

7. Чўкмали тигелни доимий массага келтиришда қайси навбатдаги тортишдан кейин қиздириш тамомланади?

А) 10,3639 г;

В) 10.3633 г;

С) 10,3629 г;

Д) 10,3626 г;

Е) 10,3624 г.

8. 0,3664 г барий хлорид кристаллогидрати эритмасидан барий ионларини чўктириш учун сулфат кислотанинг 5% - ли эритмаси (ρ=1,03 г/мл) дан неча миллитр олиш керак?

А) 0,88 мл;

В) 1,16 мл;

С) 4,3 мл;

Д) 2,86;

Е) 10 мл.

9. 10 г $NaSO_4 \cdot 10\ H_2O$ сақловчи эритмадан сулфат ионларини барий хлорид кристаллогидратининг 9% - ли эритмасидан (ρ=1,07 г/мл) қанча ҳажм кераклигини чўктирувчидан бир ярим баравар ортиқча олинишини назарда тутиб ҳисобланг.

A) 103 мл;
B) 155 мл;
C) 78,7 мл;
Д) 118 мл;
E) 39,35 мл.

10. Эритмада 0,5324 г барий хлориднинг дигидрати эриган бўлса, шу эритмадан барий ионларини чўктириш учун C(½ H_2SO_4) = 1 мол/л бўлган сулфат кислота эритмасидан неча милллилитр кераклигини чўктирувчи ҳисоблагандан бир ярим баравар ортиқча олинишини назарда тутиб ҳисобланг.

A) 6,6 мл;
B) 4,4 мл;
C) 2 мл;
Д) 5,4 мл;
E) 7,2 мл.

11. Барий ионини барий сулфат ҳолида аниқлашдаги аналитик кўпайтирувчи нечага тенг?

A) 1,698;
B) 0,5887;
C) 1,177;
Д) 0,2493;
E) 0,2944.

12. Темирни гравиметрик анализида гравиметрик шакл Fe_2O_3 ҳолида аниқлашдаги қайта ҳисоблаш омили қайси қийматга тенг бўлади?

A) 1,39;
B) 0,362;
C) 0,6994;
Д) 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%
Д) 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%;
Д) 2,5%;
E) 1,5%.

15. Тортими 0,5000г бўлган қотишма эритилиб, чўктирилганда 0,2861г кумуш хлорид ҳосил бўлган бўлса, қотишмадаги кумушнинг масса улуши нимага тенг бўлади?

A) 21,5%;
B) 43%;
C) 14,1%;
Д) 76,1%;
E) 24,9%.

16. Барий сулфатнинг гравиметрик шаклининг массаси 0,4665 г бўлса, барий хлорид кристалогидратининг массаси 0,4888г бўлган тортимидаги барийнинг масса улуши қанча бўлади?

A) 10,5%;
B) 17%;
C) 56,14%
Д) 62%;
E) 43,86%.

17. Тортими массаси 0,5015 г бўлган оҳактошдан анализда гарвиметрик шаклининг массаси 0,3248 г калций оксид

олинган бўлса, калцийнинг оҳактошдаги масса қисми нечага тенг бўлади?

A) 42,29%;
B) 96,54%;
C) 25,9%;
Д) 36,26%;
E) 57,71%.

18. 0,3672 г калций хлорид кристаллогидрати $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ дан неча грамм калций оксид олиш мумкин?

A) 0,01701 г;
B) 0,09399 г;
C) 0,1799;
Д) 0,30 г;
E) 0,1719 г.

19. Темирни Fe_2O_3 ҳолида аниқлаш учун (чўкма миқдорини 0,2 г деб ҳисобга олинса) темир (II) сулфат кристаллогидрати $Fe_4SO_2 \cdot 7H_2O$ дан қанча тортим олиш керак?

A) 0,65 г;
B) 0,62 г;
C) 0,5 г;
Д) 0,7;
E) 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.

A) 0,30%;
B) 1,505%;
C) 1,03%;
Д) 30,1%;
E) 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 охирги маҳсулотлар хоссаларига таъсир қилмаслиги керак.

5. Титриметрик аниқлашда қўшимча реакциялар бормаслиги керак.

6. Эквивалент нуқтани аниқлашга ва асосий реакциянинг боришига халақит берувчи моддалар олдиндан йўқотилиши лозим.

Анализнинг титриметрик методини гравиметрик методга нисбатан фарқ қиладиган томонлари бор ва улар қуйидагилардан иборат:

– аниқлашларни бажаришда массани ўлчаш ҳажмни 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 асосланган дир.

Титриметрик методнинг асосий афзаллиги аниқлашларнинг тез бажарилишидир, чунки ҳажмни ўлчаш, массани ўлчашга нисбатан анча кам вақтни эгаллайди. Титриметрик анализда узоқ давом этадиган чўкмани қуритиш, қиздириш ва доимий массага келтириш жараёнлари бажарилмайди. Масалан, сулфат 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

$$H^+ + OH^- = H_2O \quad H_3O^+ + OH^- = 2H_2O$$

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 (Fe^{2+}, $C_2O_4^{2-}$, NO_2^- кабилар) ёки оксидловчилар ($C_2O_7^{2-}$, MnO_4^-, ClO_3^-, Fe^{3+} кабилар) ни миқдоран аниқлашда фойдаланилади. Редоксиметриянинг айрим методларининг номи аниқлашда қўлланиладиган ишчи титрланган эритмалар номланишидан келиб чиқади. Бу методлардан кенг қўлланиладиганлари қўйидагилардир:

Перманганатометрияда оксидловчи сифатида калий перманганат $KMnO_4$ нинг ишчи титрланган эритмаси ишлатилади.

Йодометрия эркин йод J_2нинг 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 алмашиниш 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 (комплексонометрия) 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 (ёрдамчи 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 KJ қўшилади. Бунда ажралиб чиққан йод ёрдамчи 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 концетрацияларини ифодалаш усуллари анорганик 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 Т ҳарфи билан белгиланади ва уни қуйидаги формула бўйича топиш мумкин:

$$T = \frac{m}{V} г/мл$$

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 айни эритманинг титри қуйидаги формула бўйича топилади:

$$T = \frac{N \cdot Э}{1000}$$

бу ерда, N – эритманинг нормаллиги; Э – эриган модданинг эквивалент масасаси.

Аниқ маълум концетрацияли 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 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ натрий карбонат Na_2CO_3, оксалат кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, натрий оксалат $Na_2C_2O_4$, қаҳрабо кислота $H_2C_2H_4O_4$, калий хлорид KCl, натрий хлорид NaCl, калий дихромат $K_2Cr_2O_7$ ва бошқалар мисол бўла олади.

Стандарт эритмалар (керакли концетрациядаги маълум ҳажмли) тайёрлашдаги модданинг тортими массаси ушбу формуладан ҳисоблаб топилади.

$$m = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000}$$

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.

$$K = \frac{\text{тортимнинг амалдаги массаси}}{\text{тортимнинг назарий ҳисобланган массаси}} = \frac{0,5312}{0,5300} = 1,00226$$

Бинобарин, тайёрланган эритма концентрацияси тайёрланиши лозим бўлган эритма концетрациясига 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 тиосулфат 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, тортимининг 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. Фиксинал-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 бажарилади.

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 эритмалар титрланади.

Б) **Пипетка усули** — аниқланувчи (ёки бошланғич) модданинг аниқ тортими ўлчов колбасига солинади, дистилланган сувда эритилади, эритмани сув қўшиб колба белгисигача етказилади, яхшилаб аралаштирилади. Сўнг пипетка билан эритмадан маълум қисми олиниб титрлаш колбасига ўтказилади ва концентрацияси аниқ реагент эритмаси билан титрланади. Титрлашни 3—4 марта такрорланиб, ўртача қиймат олинади.

Шуни таъкидлаш лозимки, айрим тортимлар усули нисбатан бир-бирига яқин натижалар беради, чунки ҳажмни ўлчаш фақат бир марта бюретка бўйича ўтказилади.

Пипетка усули, биринчи усулга нисбатан камроқ аниқликка (ҳажмни уч карра ўлчанади) эга бўлишига қарамасдан, қулайлиги ва аниқлашнинг тез бажарилиши (тортиш сони кам бўлиши) билан афзал ҳисобланади.

20.4. Титриметрик анализдаги ҳисоблашлар

Миқдорий анализ амалиётида кўпинча эритмалар концентрацияларини ифодалашнинг бир усулидан иккинчи усулига 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 (ρ=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:

$$m_{HCl} = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000} = \frac{0{,}1 \cdot 36{,}46 \cdot 10000}{1000} = 36{,}46г$$

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

$$X = \frac{100 \cdot 36{,}46}{38{,}30} = 95{,}20г$$ эритмада.

Ва ниҳоят шунча миқдор массадаги эритманинг ҳажмини ҳисоблаб топамиз.

$$V_{HCl} = \frac{m}{\rho} = \frac{95{,}2}{1{,}19} = 80мл$$

Бинобарин, 10 литр 0,1 N эритма тайёрлаш учун 80 мл конц. HCl (ρ=1,19г мл) ўлчаб олиб унинг ҳажмини дистилланган сув қўшиб, ҳажмини 10 литрга етказилади.

2-мисол. 0,2N 1 литр эритма тайёрлаш учун натрий карбонат Na_2CO_3 дан неча грамм керак бўлади?

Ечиш: Натрий карбонатнинг эквивалент массасини уни молекуляр массасини ($M_2(Na_2CO_3)=106$) билган ҳолда ҳисоблаймиз:

$$Э_{Na_2CO_3} = \frac{106}{2} = 53г$$

Эквивалент массаси қийматидан фойдаланиб, 1 литр 0,2N эритма тайёрлашга керак бўладиган Na_2CO_3 тортими массасини ҳисоблаймиз:

$$m_{Na_2CO_3} = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000} = \frac{0{,}2 \cdot 53 \cdot 1000}{1000} = 10{,}6г$$

Демак, аналитик тарозида 10,6 г Na_2CO_3 тортими ўлчаниб, 1 литрли ўлчов колбасида дистилланган сувда эритилади.

3-мисол. 0,2N эритма ҳосил қилиш учун хлорид кислотанинг 0,8N 100 мл эритмасига қанча сув қўшиш керак?

Ечиш: 0,8N 100 мл HCl эритмасидан неча мл 0,2N эритма тайёрлаш мумкинлигини ҳисоблаймиз:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{0{,}8 \cdot 100}{0{,}2} = 400 мл$$

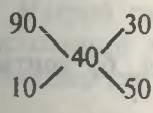
400 мл 0,2N эритма тайёрлаш учун HCl нинг 0,8N 100 мл эритмасига қанча сув қўшиш лозим эканлигини қуйидагича топамиз:

$$V_{H_2O} = V_2 - V_1 = 400 - 100 = 300 мл$$

4-мисол. 40-процентли 800г эритма ҳосил қилиш учун сулфат кислотанинг 90%-ли ва 10%-ли эритмаларни қандай массаларда аралаштириш керак?

Ечиш: Бу ҳолда «диагонал қоидаси»нинг график усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Бу қоидага асосан, қуйидаги график кўринишни тузамиз:



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:

$$m_A = \frac{800 \cdot 30}{30 + 50} = \frac{24000}{80} = 300 г$$

$$m_B = \frac{800 \cdot 50}{30 + 50} = \frac{40000}{80} = 500 г$$

Бинобарин, 90%-ли эритмадан 300г ва 10%ли эритмадан 500г олиш керак.

2. **Титрлаш натижалари билан боғлиқ ҳисоблашлар.** Эритмалар концентрациялари нормаллик билан ифодаланганда-ги 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. Na_2CO_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 Na_2CO_3 тортими массасини ҳисобланг.

Ечиш: Тенглама $V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$ дан фойдаланиб, натрий карбонат эритмаси нормаллигини топамиз:

$$V_{Na_2CO_3} \cdot N_{Na_2CO_3} = V_{HCl} \cdot N_{HCl}$$

Бу ердан,

$$N_{Na_2CO_3} = \frac{V_{HCl} \cdot N_{HCl}}{V_{Na_2CO_3}} = \frac{20{,}20 \cdot 0{,}1010}{25{,}00} = 0{,}08160$$

Na_2CO_3 эритмаси нормаллиги топилгач, бу эритма титри ҳисобланади:

$$T_{Na_2CO_3} = \frac{N(Na_2CO_3) \cdot Э(Na_2CO_3)}{1000} = \frac{0{,}8160 \cdot 53{,}00}{1000} = 0{,}004325 г/мл$$

Титр қийматидан фойдаланиб 250,0 мл эритмадаги эритилган Na_2CO_3 массаси топилади:

$$m(Na_2CO_3) = T \cdot V = 0{,}004325 \cdot 250 = 1{,}081 \text{ г}$$

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 тортимлар 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:

$$H_2C_2O_4+2NaOH = Na_2C_2O_4+2H_2O$$

$$Э_{H_2C_2O_4} = \frac{126,06}{2} = 63,03г$$

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,

$$N(NaOH) = \frac{1000\cdot 0,1590}{24,60\cdot 63,03} = 0,1026$$

$$T(NaOH) = \frac{N(NaOH)\cdot Э(NaOH)}{1000} = 0,004105г/мл$$

2. **Эритманинг концентрацияси ишчи эритманинг титри билан ифодалангандаги ҳисоблашлар.**

Мисол. Сулфат кислота эритмасининг 25,00 мл ни титрлаш учун титри T(NaOH)=0,004316 г/мл бўлган NaOH эритмасидан 27,15 мл сарфланди. Сулфат кислота эритмасининг 500,0 мл да неча грамм H_2SO_4 борлигини ҳисобланг.

Ечиш: Реакция тенгламаси тузилади:

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

Реакция учун сарф бўлган NaOH массаси топилади:

$$m(NaOH) = T(NaOH) \cdot V(NaOH) = 0,004316 \cdot 27,15 = 0,1172 г$$

Моддалар эквивалент нисбатда реакцияга киришганлиги учун:

49,04г H_2SO_4 билан 40,01г NaOH реакцияга киришди.

m_2 г H_2SO_4 билан 0,1172 г NaOH реакцияга киришди.

$$m(H_2SO_4) = \frac{0,1172 \cdot 49,04}{40,01} = 0,1437 г$$

Бу ердан,

$$T(H_2SO_4) = \frac{0,1437}{25,00} = 0,005748 г/мл$$

500 мл эритмадаги эриган H_2SO_4 массаси топилади:

$$m(H_2SO_4) = T(H_2SO_4) \cdot V(эритма) = 0,005748 \cdot 500,0 = 2,874 г.$$

4. **Эритма концентрацияси аниқланувчи модда бўйича титр билан ифодаланганда ги 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:

$$T = \frac{N \cdot Э}{1000},$$

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 CH_3COOH бўйича титрини топамиз:

$$T_{(NaOH/CH_3COOH)} = \frac{N(NaOH)\cdot Э(CH_3COOH)}{1000} =$$

$$= \frac{0,1145\cdot 60,05}{1000} = 0,006876 г/мл$$

Маълум ҳажмдаги эриган аниқланувчи модда массаси ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри асосида қуйидаги тенгламадан топилиши мумкин;

$$m_{(аниқ\ эритма)} = T_{(ишчи\ эритма/аниқ.модда)} V_{ишчи\ эритма} \frac{V_{ўлчов\ колба}}{V_{пипетка}}$$

бу ерда, m – эритмадаги аниқланувчи модда массаси, г;

T – ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри, г/мл;

$V_{ишчи\ эритма}$ – титрлаш учун сарфланган ишчи эритманинг ҳажми, мл;

$V_{ўлчов\ колба}$ – аниқланувчи модда эритмасининг умумий ҳажми, мл;

$V_{пипетка}$ – титрлаш учун пипеткада ўлчаб олинган аниқланувчи модда эритмасининг ҳажми, мл.

б) Сирка кислотанинг умумий миқдорини топилади:

$$m(CH_3COOH) = T(NaOH/CH_3COOH)\cdot V_{NaOH} \frac{V_{улчов.колб.}}{V_{пипетка}} =$$

$$= 0,006876\cdot 20,50\cdot \frac{500}{25} = 2,819 г$$

Мисол. Сулфат кислота эритмасининг 25,00 мл ни титрлаш учун титри T(NaOH)=0,004316 г/мл бўлган NaOH эритмасидан 27,15 мл сарфланди. Сулфат кислота эритмасининг 500,0 мл да неча грамм H_2SO_4 борлигини ҳисобланг.

Ечиш: Реакция тенгламаси тузилади:

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

Реакция учун сарф бўлган NaOH массаси топилади:

$$m(NaOH) = T(NaOH) \cdot V(NaOH) = 0,004316 \cdot 27,15 = 0,1172 г$$

Моддалар эквивалент нисбатда реакцияга киришганлиги учун:

49,04г H_2SO_4 билан 40,01г NaOH реакцияга киришди.

m_2 г H_2SO_4 билан 0,1172 г NaOH реакцияга киришди.

$$m(H_2SO_4) = \frac{0,1172 \cdot 49,04}{40,01} = 0,1437 г$$

Бу ердан,

$$T(H_2SO_4) = \frac{0,1437}{25,00} = 0,005748 г/мл$$

500 мл эритмадаги эриган H_2SO_4 массаси топилади:

$$m(H_2SO_4) = T(H_2SO_4) \cdot V(\text{эритма}) = 0,005748 \cdot 500,0 = 2,874 г.$$

4. **Эритма концентрацияси аниқланувчи модда бўйича титр билан ифодаланганда ги 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:

$$T = \frac{N \cdot Э}{1000},$$

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 CH_3COOH бўйича титрини топамиз:

$$T_{(NaOH/CH_3COOH)} = \frac{N(NaOH)\cdot Э(CH_3COOH)}{1000} =$$

$$= \frac{0{,}1145\cdot 60{,}05}{1000} = 0{,}006876 г/мл$$

Маълум ҳажмдаги эриган аниқланувчи модда массаси ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри асосида қуйидаги тенгламадан топилиши мумкин;

$$m_{(аниқ\ эритма)} = T_{(ишчи\ эритма/аниқ.модда)} V_{ишчи\ эритма} \frac{V_{ўлчов\ колба}}{V_{пипетка}}$$

бу ерда, m – эритмадаги аниқланувчи модда массаси, г;

T – ишчи эритманинг аниқланувчи модда бўйича титри, г/мл;

$V_{ишчи\ эритма}$ – титрлаш учун сарфланган ишчи эритманинг ҳажми, мл;

$V_{ўлчов\ колба}$ – аниқланувчи модда эритмасининг умумий ҳажми, мл;

$V_{пипетка}$ – титрлаш учун пипеткада ўлчаб олинган аниқланувчи модда эритмасининг ҳажми, мл.

б) Сирка кислотанинг умумий миқдорини топилади:

$$m(CH_3COOH) = T(NaOH/CH_3COOH)\cdot V_{NaOH} \frac{V_{улчов.колб.}}{V_{пипетка}} =$$

$$= 0{,}006876\cdot 20{,}50\cdot \frac{500}{25} = 2{,}819 г$$

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 титри 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?

A) Массанинг сақланиш қонуни;
B) Эквивалентлар қонуни;
C) Таркибнинг доимийлик қонуни;
Д) Каррали нисбатлар қонуни;
E) Массалар таъсири қонуни.

2. Реакцияга киришувчи моддалар миқдорлари эквивалент бўлгандаги титрлаш дақиқаси қандай номланади?

A) Нейтраллаш нуқтаси;
B) Титрлашнинг охирги 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;
Д) Фиксинал 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;
Д) 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 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 KOH бўлади?

А) 0,618г;

В) 0,00618г;

С) 0,0618г;

Д) 0,0309г;

Е) 0,309г.

11. 20,00 мл сулфат кислота эритмасини нейтраллаш учун натрий гидроксиднинг 0,09641N эритмасидан 19,50 мл сарфланди. Сулфат кислота эритмасининг нормаллиги қандай?

A) 0,09993 мол/л;
B) 0,4996 мол/л;
C) 9,993 мол/л;
Д) 0,9993 мол/л;
E) 0,3999 мол/л.

12. Ҳажми 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. Сулфат кислотанинг 0,2N эритмасидан 2л тайёрлаш учун зичлиги 1,84 г/мл бўлган сулфат кислотадан қанча ҳажм олиш керак?

A) 0,55 мл;
B) 5,5 мл;
C) 55 мл;
Д) 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;
Д) 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;

B) 0,4 мл;
C) 400 мл;
Д) 4,0 мл;
E) 40 мл.

16. Натрий карбонатнинг 0,2648г тортимини нейтраллаш учун HCl нинг 0,1970N эритмасидан 24,45 мл сарфланди. Ифлосланган сода намунасида неча фоиз Na_2CO_3 бўлади?
A) 48,25%;
B) 90,50%;
C) 96,50%;
Д) 95,60%;
E) 9,65%.

17. 0,03402г кумуш натратни титрлаш учун HCl эритмасидан 20,02 мл сарфланди. Хлорид кислотанинг Ag^+ буйича титри $T(HCl/Ag^+)$ қийматини ҳисобланг.
A) 0,01078г/мл;
B) 0,1078 г/мл;
C) 0,007018 г/мл;
Д) 0,001078 г/мл;
E) 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 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ нинг масса қисми (%) ни ҳисобланг.
A) 94,25%;
B) 92,45%;
C) 91,25%;
Д) 92,15%;
E) 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 $AgNO_3$ нинг 0,9850N эритмасидан 24,37 мл сарфланди. Текширилаётган кислотанинг 1 литр эритмасида неча грамм HCl бўлади?
A) 305г;

B) 350г;
C) 503г;
Д) 175г;
E) 35,0 г.

20. 250 мл оксалат кислота эритмасидан 25 мл ни титрлаш учун $KMnO_4$ нинг 0,05316N эритмасидан 21,35 мл сарфланди. Тайёрланган эритмада неча грамм $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ бўлади?
A) 0,3553г;
B) 71,53г;
C) 0,7153г;
Д) 7,153г;
E) 0,07153г.

21. Титри 0,001150 г/мл бўлган чумоли кислотанинг 15,00 миллилитрини титрлаш учун калий гидроксиднинг эритмасидан 12,50 мл кетди. KOH эритмасининг нормаллиги ва титрини аниқланг.
A) 0,0300N; 0,001680 г/мл;
B) 0,300N, 0,01680 г/мл;
C) 0,01680N; 0,0300 г/мл;
Д) 0,1680N; 0,0300 г/мл;
E) 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.

$$H^+ + OH^- = H_2O \text{ ёки } H_3O^+ + OH^- = 2H_2O$$

Бу метод кислоталар (H_2SO_4, HNO_3, HCl, H_3PO_4, CH_3COOH, $H_2C_2O_4$ ва бошқалар), гидроксидлар (KOH, NaOH, $Ba(OH)_2$ ва бошқалар) сувда гидролизланувчи тузлар (Na_2CO_3, K_2CO_3), шунингдек, аралашмалар (NH_4Cl ва 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 **ацидометрия** (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 сулфат кислоталарнинг эритмалари, NaOH ҳамда 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 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ёки қаҳрабо $H_2C_4H_4O_4$ 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 pH қиймати ўзгаришига боғлиқ ҳолда рангини ўзгартиради, шу сабабли улар pH 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 pH нинг кичик оралиғида кескин ўзгариши, рангнинг ўзгариши қайтар бўлиши керак.

Кислота-асосли титрлаш методининг индикаторларининг ранги pH 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 Оствалд томонидан электролитик диссоциланиш назариясига асосланган индикаторларнинг ион назарияси таклиф қилинди. Бу наза-

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:

$$\underset{\text{қизил}}{HJnd} \rightleftharpoons \underset{\text{кўк}}{H^+ + Jnd^-}$$

Айни ҳолда лакмус молекулалари протон донори вазифасини бажаради ва агар эритмага 1-2 томчи натрий гидроксид эритмасидан қўшилса, OH^- ионлари H^+ ионлари билан бирикиб, сув молекулаларини ҳосил қилади. Шу сабабли, мувозанат ўнг томонга силжийди ва Jnd^- ионлари ҳосил бўлиши ҳисобига эритманинг ранги кўк тусли бўлиб қолади. Лакмус эритмасига 1-2 томчи хлорид кислота HCl эритмаси томизилса, мувозанат HJnd молекулалари ҳосил бўлиш (чап) томонга силжийди ва эритма қизил рангли бўлади. Нейтрал муҳит ҳолатида H Ind молекулалари ва Ind^- ионлари эквивалент миқдорларда бўлади, эритма ранги бинафша тусли бўлади.

Бинобарин, баъзи индикаторлар протон донори бўлиб, кислотали индикаторлардир. Бошқа баъзи бир индикаторлар H^+ ионлари акцептори вазифасини бажаргани учун асосли индикаторлар ҳисобланади:

$$JndOH + H^+ \rightleftharpoons Jnd^+ + H_2O$$

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.

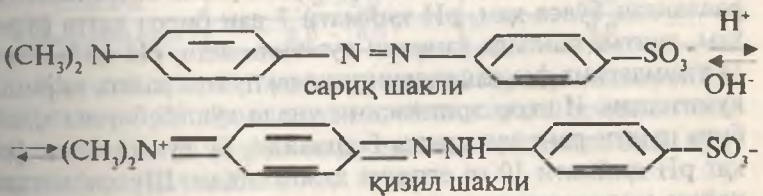
Индикаторларнинг ион назарияси уларнинг рангини эритмага киритилган H^+ ва OH^- ионлари таъсирида ўзгариши механизмини ишонарли тушунтиради. Лекин ион назария органик моддаларнинг тузилишини уларнинг рангига таъсири тўғрисида тўлиқ тасаввур ҳосил қилмайди.

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 бирикиши туфайли қизил рангли ион ҳосил бўлади. Индикатор эритмасига аста-секин ишқор қўшилса, унинг ранги пуштидан сариқ рангга ўтади.



Шуни таъкидлаш керакки, кислота-асосли титрлаш индикторлари бир-бирига ўтиб турувчи шаклларда мавжуд бўла олади. Индикаторнинг бир шаклдан бошқасига ўтиши H^+ ва OH^- ионлари таъсирида вужудга келади.

Ҳозирги замон тасаввурларига кўра, тўғрироқ назария бўлиб, индикаторларнинг ион-хромофор назарияси ҳисобланади. Бу назарияга мувофиқ, индикатор рангининг ўзгариши, индикатор молекуласига водород ионларининг бирикиши ёки H^+ ионларини ажралиши 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 диссоциланишига мойиллиги диссоциланиш константалари билан ифодаланади. 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, pH қиймати ўзгаради. Индикаторлар рангининг ўзгариши ҳам эритма pH нинг ўзгариши билан боғлиқ.

Ҳар бир индикатор фақат маълум бир шу индикатор учун хос бўлган pH 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 pH қиймати эса ошиб боради. Лекин индикатор ранги ишқор қўшилгунча қандай бўлса, шундай рангсизлигича қолади. Ҳамма кислота нейтралланган бўлса ҳам, pH қиймати 7 дан бироз катта бўлса ҳам, эритма рангида ўзгариш кузатилмайди. pH қиймати 8 га етгандагина фенолфталеиннинг оч пушти рангга кириши кузатилади. Ишқор эритмасини янада қўшиб бориш ҳисобига пушти ранг қуюқлаша бошлайди, бу қуюқлашиш фақат pH қиймати 10 га етгунча давом этади. Шу қийматдан кейин индикатор рангининг ўзгариши тўхтайди. Шундай қилиб, фенолфталеин рангининг ўзгариш оралиғи pH қийматининг 8 билан 10 ўртаси ҳисобланади.

Индикатор ўз рангини ўзгартирадиган pH нинг икки қиймати ўртасидаги оралиқ индикатор рангининг ўзгариш оралиғи дейилади.

Метилзарғалдоғи учун ранг ўзгариш оралиғи pH 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, pH нинг қиймати 4,4 дан катта бўлса сариқ рангини сақлаб қолади.

Индикаторнинг диссоциланиш константаси қанчалик катта қийматга эга бўлса, унинг молекулалари шунчалик

осон ионларга парчаланади ва индикатор ўз рангини ўзгартирадиган pH қиймати шунчалик кичик бўлади. Масалан, метил зарғалдоғининг диссоциланиш константаси ($K=10^{-4}$) фенолфталеинникига ($K=10^{-9}$) нисбатан анча катта.

Шу сабабли, метил зарғалдоғининг ўз рангини ўзгартириш оралиғи эритма pH нинг анча кичик қийматлари оралиғида бўлади.

Титрлашнинг боришида ишчи эритмани индикатор рангининг ўзгариши кескин бўлгунча қўшилади. Айни индикатор иштирокида титрлаш тамом қилинадиган pHи нинг қийматини титрлаш кўрсаткичи деб аталади ва pT билан ифодаланади.

Нейтраллаш методида ишлатиладиган муҳим индикаторларнинг рангининг ўзгариши pHининг оралиғи ва pH нинг титрлаш кўрсаткичлари қуйида келтирилади:

Индикаторлар	PH нинг ранг ўзгариши оралиғи	Титрлаш кўрсаткичи, pT
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 pH нинг турли қийматларига эришилганда тўхтатилади, бу қийматлар, одатда, нейтралланиш нуқтасига мос келмайди.

21.4. Титрлаш эгри чизиқлари

Титрлашнинг охирги 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 жараённи 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 pH нинг маълум қийматига ва индикаторнинг рангига мутаносиб бўлади.

Бу жараённи ўрганиш имкониятига эга бўлиш ва керакли индикатор танлаш учун график методдан фойдаланилади. Бунинг учун ордината ўқига pH қийматлари жойлаштирилади, абсцисса ўқига эса қўшилган ишқор (NaOH) эритмасининг миқдори (мл) қўйилади. Бунда pH 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 pH нинг қийматлари ҳисоблаб чиқарилади ва ҳосил қилинган нуқталарни бирлаштириб эгри чизиқ тортилади. Аввал эгри чизиқнинг бошланғич нуқтаси топилади $C(HCl)=0,1N=0,1M$, шу сабабли H^+ ионлари концентрацияси $[H^+]=0,1=10^{-1}$ мол/л ва $pH=1$ бўлади, хлорид кислотанинг ионланиш даражаси $C(HCl)=0,1N$ 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 $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$, бинобарин $pH=7$. Эритмада тузнатрий хлорид бўлиб, бу туз гидролизланмайди, эквива-

лент нуқтада координатлар x_n=20 мл, pH=7 бўлади («2» - нуқта). Бошланғич ва охирги 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.

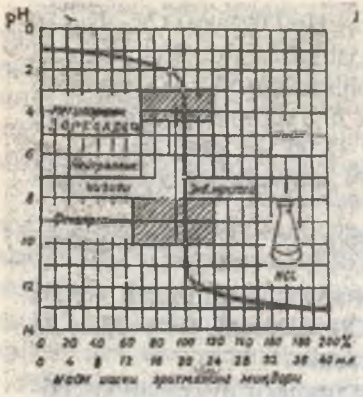
19-жадвалда келтирилган маълумотлар асосида кучли кислота эритмасини кучли асослар билан титрлаш эгри чизиғи тузилади (27-расм).

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 «сакраш» кузатила-



27-расм. 0,1 N HCl эритмасини 0,1 N NaOH эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи.

ди. Агар 99,9% кислотани нейтраллаш вақтида pH 0,1 дан аста-секин 4,0 гача кўтарилган бўлса, жуда оз миқдордаги натрий гидроксид эритмаси (0,1% нейтралланиш нуқтасигача ва 0,1% ортиқча миқдорда) қўшилганда эса pH қиймати 4,0 дан 10,0 гача ортади. Ишқорнинг қўшилган охирги томчиси pH нинг 6 бирликка ўзгаришига $[H^+]$ ни 1000 000 марта камайишига олиб келади, шунинг учун эгри чизиқдаги шу бўлак вертикал ҳолатни эгаллайди, бу вертикал қисм титрлаш эгри чизиғининг pH ни "сакраш" қисми деб юритилади.

Эквивалент нуқтага етиб келгач, ишқор эритмасини қўшишни давом эттирсак $[H^+]$ камаяди ва эгри чизиқнинг иккинчи қисми худди биринчи қисм каби шаклга эга бўлади.

Кучли кислота эритмасини кучли ишқор билан титрлашдаги эгри чизиқ қуйидаги ўзига хос томонларга эга:

а) Эквивалент нуқта нейтралланиш чизиғида жойлашади:

б) Титрлаш эгри чизиғидаги pH нинг "сакраши" (0,1N эритмаларда) катта ораликка эга бўлиб pH=4,0 дан pH=10 гача бўлади.

в) Ишқор эритмасини бордию кислота эритмаси билан титрланганида бошланғич нуқта графикнинг пастки қисмида — pH қиймати 13 га мос келган бўлур эди.

Титрлашнинг эгри чизиғи асосида қуйидаги хулосага келиш мумкин: бу титрлашда метилзарғалдоғи, метил қизил(метил рот), фенолфталеиндан индикаторлар сифатида фойдаланиш мумкин, чунки бу индикаторларнинг титрлаш кўрсаткич pT эгри чизиқдаги pH нинг "сакраш" қисмига мос келади.

2) **Кучсиз кислота эритмасини кучли асос эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи.**

Кучсиз кислота эритмасини кучли асос эритмаси билан титрлашда эгри чизиқ нуқталарини топишда олдинги

вариантдагидек $[H^+]$ ни ҳисоблаш усулини қўллаб бўлмайди. Мазкур ҳолатда эквивалент нуқтадаги pH 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 чизиғининг бошланғич нуқтасини аниқлашда аввало сирка кислотанинг 0,1N эритмасидаги $[H^+]$ қиймати ҳисобланади.

$[H^+]^2 = K_{кисл} \cdot C_{кисл}$ бу ердан, $[H^+] = \sqrt{K_{кисл} \cdot C_{кисл}}$

$$pH = \frac{1}{2} pK_{кисл} - \frac{1}{2} \lg C_{кисл}$$

pK кисл қийматини ҳисобланади:

$$pK\ (CH_3COOH) = -1{,}74 \cdot 10^{-5} = -(0{,}24 - 5{,}0) = 4{,}76$$

$$\frac{1}{2} pK_{кисл} = 4{,}76 : 2 = 2{,}38$$

$$-\frac{1}{2} \lg C(CH_3COOH) = -\frac{1}{2} \lg 10^{-1} = -\frac{1}{2}(-1) = +0{,}5$$

Бинобарин, pH = 2,38+0,5=2,88

Эквивалент нуқтадаги pH қиймати бу ҳолда гидролиз ҳодисасини ҳисобга олган ҳолда ҳисобланади, чунки титрлашда ҳосил бўлган натрий ацетат сув таъсирида гидролизланади.

$$CH_3COONa + H_2O = CH_3COOH + NaOH$$

Демак, эритма муҳити ишқорий бўлади ва

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_{сув} \cdot C_{туз}}{K_{кисл}}},\quad pOH = 7 - \frac{1}{2} pK_{кисл} - \frac{1}{2} \lg C_{туз}$$

pH қийматига ўтилса:

$$pH = 14 - pOH = 14 - (7 - \frac{1}{2} pK_{кисл} - \frac{1}{2} \lg C_{туз}) =$$

$$= 7 + \frac{1}{2} pK_{кисл} + \frac{1}{2} \lg C_{туз}$$

$pK_{кисл}$ қиймати юқоридагидек бўлади, яъни 4,76, $C_{туз}$ 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:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}76 - \frac{1}{2} \cdot 1{,}3 = 8{,}73$$ келиб чиқади.

pH нинг титрлаш эгри чизиғининг оралиқ нуқталарига мос келадиган қийматларини ҳисоблаш учун кучсиз кислота ва унинг тузлари эритмаларидаги $[H^+]$ ва pH ни топишда қўлланиладиган формулалардан фойдаланилади:

$$[H^+] = \frac{K_{кисл} \cdot C_{кисл}}{C_{туз}}$$ ва $$pH = pK_{кисл} - \lg \frac{C_{кисл}}{C_{туз}}$$

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:

$$C_{кисл} = \frac{0{,}1 \cdot (20 - 10)}{20 + 10} = 0{,}03 мол/л$$

Тузнинг концентрацияси ҳам қуйидагича бўлади:

$$C_{туз} = \frac{0{,}1 \cdot 10}{30} = 0{,}03 мол/л$$

Бу қийматларни pH ни ҳисоблаш формулага қўйсак:

$$pH = 4{,}76 - \lg\frac{0{,}03}{0{,}03} = 4{,}76$$

келиб чиқади. Шундай йўл билан ҳамма керакли оралиқ нуқталарни (pH қийматларини) ҳисоблаб чиқариш ва 20-жадвалга жойлаштириш мумкин.

20-жадвал

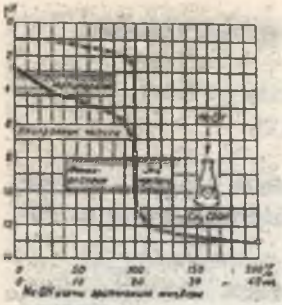
Сирка кислотанинг 20 мл 0,1N эритмасини натрий гидроксидининг 0,1N эритмаси билан титрлашдаги pH қийматининг ўзгариши

Қўшиладиган NaOH		CH_3COOH нинг миқдори	pH 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 pH = 8,72 да бўлади.

б) титрлаш эгри чизиғидаги pH нинг сакраш оралиғи катта бўлмай pH 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 тирлашнинг 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, охирги ва оралиқ 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;

– бошланғич нуқта эса кучсиз ишқорий муҳитда жойлашади;

– титрлашнинг эгри чизиғидаги pH нинг «сакраши» pH=4,0 дан pH=6,2 оралиғида бўлади.

Кучсиз асос эритмасини кучли кислота эритмаси билан титрлашда рангининг ўтиш оралиғи эгри чизиқнинг сакраш қисмида ётадиган индикаторлардан, чунончи метил қизил (pT=5,5) ва метил зарғалдоғи (pT=4,0) дан фойдаланиш мумкин.

21-жадвал

Аммоний гидроксиднинг 0,1N эритмасидан 20 мл.ни хлорид кислотанинг 0,1N эритмаси билан титрлашда pH қийматининг ўзгариши.

Қўшиладиган HCl		NH_4OH нинг миқдори, %	pHнинг 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 чизиғи.**

Кучсиз кислоталарни кучсиз асослар билан (ёки аксинча) титрлаганда титрлаш учун кучсиз кислота сифатида сирка кислотанинг 0,1N эритмаси олиниб, уни NH_4OH нинг 0,1N эритмаси билан титрланади. Эквивалент нуқтадаги pH ни қиймати гидролиз жараёнини ҳисобга олган ҳолда ҳисоб-

ланади, чунки титрлашда ҳосил бўлган аммоний ацетат сув таъсирида гидролизланади:

$$CH_3COONH_4+H_2O \rightleftarrows NH_4OH+CH_3COOH$$

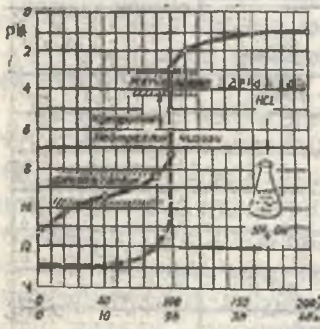
Кучсиз кислота ва кучсиз асосдан ҳосил бўлган тузлар эритмаларининг pH и қийматлари дарсликнинг биринчи қисмидаги 4.3 да кўрсатилганидек (4.40) тенгламадан ҳисобланади:

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

Гидролиз жараёнида ҳосил бўлган NH_4OH учун маълумотномадан олинган $pK_{асос}$=4,75 ва CH_3COOH учун $pK_{кисл}$= 4,76 бўлганидан

$$pH=7-2,375+2,38=7,005$$

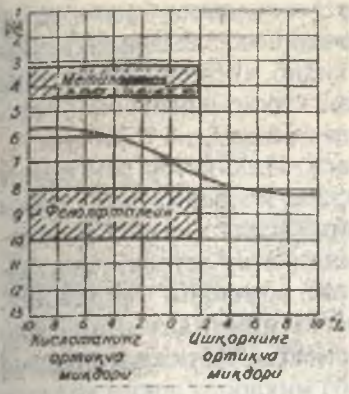
келиб чиқади.



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 pH и 7 га тенг, яъни нейтрал нуқтага мос келади. Ўзаро реакцияга киришаётган кислота билан асоснинг кучи бир хил бўлгандагина (яъни $pK_{кисл}=pK_{асос}$) шундай ҳолат кузатилади. Бордию кислота кучлироқ ($pK_{кисл} < pK_{асос}$) бўлса, туз эритмасининг pH и 7 дан кичик, яъни эритма кислотали муҳитга эга бўлади. Агар асос кучлироқ бўлса 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. CH_3OOH нинг 0,1N эритмасини NH_4OH нинг 0,1N эритмаси билан титрлаш эгри чизиғи.

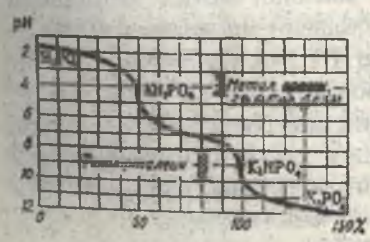
лашдаги ҳолга тўғри келади. Титрлаш эгри чизиғининг ишқор қисми эса кучсиз асосларни кучли кислоталар билан титрлаш эгри чизиғига мос келади. Расмдан кўринишича, бу титрлашда pH кескин ўзгармайди. Бинобарин, кучсиз кислотани кучсиз асос билан титрлашда бизга маълум индикаторлар билан аниқ титрлаш мумкин 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 чизиғи кўринишига таъсир қилмайди ва бу эгри чизиқларнинг тузилиши бир асосли кислоталарнинг титрлашдаги эгри чизиғига айнан ўхшаш бўлади.

Кучсиз кўп асосли кислоталарнинг ионланишининг ҳар бир босқичи учун титрлаш эгри чизиғида 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 асосларни титрлашда ҳам эгри чизиқларнинг 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 олингач, ин-



31-расм. Кучсиз кўп асосли кислоталарни титрлаш эгри чизиғи.

дикаторнинг рангини ўзгариши pH қийматини билган ҳолда нейтраллаш методининг шу титрлашга мос келадиган индикатори танлаб олинади. Шундай қилиб, кислота-асосли титрлаш (нейтраллаш) методида титрлаш кўрсаткичи pH нинг "сакраш" 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 pT, 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 pH нинг қиймати индикаторнинг pT қийматига тенг бўлганда, масалан метил зарғалдоғи ишлатилса pH=4 да ёки фенолфталеин ишлатилса pH=9 да тамомланади ва ҳоказо. $pH=-\lg[H^+]$ бўлгани учун pH 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:

$$\frac{10^{-pT} \cdot V_2}{1000}$$ га тенг.

Бу миқдор аниқланаётган «H^+ хато»ни ташкил этади. Буни олинган H^+ ионлари миқдорига нисбатан фоизларда ифодалаш мумкин:

$$\frac{N \cdot V_1}{1000} \text{ ---------- } 100\%$$

$$\frac{10^{-pT} \cdot V_2}{1000} \text{ ------- } X\%$$

Бундан «H^+ хато»;

$$H^+ \text{ хато} = \frac{10^{-pT} \cdot V_2}{N \cdot V_1} \cdot 100\%$$

Мисол. HCl нинг 0,1 N эритмасини NaOH нинг 0,1N эритмаси билан метил зарғалдоғи иштирокида титрлашдаги H^+ — хато қанчага тенг?

Ечиш. Кўрилаётган ҳолда эквивалент нуқта pH=7да бўлади, метил зарғалдоғи иштирокида титрлаш эса pH=4 да тамомланади. Бинобарин, титрлаш тугатилгач, эритмада маълум миқдорда ортиқча HCl 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 H^+ -хатони топиш формуласига қўйилса:

$$H^+ - хато = -\frac{10^{-4} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = -0{,}2\%$$

Бу ерда, текширилаётган HCl 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 OH^- ионлари ҳолида бўлади ва шу ҳисобига юз берадиган титрлаш хатосини «титрлашнинг гидроксид хатоси» ёки «OH^- — хато» ҳисобланади.

Кучли асосни N нормал эритмасидан V_1 мл ни кучли кислота билан титрлангандан кейин, эритманинг умумий ҳажми V_2 бўлсин.

Титрлашга ҳаммаси бўлиб NV_1:1000 мол OH^- иони олинганлигини ҳисобга олинади. Титрлаш индикаторнинг pT сига тенг бўлган pH да, яъни pOH=14-pT да тамомланади. Демак, титрлаш тамом бўлгандан кейин $[OH^-]=10^{-(14-pT)}$ ва V_2 мл эритмада:

$$\frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{1000}$$ мол OH^- бўлади.

OH^- - хатони қуйидагича ҳисоблаб топилади:

$$\frac{NV_2}{1000} \text{ ———————— } 100\%$$

$$\frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{1000} \text{ ———————— } OH^- \text{ - хато\%}$$

Бундан

$$OH^- \text{ - хато} = \frac{10^{-(14-pT)} \cdot V_2}{N \cdot V_1} \cdot 100\%$$

Мисол. HCl нинг 0,1N эритмасини NaOH нинг 0,1N эритмаси билан фенолфталеин иштирокида титрлашдаги OH^- — хатони ҳисобланг.

Ечиш. Фенолфталеин иштирокида титрлаш pH=9 да тугалланади, яъни HCl ни титрлашда бир оз ўтказиб юборилади. Титрловчи эритма – ишқор кучли бўлгани учун OH^- - хатони келтириб чиқаради. Ҳар иккала эритманинг нормаллиги бир хил бўлганлиги учун, улардан тенг ҳажмда сарфланади, титрлашда эритманинг ҳажми икки марта ошади: $V_2=2V_1$.

$$OH^- - хато = +\frac{10^{-(14-9)} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = +0{,}02\%$$

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 (HAn) ҳолида бўлса, титрлашнинг индикатор хатоси «кислота хатоси» ёки «HAn - хато» деб деб аталади.

Титрлашнинг кислота хатосини ҳисоблаш учун шу кислотанинг ионланиш константаси тенгламаси ёзилади:

$$K_{ион} = \frac{[H^+][An^-]}{[HAn]}$$

Бу тенгламани ўзгартириб ёзиш мумкин:

$$\frac{[HAn]}{[An^-]} = \frac{[H^+]}{K_{ион}}$$

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, шунинг учун $\frac{[HAn]}{[An^-]}$ нисбатни кислотанинг титрланмаган қисми концентрациясини унинг титрланган қисмининг концентрациясига нисбати деб қараш ва уни титрлашнинг кислота хатосининг ўлчови деб ҳисоблаш мумкин. $[H^+] = 10^{-pT}$, $K_{ион} = 10^{-pK}$ эканлигини билган ҳолда, бу қийматлар юқоридаги тенгламага киритилади:

$$HAn - хато = \frac{титрланмаган}{титрланган}\ \frac{кислота}{кислота} = \frac{10^{-pT}}{10^{-pK}}$$

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,

$$10^{pK-pT} < 10^{-3} \text{ ёки } pT > pK+3$$

бўлиши лозим.

Демак, айни 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 pH и нечага тенг бўлишини ҳисобланади. Ҳисоблашда титрлаш охирида эритманинг ҳажми 2 марта ортиши натижасида $C_{туз}$ 0,05N га тенг бўлади. Сирка кислота учун pK=4,76 бўлгани асосида эритма pH и аниқланади:

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_{кисл} + \frac{1}{2} \lg C_{туз} \text{ ва } pH = 7 + \frac{4,76}{2} + \frac{1}{2} \lg 0,05 = 8,74$$

Метил зарғалдоғи билан титрлаш pH=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 қисм кислота 100%
5,7 » » 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 фенолфталеин 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:

$$KtOH \quad Kt^+ + OH^-$$

$$K_{асос} = \frac{[Kt^+]\cdot[OH^-]}{[KtOH]}, \text{ ёки } \frac{[KtOH]}{[Kt^+]} = \frac{[OH^-]}{K_{асос}}$$

Бундан

$$\frac{[KtOH]}{[Kt^+]} = \frac{титрланмаган}{титрланган}\ \frac{асос}{асос} = KtOH - хато$$

Титрлаш охирида pH=pT, pOH^-=14-pT бўлади. Шунинг учун

$$KtOH - хато = \frac{10^{-(14-pT)}}{10^{-pK}} = 10^{pK+pT-14}$$

Бинобарин, KtOH – хато қиймати 10^{-3} га тенг ёки ундан кам бўлгандагина, яъни $pK+pT_y \le -3$ ёки $pT \le 11-pK$ бўлсагина етарли даражада аниқ титрлаш мумкин.

Шунинг учун NH_4OHни титрлашда (pK=4,75) pT≤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:

$$1{,}56 \text{ ——— } 100\%$$
$$0{,}56 \text{ ——— } x$$

$$KtOH - xato = \frac{0{,}56 \cdot 100}{1{,}56} = 35{,}9\%$$

Бинобарин, бу титрлашда индикатор сифатида фенолфталеиндан фойдаланиб бўлмайди.

б) NH_4OH ни метил зарғалдоғи иштирокида титрлаганда титрлаш pH=4 да тугалланади. Бу ҳолда H^+ – хатони ҳисобга олиш лозим.

$$H^+ - xato = \frac{10^{-4} \cdot 2V_1}{10^{-1} \cdot V_1} \cdot 100\% = 0{,}2\%$$

Шундай қилиб, NH_4OH 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 (≈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 текширилаётган 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 текширилаётган 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 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (ёки Na_2CO_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:

$$m(HCl) = \frac{N(HCl) \cdot Э(HCl) \cdot V(HCl)}{1000} = \frac{0{,}1 \cdot 36{,}46 \cdot 500}{1000} = 1{,}823г.$$

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

$$x = \frac{100 \cdot 1{,}823}{36} = 5{,}06г$$

Кислотани (суюқликни) тарозида тортиш ноқулай бўлганлигидан, унинг массасини ҳажмга айлантирилади

$$V(HCl) = \frac{m(HCl)}{\rho(HCl)} = \frac{5{,}06}{1{,}179} = 4{,}29мл \approx 4{,}3мл$$

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 тетрабаротнинг тоза қайта кристалланган кристаллогидрати $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ олинади. 250 мл 0,1N эритма тайёрлашга керакли кристаллогидратнинг массаси қуйидагича ҳисобланади:

$$Э(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{M}{2} = \frac{381,37}{2} = 190,69г.$$

$$m(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000} = \frac{0,1 \cdot 190,69 \cdot 250}{1000} = 4,767г.$$

Аналитик тарозида янги қайта кристалланган бурадан тўртта рақамгача аниқлик билан тортиб олинади ва бу тортим кенг бўғизли воронка орқали 250 мл ҳажмли ўлчов колбасига ўтказилади. Воронкани дистилланган сув билан чайилиб олиб қуйилади ва колбанинг белгисигача дистилланган сув қуйиб, тиқини беркитилади, эритма яхшилаб чайқатилади.

Тайёрланган натрий тетраборатнинг стандарт эритмаси титри ва нормаллиги формулалар асосида ҳисобланади:

$$T(Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O) = \frac{m}{V} = \frac{4,7710}{250} = 0,01908\ г/мл.$$

$$N(бура) = \frac{T \cdot 1000}{Э} = \frac{0,01908 \cdot 1000}{190,69} = 0,1000576\ мол/л.$$

Шу тайёрланган стандарт эритма ёрдамида хлорид кислотанинг тахминий концентрацияли (0,1N) эритмаси титрланиб, стандартлаштирилади.

Хлорид кислота эритмаси нормаллиги ва титрини тетраборат бўйича аниқлаш. Тоза 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 рангга 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

$$V_{ўрт}(HCl) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{14,85 + 14,90 + 14,80}{3} = 14,85мл$$

Титрлаш натижасига кўра хлорид кислота эритмасининг нормаллигини ҳисобланади:

$$N(бура) \cdot V(бура) = N(HCl) \cdot V(HCl)$$

$$N(HCl) = \frac{N(бура) \cdot V(бура)}{V(HCl)} = \frac{0,1000576 \cdot 15,00мл}{14,85} = 0,1011N$$

Хлорид кислота эритмасининг нормал концентрациясини билган ҳолда, унинг титрини ҳисобланади:

$$T(HCl) = \frac{N(HCl) \cdot Э(HCl)}{1000} = \frac{0,1011 \cdot 36,46}{1000} = 0,003687г/мл$$

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 қоидаларига 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:

$$V_{ўрт}(HCl) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{14,70 + 14,80 + 14,76}{3} = 14,75мл$$

Хлорид кислотанинг ўртача ҳажмидан фойдаланиб ишқор эритмасининг нормаллиги ҳисоблаб аниқланади:

$$N(HCl) \cdot V_{ўрт}(HCl) = N(NaOH) \cdot V(NaOH)$$

Бу ердан,

$$N(NaOH) = \frac{N(HCl) \cdot V_{ўрт}(HCl)}{V_{NaOH}} = \frac{0,1011 \cdot 14,75}{15,00} = 0,09942N$$

Ишқор эритмасининг титри ҳисобланади

$$T(NaOH) = \frac{N(NaOH) \cdot Э(NaOH)}{1000} = \frac{0,09942 \cdot 40,0}{1000} = 0,003978г/мл$$

Ва ниҳоят 250 мл эритма таркибидаги натрий гидроксид массаси қуйидаги формула бўйича топилади:

$$m(NaOH) = T(NaOH) \cdot V_{ўлчов\ колб} = 0{,}003978 \cdot 250 = 0{,}9945\ г$$

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 тортими, 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, бир-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

$$V_{ўрт} = \frac{23,22 + 23,20 + 23,21}{3} = 23,21мл$$

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

$$V_{ўрт} = \frac{24,82 + 24,80 + 24,78}{3} = 24,80мл$$

Бинобарин, натрий гидроксидни ва Na_2CO_3 ярмисини титрлаш учун хлорид кислота эритмасидан 23,21 мл сарфланди, натрий гидроксид ва натрий карбонатнинг ҳаммасига HCl эритмасидан 24,80 мл сарфланди.

Na_2CO_3 нинг ярмисига: 24,80-23,21=1,59 мл HCl
Na_2CO_3 нинг ҳаммасига: 1,59 мл ·2=3,18 мл HCl
NaOH ни титрлаш учун: 24,80мл -3,18мл=21,62 мл HCl

Бу қийматлар асосида NaOH ва Na_2CO_3 нинг миқдорлари (массалари) топилади.

1) NaOH нинг массаси қуйидагича топилади:

$$N(NaOH) = \frac{N(HCl) \cdot V(HCl)}{V(NaOH)} = \frac{0,1011 \cdot 21,62}{25,00} = 0,08743$$

$$m(NaOH) = \frac{N(NaOH) \cdot Э(NaOH) \cdot V(колба)}{1000} =$$

$$= \frac{0,08743 \cdot 40 \cdot 250}{1000} = 0,8743г$$

$$W(NaOH)\% = \frac{0,8743}{1,056г} \cdot 100\% = 82,79\%$$

2) Na_2CO_3 нинг массаси ҳам шу йўл билан ҳисобланади:

$$N(Na_2CO_3) = \frac{N(HCl) \cdot V(HCl)}{V(Na_2CO_3)} = \frac{0{,}1011 \cdot 3{,}18}{25} = 0{,}01286$$

$$m(Na_2CO_3) = \frac{N(Na_2CO_3) \cdot Э(Na_2CO_3) \cdot V(колба)}{1000} =$$

$$= \frac{0{,}01286 \cdot 53 \cdot 250}{1000} = 0{,}1704г$$

$$W(Na_2CO_3)\% = \frac{0{,}1704}{1{,}056} \cdot 100\% = 16{,}14\%$$

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 рангга 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.

$$Қ = \frac{V(HCl) \cdot N(HCl)}{V_{H_2O}} \cdot 1000$$

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:

$$Қ = \frac{12,25 \cdot 0,1014}{100} \cdot 1000 = 12,42 мг - экв / л$$

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 pH - 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 чизиғининг 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 методида титрлаш қандай йўллар билан олиб борилади?

14. "Гувоҳ" иштирокида титрлаш қандай бажарилади?

15. Титрлашда индикаторлар эритмаларидан фойдаланишда нималарга риоя қилиш лозим?

Тестлар

1. pH - индикаторларнинг ион назарияси ким томонидан ва қачон таклиф қилинган?

A) Аррениус, 1887 й;
B) Оствалд, 1994 й;
C) Бойл, XVII аср;
Д) Меншуткин, 1869;
E) Флавицкий, 1898 й.

2. pH ндикаторларнинг табиати қандай?

A) Кучсиз органик кислоталар;
B) Кучсиз органик асослар;
C) Электролитмаслар;
Д) Кучли электролитлар;
E) Кучсиз органик кислоталар ва асослар.

3. Ишчи эритма ишқор бўлган анализ методи қандай номланади?

A) Алкалиметрия;
B) Ацидометрия;
C) Редоксиметрия;
Д) Комплексонометрия;
E) Аргентометрия.

4. Ишчи эритма кислота бўлган анализ методи қандай номланади?

A) Алкалиметрия;
B) Ацидометрия;
C) Аргентометрия;
Д) Комплексопометрия;
E) Редоксиметрия.

5. Индикатор ранги кескин ўзгарадиган pH қиймати қандай номланади?

A) Индикатор кўрсаткичи;
B) Эквивалент нуқта;
C) Титрлаш кўрсаткичи;
Д) Индикатор рангининг ўтиш оралиғи;
E) Титрлашнинг охирги нуқтаси.

6. Рангининг ўтиш оралиғи pH=8÷10 бўлган асосли индикаторнинг ионланиш константаси қиймати нечага тенг?

A) 10^{-5};
B) 10^{-4};
C) 10^{-8};
Д) 10^{-9};
E) 10^{-7}.

7. Бромтимол кўки ($K_{ион}=1,5\cdot10^{-7}$) индикатори ранги ўзгариши оралиғи қандай бўлади?

A) 6,0-7,6;
B) 5,8-7,8;
C) 7,9-9,9;
Д) 6,82;
E) 3,1-4,4.

8. Эритма pH нинг қандай қийматида фенолфталеин иштирокида рангсиз ва лакмус иштирокида кўк тусли бўлади?

A) 8;
B) 5;
C)5-8;
Д) 8-10;
E) 3-4.

9. Маълум pH қийматларига эга бўлган эритмаларнинг қайси бирида метил заргалдоғи сариқ рангли, фенолфталеин рангсиз бўлади?

A) 3;
B) 4,2;
C) 5;
Д) 8;
E) 11.

10. Қайси pH қийматига эга бўлган эритмаларда метил зарғалдоғи сариқ рангли, фенолфталеин эса қизил рангли бўлади?

A) 8,5;
B) 3,5;
C) 7,0;
Д) 10,5;
E) 4,4.

11. Концентрацияси 0,1 мол/л бўлган сирка кислота эритмасининг 99% ни 0,1 мол/л NaOH эритмаси титрланган бўлса, эритма pH қиймати нечага тенг бўлади (ҳажмни ҳисобга олмаса)?

A)6,8;
B) 4,8;
C) 6,0;
Д) 5,8;
E) 8.

12. Агар 0,1 мол/л CH_3COOH эритмасини натрий гидроксид билан 100,1% гача титрланса (ҳажм ўзгариши ҳисобга олинмаса) эритманинг pH қиймати қандай бўлади?

A) 8,9;
B) 10;
C) 11,4;
Д) 7,8;
E) 12.

13. Натрий гидроксиднинг тайёрланган эритмасидан 20 мл ни титрлаш учун сулфат кислотанинг 0,05 мол/л эритмасидан 22,4 мл сарфланган бўлса, 1 литр эритмадаги NaOH тортим массаси неча грамм бўлади?

A) 0,4664 г;
B) 1,4300 г;
C) 4,4800 г;
Д) 0,4480 г;
E) 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?

A) 71,2 мл;
B) 53,4 мл;
C) 11,34 мл;
Д) 17,8 мл;
E) 35,6 мл.

15. Хлорид кислотанинг 0,1N эритмасидан 10 мл га калий гидроксиднинг 0,1N эритмасидан 15 мл қўшилди. Ҳажмнинг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда ҳосил бўлган эритманинг pH қийматини ҳисобланг.
A)12,31;
B) 10;
C) 8,9;
Д) 13,5;
E) 7,8.

16. 0,2N эритмадан 1,500 литр тайёрлаш учун концентрланган HCl (ρ=1,19 г/мл) дан неча мл олиш керак?
A) 20 мл;
B)25 мл;
C) 12,5;
Д) 11,9 мл;
E) 30 мл.

17. Оксалат кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ нинг 0,5 г тортимини нейтраллаш учун KOH эритмасидан 40 мл сарфланган бўлса, ишқор эритмасининг титрини ҳисобланг.
A) 0,2211 г/мл;
B) 0,02121 г/мл;
C) 0,01111 г/мл;
Д) 0,1111 г/мл;
E) 0,004104 г/мл.

18. 500 мл эритмада 4,9 г H_2SO_4 бор. Шу эритманинг титри ва нормаллиги қандай бўлади?
A) 0,096 г/мл; 0,2N;
B) 0,0048 г/мл; 0,02N;
C) 0,00200 г/мл; 0,096N;
Д) 0,0096 г/мл; 0,2N;
E) 0,0009660 г/мл; 0,02N.

19. Бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ намунасини титрлаш учун HCl нинг 0,1100N эритмасидан 10 мл сарфланади. Намунанинг массаси нечага тенг?

A)0,2963 г;
B) 6,293 г;
C) 0,06293 г;
Д) 0,3146 г;
E) 0,6293 г.

20. NaOH ва Na_2CO_3 дан иборат аралашманинг 1,8017 г тортимини 500 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25 мл ни титрлашда фенолфталеин иштирокида 20,5 мл, метил зарғалдоғи иштирокида эса 21,50 мл HCl нинг 0,1035N эритмасидан сарфланди. Намунадаги Na_2CO_3 нинг масса қисмини (%) ҳисобланг.

A) 12,54%;
B) 15,4%;
C) 11,45%;
Д) 6,27%;
E) 12,15%.

21. Таркибида 92,00% 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 HCl сарфланган бўлса, хлорид кислотанинг ишқор бўйича титри қанча?

A) 0,0378 г/мл;
B)0,003781 г/мл;
C)0,3781 г/мл;
Д) 0,007381 г/мл;
E) 003178 г/мл.

22. Таркибида 20% Na_2CO_3 ва индифферент қолдиқ бўлган моддани метил зарғалдоғи ёрдамида титрланганда 20,00 мл 0,1N HCl сарфланди. Модда тортими қанча бўлган?

A) 0,10 г;
B) 0,21 г;
C) 0,12 г;
Д) 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 HCl нинг 0,4455 М эритмасидан 20,00 мл сарфланди. Аниқланувчи модда нима?

A) NaOH;
B) K_2CO_3;
C) $NaHCO_3$;
Д) Na_2CO_3
E) KOH.

24. 0,1032 г Na_2CO_3 устига 50,00 мл 0,09436 М HCl эритмаси қўшилди. Ортиқча кислотани титрлаш учун метил зарғалдоғи иштирокида 0,1 М (K=1,298) бўлган NaOH эритмасидан 24,80 мл кетди. Намунадаги бетараф қолдиқ масса улуши (%) қанчага тенг?

A) 14,2%;
B) 40,2%;
C) 2,14%
Д) 21,40%;
E) 20,10%.

25. Массаси 0,2000г Na_3PO_4 га HCl нинг 0,1012 М эритмасидан қўшилди. Олинган эритма фенолфталеин иштирокида титрланганда 25,00 мл NaOH эритмаси (T(NaOH)=0,003400 г/мл) сарфланди. Қўшилган кислота (HCl) ҳажми неча мл бўлган?

A)33,05 мл;
B) 30,5 мл;
C) 30,3 мл;
Д) 35,03 мл;
E) 33,50 мл.

26. 100 мл 0,1 М сирка кислота эритмасига NaOH нинг 0,1 М эритмасидан 50 мл қўшилди, ҳосил бўлган эритманинг pH қиймати нечага тенг?

A) 7,34;
B)4,73;
C) 6,9;
Д) 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 $KMnO_4$ эритмасининг оксидловчи хоссасига асосланган. Титрлаш бу методда индикаторсиз бажарилади.

Йодометрия. Бу методда оксидловчи сифатида эркин йод эритмаси (J^- иони-қайтарувчи) ишлатилади. Бу метод ёрдамида оксидловчиларни ҳам, қайтарувчилар миқдорини ҳам аниқлаш мумкин.

Хроматометрия. Калий дихромат $K_2Cr_2O_7$ эритмаси титрланган ишчи эритма сифатида ишлатилади. Бу методни бевосита аниқлашларда, шунингдек билвосита аниқлашларда қўллаш мумкин.

Броматометрия методида оксидловчи ишчи эритма тариқасида калий бромат $KBrO_3$ эритмаси қўлланилади.

Йодатометрияда ишчи эритма KJO_3 нинг титрланган эритмасидир.

Ванадатометрия методи аммоний ванадатнинг оксидлаш қобилиятидан фойдаланишга имкон беради.

Бу методлардан ташқари миқдорий-анализнинг лабораторияамалиётида 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 охирги оксидланиш даражаларини билиш керак. Оксидловчи ва қайтарувчи моддаларни эквивалент массаларини (Э) топишда, шу моддаларнинг молекуляр массаларини (М) айни модда (молекуласи, атоми ёки иони) томонидан кимёвий реакцияда йўқотган ёки қабул қилган электронлар сони (n) га нисбати ҳисобланади.

$$Э(модда) = \frac{M}{n}$$

Масалан, кислотали муҳитда MnO_4^- иони Mn^{2+} ионигача қайтарилади.

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$$

Шу сабабли, айни реакцияда $KMnO_4$ ни эквивалент массаси

$$Э(KMnO_4) = \frac{M}{n} = \frac{158,03}{5} = 31,61г$$

Нейтрал ва ишқорий муҳитда MnO_4^- иони MnO_2 гача қайтарилади:

$$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$$

Бу ҳолда $KMnO_4$ нинг эквивалент массаси:

$$Э(KMnO_4) = \frac{M}{n} = \frac{158,05}{3} = 52,68г$$

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+} жуфтидан, иккинчиси $2H^+/H_2$ жуфтидан 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. Охирги қийматнинг мусбатлиги Fe^{3+}/Fe^{2+} жуфти галваник элементнинг мусбат қутби вазифасини бажаради. Агар $(Cl_2/2Cl)$ жуфтини $2H^+/H_2$ 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:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[окс]}{[кайт]}$$

бу ерда, E_o - айни жуфтнинг стандарт редокс-потенциали;

R — газ доимийлиги (8,313 Ж/мол · град);

T — абсолют ҳарорат (273,15 К°);

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:

$$E = E_0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[окс]}{[кайт]}$$

Масалан, Fe^{3+}/Fe^{2+} жуфти учун $Fe^{3+}=1$ мол/л ва $Fe^{2+}=1 \cdot 10^{-3}$ мол/л бўлса, унда шу жуфтнинг редок-потенциали қуйидаги қийматга эришади:

$$E(Fe^{3+} / Fe^{2+}) = 0,77 + 0,059 \cdot \lg \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 0,944 B$$

Бундан шу нарса ўз-ўзидан равшан бўладики, жуфтнинг редокс-потенциали редокс шаклларнинг концентрациясига боғлиқдир.

Редокс потенциалнинг қиймати шунингдек, эритмадаги $[H^+]$ қийматига ҳам боғлиқдир. Водород ионлари концентрациясини таъсири натрий нитрит ва калий йодид ўртасида 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 сулфат 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:

$$2NO_2^- + 2J^- + 4H^+ \longrightarrow J_2 + 2NO + 2H_2O$$

Водород ионларининг киритилиши NO_2^-/NO жуфтининг редокс-потенциали қийматини (+0,98 В) $J_2/2J^-$ 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-потенциаллари,

n - қабул қилинган ёки йўқотилган электронлар сони.

Жуфтларнинг стандарт редокс-потенциаллари 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:

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightleftharpoons 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

қисқартирилган ионли шаклда ёзамиз:

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5\,Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

Жадвалдан жуфтларнинг стандарт редокс-потенциаллари топилади:

$$E_o^{I}(MnO_4^- + 8H^+/Mn^{2+} + 4H_2O) = 1{,}51\,В$$
$$E_o^{II}(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0{,}77\,В$$

Бу қийматларни мувозант константасини ҳисоблаш тенгламасига қўйилса, қуйидаги натижа чиқади:

$$\lg K = \frac{[E_0^{I} - E_0^{II}]n}{0{,}059} = \frac{(1{,}51 - 0{,}77)5}{0{,}059} = 63{,}8$$

Бу ердан,

$$K = \frac{[Mn^{2+}]\cdot[Fe^{3+}]^5}{[MnO_4^-]\cdot[Fe^{2+}]^5\cdot[H^+]^8} = 10^{63{,}8}$$

Келиб чиққан натижалардан иккита хулоса чиқариш мумкин:

- мувозанат ҳолати $K = 10^{63{,}8}$ бўлгандагина вужудга келади;
- мувозанат константасининг бундай катта қиймати реакциянинг чапдан ўнг томонга тўлиқ боришидан далолат беради.

Бинобарин, редокс-реакцияларнинг мувозанат константасининг сон қиймати қанча юқори бўлса, демак иккала жуфтнинг стандарт редокс-потенциаллари орасидаги фарқ қанчалик катта бўлса, реакция шунчалик тўлиқ охиригача боради.

22.4. Редоксиметрия методларининг титрлаш эгри чизиқлари

Оксидланиш — қайтарилиши реакцияларига асосланган титрлаш жараёнида дастлабки ва охирги маҳсулотларнинг концентрациялари узлуксиз ўзгариб боради, шунга боғлиқ тарзда эритманинг редокс-потенциали қиймати ҳам ўзгаради. Қуйидаги реакцияда

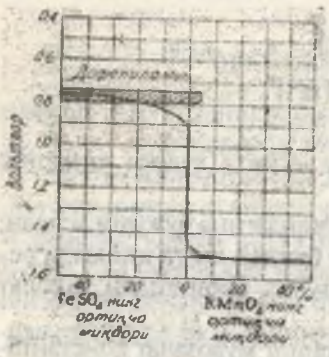
$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \rightleftarrows Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

титрлашнинг маълум ҳар бир дақиқасида эритмада иккита редокс жуфт: MnO_4^-/Mn^{+2} ва Fe^{3+}/Fe^{2+} мавжуд бўлади; бу

жуфтларнинг редокс-потенциаллари Е ни ҳисоблашни қуйидаги тенгламалар бўйича олиб бориш мумкин.

$$E(MnO_4^- / Mn^{2+}) = 1{,}51 + \frac{0{,}059}{5} \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^8}{[Mn^{2+}]},$$

$$E(Fe^{3+} / Fe^{2+}) = 0{,}77 + \frac{0{,}059}{1} \lg \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$



32-расм. Қайтарувчини оксидловчи билан титрлаш эгри чизиғи.

Титрлаш эгри чизиғини тузиш учун ордината ўқига редокс-потенциал қийматлари Е (В) жойлаштирилади, абсцисса ўқига эса калий перманганатнинг 0,1 N эритмасининг ва темир (II) сулфат эритмасининг миллилитрлари қуйилади.

Юқоридаги формулаларни қайси бири билан ҳисобланмасин потенциални қиймати бир хил бўлиб чиқади. Кўпинча Е ни эквивалент нуқтага қадар иккинчи ($E(Fe^{3+}/Fe^{2+})$ тенглама бўйича ҳисоблаш қабул қилинган. Эквивалент нуқтадан кейин биринчи ($E(MnO_4^-/Mn^{2+})$ тенглама бўйича ҳисобланади. Калий перманганат билан титрланганда темир (II) сульфатнинг концентрациясини ўзгариши нейтраллаш методи бўйича титрлашнинг эгри чизиғига ўхшаш бўлган эгри чизиқ билан ифодаланади (32-расм).

Агар эритмада темир (II) сулфатнинг кўп миқдордаги эритмаси бўлса, калий перманганат қўшиш уни концентрациясини кам ўзгартиради. Эквивалент нуқтага етганда темир (II) сулфат концентрацияси сакраш билан ўзгаради, бинобарин потенциал Е нинг қиймати ҳам ўзгаради. Концентрация ўзгаришига мос келадиган потенциал Е ни қийматини Нерст тенгламаси бўйича ҳисобланади (22-жадвал).

Титрлаш жараёни бошланишида потенциал Е 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 Е 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 методида $KMnO_4$ 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) сулфатнинг 0,1 N эритмасидан 20 мл ни калий перманганатнинг 0,1N эритмаси билан титрлашда редокс-потенциал қийматининг ўзгариши.

MnO_4 эритмасининг ҳажми, мл	$FeSO_4$ эритмасидан қолгани		Редокс-потенциал Е,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) потенциалига боғлиқ равишда ўз рангини ўзгартирувчи индикаторлар редокс-индикаторлар деб аталади.

Редокс - индикаторларга мисол қилиб, дифениламин $NH(C_6H_5)_2$ 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 ўзгариши 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 CO_2, ёруғлик ва бошқа таъсирларга барқарор бўлиши керак.

Редоксиметрия методларига доир лаборатория машғулотлари

22.5. Перманганатометрия методи. Калий перманганат $KMnO_4$ эритмасини тайёрлаш ва унинг титрини аниқлаш

Перманганатометрия методи перманганат MnO_4^- иони билан оксидлаш реакциясига асосланган. Оксидлашни кислотали, ишқорий ёки нейтрал муҳитда олиб бориш мумкин. Кислотали муҳитдаги реакцияда MnO_4^- иони Mn^{2+} ионгача қайтарилади ва перманганатнинг пушти ранги йўқолиб рангсизланади:

$$10FeSO_4+2KMnO_4+8H_2SO_4=5Fe_2(SO_4)_3+2MnSO_4+K_2SO_4+8H_2O$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- +8H^+=5Fe^{3+}+Mn^{2+}+4H_2O$$

Марганец ўз оксидланиш даражасини 5 бирликка камайтиради, яъни MnO_4^- иони 5 электрон бириктириб олади.

Ишқорий ёки нейтрал муҳитда оксидлаш олиб борилганда MnO_4^- иони Mn (IV)гача қайтарилади:

$$Cr_2(SO_4)_3+2K\ MnO_4+8KOH = 2K_2Cr_2O_4+ 2MnO_2\downarrow+3K_2SO_4+4H_2O$$

$$MnO_4^- + 4H^+ +3e = MnO_2\downarrow + 2H_2O$$

MnO_4^- иони 3 та электрон бириктириб олади. Перманганометрияда реакцияни деярли ҳар доим кислотали муҳитда олиб борилади, чунки бундай шароитда реакция натижасида деярли рангсиз Mn^{2+} ионлари ҳосил бўлади. Ишқорий ёки нейтрал муҳитда реакция ўтказилса тўқ-қўнғир чўкма MnO_2 ҳосил бўлади, бу эквивалент нуқтани белгилашни жуда қийинлаштиради. Бундан ташқари, калий перманганатнинг оксидлаш хоссаси кислотали муҳитда ($E_0(MnO_4^-/Mn^{2+}$=1,51 В) ишқорий муҳитда ($E_0(MnO_4^-/MnO_2)$=+0,59 В) гига нисбатан кучлироқ ҳисобланади.

Калий перманганатнинг тахминан 0,05N эритмасидан 500 мл (ёки 1л) тайёрлаш. $KMnO_4$ нинг титрланган эритмасини аниқ тортимини эритиш йўли билан тайёрлаб бўлмайди, чунки калий перманганатни тоза ҳолда олиш қийин. У кўпинча MnO_2 билан ифлосланган бўлади. Бундан ташқари, дистилланган сув таркибида калий перманганатни 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°С ҳароратгача иситилади ва оз-оздан $KMnO_4$ 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 $KMnO_4$ нинг парчаланиши тезлашади:

$$4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 4MnO_2 \downarrow + 4KOH + 3O_2\uparrow$$

$KMnO_4$ 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 $KMnO_4$ эритмасини титри аниқланади, титрни аниқлашда оксалат кислота $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ёки унинг тузлари $Na_2C_2O_4$ ва $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ нинг стандарт эритмаларидан фойдаланилади.

Оксалат кислота (ёки унинг тузлари)нинг стандарт эритмасини тайёрлаш. Иш эритмаси $KMnO_4$ 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:

$$Э(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O) = \frac{M}{2} = \frac{126,07}{2} = 63,04г$$

$$m(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O) = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000} = \frac{0,05 \cdot 63,04 \cdot 250}{1000} = 0,7880г$$

Шунча массадаги $H_2C_2O_2 \cdot 2H_2O$ тортими аналитик тарозида ўлчаниб, 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилади, эритма ҳажми сув билан белгигача етказилиб, яхшилаб аралаштирилади. Тайёрланган эритма титри ва нормаллиги олинган тортим массаси асосида аниқланади. Шундан сўнг, оксалат кислота эритмасини стандарт эритма сифатида $KMnO_4$ эритмаси титрини аниқлашда фойдаланиш мумкин.

Калий перманганат эритмаси нормаллигини аниқлаш. Калий перманганат эритмасини титрлаш индикаторсиз ўтказилади. Титрлашда қуйидаги реакция боради:

$$5H_2C_2O_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 10CO_2\uparrow$$

$C_2O_4^{2-}$ 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 сулфат кислотанинг 2N эритмасидан 10-15 мл қўшилади ва 70-80°С 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 перманганг 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.

Ёзиш 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

$$V_{ўрт}(KMnO_4) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{25,45 + 25,55 + 25,50}{3} = 25,47мл$$

2) $KMnO_4$ эритмаси нормаллигини ҳисоблаш. Титрлашда оксалат кислотанинг 0,04941N эритмасидан фойдаланилди деб олсак, $KMnO_4$ эритмаси нормаллиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$N(H_2C_2O_4) \cdot V(H_2C_2O_4) = N(KMnO_4) \cdot V(KMnO_4)$$

Бу ердан,

$$N(KMnO_4) = \frac{N(H_2C_2O_4)\cdot V(H_2C_2O_4)}{V_{эрит}(KMnO_4)} = \frac{0,04941\cdot 25,00}{25,47} = 0,04844N$$

3) Тузатиш коэффиценти ва эритма титрини ҳисоблаш.

$$K(KMnO_4) = \frac{0,04844}{0,05} = 0,9688(0,05N\ учун)$$

$$T(KMnO_4) = \frac{K\cdot N\cdot Э(KMnO_4)}{1000} = \frac{0,9700\cdot 0,05\cdot 31,61}{1000} = 0,001531\ г/мл$$

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:

$$2KMnO_4+10(NH_4)_2Fe(SO_4)_2+8H_2SO_4 =$$
$$2MnSO_4+5Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+10(NH_4)_2SO_4+8H_2O$$

$Fe^{2+} - e = Fe^{3+}$	5	10
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1	2

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 сулфат 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, бирбирига яқин ҳажмларни ўртачаси олинади ва текширилаётган эритмадаги темирнинг граммлар миқдори ҳисоблаб топилади.

Ёзиш 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

$$V_{ўрт}(KMnO_4) = \frac{23,85 + 23,80 + 23,75}{3} = 23,80 мл$$

2) $KMnO_4$ эритмаси титрини аниқланувчи модда-темир (II) бўйича ҳисоблаш.

$$T(KMnO_4 / Fe^{2+}) = \frac{N(KMnO_4) \cdot Э(Fe^{2+})}{1000} =$$

$$= \frac{0,04850 \cdot 55,85}{1000} = 0,002705 г / мл$$

3) Мор тузи эритмаси таркибидаги темир (II) миқдорини ҳисоблаш.

Агар 25 мл текширилаётган Мор тузи эритмасини титрлаш учун калий пермаганатнинг ишчи эритмасидан ўртача 23,80 мл сарфланган бўлса, 250 мл Мор тузи эритмаси таркибидаги темир (II) миқдори қуйидагича ҳисобланади:

$$m(Fe^{2+}) = T(KMnO_4/Fe^{2+}) \cdot V_{ўрт}(KMnO_4) \cdot \frac{V_{ўлч.колб.}}{V_{пипетка}}$$

$$m(Fe^{2+}) = 0{,}002709 \cdot 23{,}80 \cdot \frac{250}{25} = 0{,}6438г$$

22.7. Техник натрий нитрит таркибидаги нитрит миқдорини аниқлаш

Кислотали муҳитда иссиқ эритмаларда нитритлар калий перманганат таъсирида нитратларгача оксидланади.

$$5NaNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5\ NaNO_3 + 2\ MnSO_4 + 3H_2O + K_2SO_4$$

бўлганлиги учун

$$Э(NaNO_2) = \frac{69{,}00}{2} = 34{,}50г$$

Натрий нитритнинг кислотали муҳитга келтирилган эритмасини калий перманганат эритмаси билан секин титрланганда, нитритларни кислоталар таъсирида осон парчаланиши 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 сулфат 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) $KMnO_4$ 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

$$V_{ўрт}(NaNO_2) = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \text{мл}$$

б) Ишчи эритма $KMnO_4$ нормаллиги асосида $NaNO_2$ эритмаси нормаллигини ҳисоблаш:

$$N(NaNO_2) = \frac{V(KMnO_4) \cdot N(KMnO_4)}{V_{ўрт}(NaNO_2)} = \text{N}$$

в) Эритма нормаллиги ($N(NaNO_3)$ бўйича, тортимдаги нитрит миқдорини ҳисоблаш.

$$T(NaNO_2) = \frac{N(NaNO_2) \cdot Э(NaNO_2)}{1000} = \text{г/мл}$$

$$m(NaNO_2) = T(NaNO_2) \cdot V_{ўлчов\ колба} = \text{г}$$

Ҳисоблашни аниқланувчи модда бўйича титр асосида ҳам бажариш мумкин.

$$T(KMnO_4 / NaNO_2) = \frac{N(KMnO_4) \cdot Э(NaNO_2)}{1000},$$

$$m(NaNO_2) = T(KMnO_4 / NaNO_2) \cdot V(KMnO_4) \cdot \frac{V_{ўлчовколбаси}}{V_{пипетка}}$$

22.8. Йодометрия методи. Натрий тиосулфат, 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:

$$J_2 + 2e \rightleftarrows 2J^-$$

$J_2/2J^-$ жуфтининг стандарт электрод потенциали E_0=0,54В га тенг (pH=0 ва 25°С 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 тиосулфат $Na_2S_2O_3$, қалай (II) хлорид ва бошқалар мисол бўла олади. Оксидлаш потенциали 0,54В дан юқори бўлган моддалар J^- га нисбатан оксидловчи бўлиб, реакцияни эркин йод ҳосил бўлиш томонига йўналтиради:

$$2J^- - 2e \rightleftarrows J_2$$

Бундай моддаларга $KMnO_4$, калий дихромат $K_2Cr_2O_7$, марганец диоксиди 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 тиосулфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб аниқланади:

$$J_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2J^- + S_4O_6^{2-}$$

Натрий тиосулфат 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 парчаланади ва эритма рангсизланади. Шу сабабли, моддаларни йодометрик аниқлаш хона ҳароратида олиб борилади. Йод эритмасини тиосулфат билан титрлашда крахмални титрлаш охирига етиб келганда қўшиш лозим, акс ҳолда ажралиб чиққан йоднинг кўп миқдори крахмал томонидан адсорбиланиб йоднинг тиосулфат билан ўзаро таъсир реакцияси секинлашади.

Натрий тиосулфатнинг 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 тиосулфатнинг эквивалент массаси Э($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)=248,19г га тенг. 500 мл тахминан 0,01N эритма тайёрлаш учун 1,25 г атрофида натрий тиосулфат олинади. Натрий тиосулфатнинг 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 тиосулфатнинг тахминий концентрациядаги эритмаси тайёрланиб, 10 кун қоронғи жойда сақланади, сўнг унинг титри қандайдир стандарт эритма билан аниқланади. Натрий тиосулфат титри, одатда, калий дихроматнинг тайёрланган стандарт эритмаси билан топилади.

Натрий тиосулфат эритмаси титрини калий дихромат бўйича топиш. Калий дихромат эритмаси жуда барқарор ва титрлашда аниқ натижалар беради. Тиосулфат эритмаси титрини аниқлашда ёрдамчи калий йодид эритмаси ишлатилади. Калий дихромат бўйича натрий тиосулфат эритмаси титрини аниқлаш моҳияти шундай: калий дихромат оксидловчи

сифатида калий йодиддан эркин йодни ажратади, бу ажралган йод миқдори калий дихроматнинг олинган тортими массасига эквивалент миқдорда бўлади. Ажралиб чиққан йодни натрий тиосулфат эритмаси билан титрланади.

$$6KJ+K_2Cr_2O_7+7H_2SO_4 = 3J_2+Cr_2(SO_4)_3+4K_2SO_4+7H_2O$$
$$6J^-+Cr_2O_7^{2-}+14H^+ = 3J_2+2Cr^{3+}+7H_2O$$

$$\begin{array}{l|l} Cr_2O_7^{2-}+14H^++6e = 2Cr^{2+}+7H_2O & 1 \\ 2J^- -2e = J_2 & 3 \end{array}$$

$$Э(K_2Cr_2O_7) = \frac{294,21}{6} = 49,04г$$

Тайёрланадиган $K_2Cr_2O_7$ эритмаси концентрацияси ҳам натрий тиосулфат эритмаси концентрацияси каби 0,01N бўлиш керак ($V(K_2Cr_2O_7)$=250 мл).

$$m(K_2Cr_2O_7) = \frac{49,04 \cdot 0,01 \cdot 250}{1000} = 0,1226г$$

Аналитик тарозида $K_2Cr_2O_7$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 тиосулфат эритмаси титри қуйидагича бажарилади. Конуссимон колбага пипеткада 25 мл калий дихроматнинг стандарт эритмасидан ўлчаб солинади, устига 15-20 мл 4N H_2SO_4 эритмасидан қўшилди. Сўнг 3-5 г KJ қўшилиб, 5 минут қоронғи жойга колба ичидаги аралашмаси билан қўйилади. Шундан сўнг 100-150 мл дистилланган сув қўшилиб, нормаллиги топилиши лозим бўлган натрий тио-сулфат эритмаси билан титрланади. Аввал титрлашни индикаторсиз олиб борилади, эритма оч-сариқ тусга киргач 2-3 мл крахмал эритмаси қўшилади ва эритманинг кўк ранги йўқолиб, Cr^{3+} иони

ҳосил бўлиши ҳисобига яшил ранг ҳосил бўлгунча титрланади. Шу тарзда титрлашни 3 марта такрорлаб, титрлаш учун кетган тиосулфатни ўртача ҳажми бўйича тиосулфат эритмасининг нормаллиги қуйидаги формуладан топилади:

$$N(Na_2S_2O_3) = \frac{N(K_2Cr_2O_7) \cdot V(K_2Cr_2O_7)}{V_{ypm}(Na_2S_2O_3)}$$

Йоднинг 0,05N эритмасидан 250 мл тайёрлаш: тахминан 0,05 N эритма тайёрлаш учун керак бўладиган йод массаси ҳисобланади.

$$m(J_2) = \frac{N \cdot Э \cdot V}{1000} = \frac{0{,}05 \cdot 126{,}91 \cdot 250}{1000} = 1{,}58г$$

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 тиосулфатнинг титрланган ишчи эритмаси билан тўлдирилади. Конуссимон колбага пипеткада 25 мл йод эритмасидан солинади ва тиосулфат 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 рангга кирган эритма эквивалент нуқтадан сўнг ортиқча қўшилган бир томчи тиосулфат таъсиридан рангсизланганда титрлаш тўхтатилади. Титрлаш 3 марта такрорлангач, ўртача ҳажм ҳисобланиб йод эритмасининг нормаллиги топилади:

$$N(J_2) = \frac{N(Na_2S_2O_3) \cdot V_{ypm}(Na_2S_2O_3)}{V(J_2)} = N$$

22.9. Мис купороси таркибидаги мис (II) миқдорини аниқлаш

Мис (II) миқдорини аниқлаш йодид ионлари билан Cu^{2+} ионларнинг ўзаро кимёвий таъсирлашувига асосланган. Бу реакцияда мис (II) га эквивалент миқдорда эркин йод ажралиб чиқади ва уни натрий тиосулфатнинг титрланган ишчи эритмаси ёрдамида аниқланади. Йодид ионлари билан мис (II) ионлари орасидаги реакциянинг бориши тенгламаси қуйидагича ифодаланди:

$$2CuSO_4+4KJ \rightleftharpoons 2CuJ+2K_2SO_4+J_2$$

$$2Cu^{2+}+4J^- \rightleftharpoons 2CuJ+J_2$$

Бу қайтар реакцияни ўнг томонга тўлиқ бориши учун J 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 H_2SO_4 нинг 4 N эритмасидан 4-5 мл қўшилади, яна 3-5 г калий йодид кристаллари солинади, 5 минут қоронғи жойда қолдирилади. Сўнгра натрий тиосулфатнинг 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 тиосулфатнинг 0,1015 N эритмаси ишлатилади.

Ёзиш тартиби

а) Мис купороси эритмасини титрлаш:

1 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_1=24,2 мл
2 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_2=24,1 мл

3 - титрлаш учун сарф бўлган 0,1015N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_3=24,0 мл

$$V_{ўрт}(Na_2S_2O_3) = \frac{24,2 + 24,1 + 24,0}{3} = 24,1мл$$

б) Мис купороси эритмаси нормаллигини ҳисоблаш:

$$N(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = \frac{N(Na_2S_2O_3) \cdot V(Na_2S_2O_3)}{V(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{0,1015 \cdot 24,1}{25} = 0,09783$$

в) Мис купороси таркибидаги мис миқдорини топиш.

$$m(Cu) = \frac{N(CuSO_4) \cdot Э(Cu^{2+}) \cdot V(CuSO_4)}{1000};$$

$$m(Cu) = \frac{0,09783 \cdot 63,54 \cdot 250}{1000} = 1,5530г$$

6,2508 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ - 100% ни ташкил этади
1,5530 г Cu - x% ни ташкил этади

$$x = \frac{1,5530 \cdot 100}{6,2508} = 24,86\%Cu$$

22.10. Техник сулфид таркибидаги Na_2S миқдорини аниқлаш

Сулфидларни йодометрик метод билан аниқлаш уларни йод таъсирида эркин олтингугуртгача оксидланишига асосланган.

$$Na_2S + J_2 = 2NaJ + S$$
$$S^{2-} + J_2 = S + 2J^-$$
$$S^{2-} - 2e = S^o$$
$$2J^o + 2e = 2J^-$$

Сулфид ионлари S^{2-} кучли қайтарувчилар ҳисобланади, (E_oS^{2-}/S=-0,48В) 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 сулфид эритмасига титрланган йод эритмасидан ортиқча қўшилади ва яна 8–10 мл 10% ли хлорид кислота эритмасидан солинади. Реакцияга киришмай ортиб қолган йод натрий тиосулфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб топилади. Ҳосил бўладиган эркин олтингугурт титрлашга ҳалақит бермайди.

Айтайлик, техник натрий сулфиддан 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 тиосулфатнинг 0,1015N эритмаси билан титрланганда сарф бўлган тиосулфат эритмаси ҳажми топилади.

Ёзиш тартиби

а) Йод эритмасининг ортиқчасини титрлаш

1 – титрлашга кетган 0,1015 N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_1=24,50 мл
2 – титрлашга кетган 0,1015 N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_2=24,45 мл
3 – титрлашга кетган 0,1015 N $Na_2S_2O_3$ эритмаси V_3=24,40 мл

$$V_{ўрт}(Na_2S_2O_3) = \frac{24,50 + 24,45 + 24,40}{3} = 24,45мл$$

б) Реакцияга киришмай ортиб қолган йод эритмаси ҳажмини топиш:

$$V_{ўрт}(Na_2S_2O_3) \cdot N(Na_2S_2O_3) = V(J_2) \cdot N(J_2)$$

$$V(J_2) = \frac{24,45 \cdot 0,1015}{0,1011} = 24,5мл$$

в) Реакция учун сарф бўлган йод эритмаси ҳажмини топиш:

40 мл-24,5 мл = 15,5 мл

г) Натрий сулфид 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 сулфид таркибидаги тоза Na_2S массаси ва фоиз миқдорини ҳисоблаш:

$$m(Na_2S) = \frac{0{,}06268 \cdot 39{,}03 \cdot 250}{1000} = 0{,}6116г$$

$$W(Na_2S)\% = \frac{0{,}6116 \cdot 100}{0{,}9882} = 61{,}89\%$$

22.11. Сувдаги эркин хлор миқдорини аниқлаш

Сувдаги хлор миқдорини аниқлашда қуйидаги реакцияга асосланади:

$$Cl_2 + 2KJ = J_2 + 2KCl$$

Ажралиб чиққан йод (унинг миқдори сувдаги хлор миқдорига эквивалент) натрий тиосулфатнинг ишчи эритмаси билан титрлаб аниқланди.

Пипетка билан водопровод сувидан 25 мл (20 мл) ўлчаб олиниб, конуссимон колбага солинади ва устига 10% ли KJ эритмасидан 15 мл қўшилади. Ажралиб чиққан йод натрий тиосулфатнинг титрланган ишчи эритмаси билан титрланаётган эритманинг ранги оч-сариқ рангга киргунча титрланади. Шундан сўнг текширилаётган эритмага 1 мл крахмал эритмасидан қўшиб, титрлаш крахмал таъсиридан кўк тусга кирган эритма рангсизлангунча давом эттирилади. Шу йўсинда титрлаш 3 марта такрорланиб, ўртача натрий тиосулфат эритмаси ҳажми топилади.

Сувдаги эркин хлор миқдорини ҳисоблашда натрий тиосулфатнинг аниқланувчи модда бўйича титридан фойдаланиш мумкин:

$$T(Na_2S_2O_3/Cl_2) = \frac{N(Na_2S_2O_3)\cdot Э(Cl_2)}{1000} = \quad г/мл$$

$$m(Cl_2) = T(Na_2S_2O_3/Cl_2)\cdot V_{ўрт}(Na_2S_2O_3)\cdot \frac{V(1литр)}{V_{пипетка}} = \quad г$$

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 катталик 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. Ёруғлик калий перманганат эритмасига қандай таъсир кўрсатади?
13. Перманганатометрияда эквивалент нуқта қандай белгиланади?

14. Йодометрия қандай реакцияга асосланган ҳолда бажарилади?

15. Натрий тиосулфат 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 мўл 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?

A) Э.Ю.К=О;
B)Э.Ю.К<О;
C)Э.Ю.К >О;
Д) Э.Ю.К=1;
E) Э.Ю.К хоҳлаган қийматида.

2. Таркибида бромид, йодид, сулфид ионлари бор эритмага хлорли сув қўшилса, оксидланиш жараёни қандай кетма-кетликда боради?

A) Сулфид, бромид, йодид, ионлари;
B) Бромид, йодид, сулфид ионлари;
C) Сулфид, йодид, бромид ионлари;
Д) Йодид, бромид, сулфид ионлари;
E) Хоҳлаган кетма кетликда.

3. Стандарт редокс-потенциаллар қиймати асосида қайси ионлар йоднинг сувдаги эритмаси билан оксидланади?

A) Сулфид ионлари;
B) Хром(III)-ионлари;
C) 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) сулфат;
В) Олтин;
С) Калий бромид;
Д) Хром(III) сулфат;
Е) Натрий сулфид.

5. Реал электрод потенциали қандай омилларга боғлиқ бўлади?
А) Концентрацияга;
В) Ҳароратга;
С) Эритма РН га;
D) Концентрация, температура ва эритма pH га;
Е) Концентрация ва эритма pH га.

6. Қуйидаги формуладан қандай катталикни 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 нуқта;
Е) Реал редокс-потенциал.

7. Қуйидаги жуфтнинг редокс-потенциали қандай қийматга 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. Перманганатометрияда қайси эритма ишчи эритма сифатида қўлланилади?

A) Сулфат кислота эритмаси;
B) Натрий оксалат эритмаси;
C) Калий перманганат эритмаси;
Д) Оксалат кислота эритмаси;
E) Натрий тиосулфат эритмаси.

9. Калий перманганатнинг оксидлаш хоссаси қандай муҳитда юқорироқ бўлади?

A) Нейтрал;
B) Кислотали;
C) Кучсиз ишқорий;
Д) 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;
Д) 41;
E) 13.

11. Калий перманганатнинг эквивалент массаси, кислотали муҳитда қандай ҳисобланади?

A) M/1;
B) M/3;
C) M/5;
Д) M/7;
E) M/2.

12. Эквивалент нуқта перманганатометрияда қандай белгиланади?

A) Редокс-индикатор дефиниламин ёрдамида;
B) pH-индикаторлар ёрдамида;
C) Крахмал ёрдамида;
Д) Эритма рангининг ортиқча қўшилган ишчи эритма томчисининг ўзгариши ёрдамида;

Е) Фенолфталеин ёрдамида.

13. Эритмадаги темир (II) миқдорини перманганатометрик аниқлашдаги реакциянинг молекуляр тенгламасини ёзинг ва коэффициентлар йиғиндиси нечага тенг бўлади?

А) 25;
В) 46;
С) 28;
Д) 32;
Е) 36.

14. Перманганатометрик аниқлашда темирнинг эквивалент массаси қандай топилади?

А) М/2;
В) М/1;
С) М/5;
Д) М/3;
Е) М/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;

C) 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 $KMnO_4$ 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, $KMnO_4$ 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 $KMnO_4$ эритмаси ($T(KMnO_4/Ca^{2+})=0,00125$ 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 $KMnO_4$ 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 $KMnO_4$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;
Д) 0,322 г;
E) 0,2230 г.

23. 200 мл ҳажмли ўлчов колбасида 7,1506 г техник темир купороси $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ эритилди. Бу эритмадан 20,00 мл ни титрлаш учун $KMnO_4$ нинг 0,0983 N эритмасидан 19,62 мл сарфланди. Намунадаги тоза $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ нинг масса қисми (%) ни ҳисобланг?
A) 75,3%;
B) 70,5%;
C) 73,5%;
Д) 80%;
E) 97,3%.

24. Йод билан натрий тиосулфат ўртасидаги реакциянинг молекуляр тенгламасини ёзинг ва бунда коэффициентлар йиғиндиси нечага тенг?
A) 4;
B) 6;
C) 5;
Д) 12;
E) 8.

25. Йодометрияда натрий тиосулфатнинг эквивалент массаси қандай ҳисобланади?
A) M/2;
B) M/6;
C) M/4;

Д) M/3;
Е) M/1.

26. Йоднинг натрий тиосулфат 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;

E) 0,365 г.

31. Тиосулфатнинг 0,05 N эритмасидан 50 мл ни титрлаш учун йод эритмаси ($T(J_2)$=0,00254 г/мл) дан неча мл керак бўлади?

A) 125 мл;
B) 12,5 мл;
C) 62,5 мл;
Д) 152 мл;
E) 250 мл.

32. 0,254 г йод билан 40 мл $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ қолдиқсиз реакцияга киришган бўлса, натрий тиосулфат эритмасининг титри қанча бўлади?

A) 0,064 г/мл;
B) 0,0064 г/мл;
C) 0,124 г/мл;
Д) 0,0124 г/мл;
E) 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?

A) 3,545 г;
B) 34,45 г;
C) 0,229 г;
Д) 22,9 г;
E) 2,29 г.

34. Натрий сулфитнинг 7,3460 г тортими 1000 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилди. Ҳосил бўлган эритмадан йод эритмаси ($N(J_2)$= 0,05440) нинг 20,00 мл ни титрлаш учун 23,15 мл сарфланди. Намуна таркибидаги натрий сулфатнинг масса қисми (%) қанча бўлади?

A) 62,90%;
B) 38,10%;
C) 90,5%;
Д) 31,80%;
E) 57,10%.

35. Натрий тиосулфат кристалогидратининг ≈ 0,05 N эритмаси аниқ концентрациясини белгилаш учун 500 мл стандарт эритма тайёрлаш учун неча грамм $K_2Cr_2O_7$ кристаллари тортиб олиш керак?

A) 2,45 г;
B) 4,52 г;
C) 1,23 г;
Д) 3,12 г;
E) 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 тиосулфат эритмасидаги 22,86 мл кетди. Натрий тиосулфат эритмасининг нормаллиги нечага тенг?

A) 0,1071 N;
B) 0,0107 N;
C) 0,0535 N;
Д) 0,241 N;
E) 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 хулоса 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 боглиқ 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:

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl\downarrow + NaNO_3$$

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 Cl^- ионларининг ҳаммаси чўкмага ўтиб бўлгач, ҳосил бўладиган қизил-қўнғир кумуш хромат Ag_2CrO_4 чўкмаси пайдо бўлишига қараб белгиланади:

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$
$$2Ag^+ + CrO_4^{2-} = Ag_2CrO_4\downarrow$$

Мор усули, асосан хлоридларни, шунингдек, бромидларни аниқлаш учун қўлланилади. Бу усулни Ag^+ катионлари билан қийин эрийдиган чўкмалар берувчи ионлар, масалан PO_4^{3-}, AsO_4^{3-}, $C_2O_4^{2-}$, S^{2-}, SO_3^{2-}, шунингдек CrO_4^{2-} ионлари билан қийин эрувчан чўкмалар ҳосил қилувчи катионлар, чунончи Ba^{2+} Pb^{2+} Bi^{3+} ва бошқа ионлар иштирокида қўлланилиб бўлмайди.

Титрлаш вақтида текшириладиган эритманинг муҳити нейтрал ёки кучсиз ишқорий (pH=7÷10) бўлиши керак. Ишқорий муҳитда қўшиладиган кумуш нитрат ишқорлар билан реакцияга киришиб кетади. Кислотали муҳитда эквивалент нуқтада ҳосил бўладиган Ag_2CrO_4 чўкмаси эрийди. Титрлаш хона ҳароратида олиб борилади, акс ҳолда Ag_2CrO_4 нинг эрувчанлиги ошиши сабабли, индикаторнинг сезгирлиги камаяди.

Фолгард усули (роданометрик метод) кумуш катионлари ва роданид анионлари ўртасида борадиган ва индикатор - темир аммонийли аччиқтош $NH_4[Fe(SO_4)_2]\cdot 12H_2O$ иштирокида бажариладиган реакцияга асосланган. Текширилаётган эритманинг маълум миқдордаги қисмига аниқ ўлчанган ҳажмдаги кумуш нитратнинг титрланган эритмаси қўйилади. Бунда қўшиладиган кумуш нитрат эритмасининг

миқдори, хлорид Cl^- ионларини тўлиқ чўктиришга зарур бўлган ҳажмдан бир мунча кўп бўлиши керак. Реакцияга киришмай қолган кумуш нитратнинг ортиқчаси аммоний роданиднинг аниқ титрли эритмаси индикатор(Fe^{3+} ионлари) иштирокида титрланади:

$$Ag^+ + SCN^- \longrightarrow AgSCN\downarrow$$

Эритмадаги кумуш ионларининг барчаси роданид ионлари билан боғланиб бўлган заҳоти, яъни эквивалент нуқтага етгандан кейинги қуйилган роданид анионлари 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 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. Текширилаётган эритмадаги Cl^- ионларини кумуш нитрат билан индикатор-флюоресцеин иштирокида титрлашда:

$$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl\downarrow$$

Ҳосил бўладиган кумуш хлорид чўкмаси эритмадан шу чўкма таркибидаги ва эритмада мўл бўлган ионларни адсорбилаш хоссасига эга. Титрлаш бошида эритмада Cl^- ионлари кўп бўлади, бу ионлар кумуш хлорид чўкмасига адсорбцияланиб уни манфий зарядлайди. Эквивалент нуқтага етганда Ag^+ ионлари концентрацияси 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 Ag^+ ионларини чўкма ўзига

адсорбилайди ва мусбат зарядланади. Индикатор флюоресцеин - 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:

$$[Hg_2]^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow Hg_2Cl_2\downarrow$$

Меркурометрияда индикатор тариқасида темир (III) роданиднинг қизил - қон рангидаги эритмаси ишлатилади, бу индикатор ортиқча қўшилган $(Hg_2)^{2+}$ ионлари таъсирида рангсизланади.

$$3[Hg_2]^{2+} + 2Fe(SCN)_3 \longrightarrow 2Fe^{3+} + 3Hg_2(SCN)_2$$

3. Меркуриметрия-ишчи эритма симоб (II) тузлари ҳисобланади. Бу метод титрлашда кам диссоциланувчи симоб(II) бирикмалари $HgCl_2$, $Hg(CN)_2$, $Hg(SCN)_2$ ва бошқалар ҳосил бўлишига асосланган:

$$Hg^{2+} 2SCN^- \longrightarrow Hg(SCN)_2$$

Меркуриметрияда индикатор сифатида натрий нитропруссид $Na_2[Fe(CN)_5NO]\cdot 2H_2O$ қўлланилади, бу модда Hg^{2+} ионлари билан оқ чўкма $Hg[Fe(CN)_5NO]\cdot 2H_2O$ 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 халақит берувчи кўпгина ионлар бу методларда натижаларининг аниқлигига таъсир қилмайди.

- меркурометрия ва меркуриметрияда кумуш нитрат каби қимматбаҳо реагентлар ўрнига дефицит бўлмаган реагентлар қўлланилади. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, мер-

куррометрия ва меркуриметриянинг асосий камчилиги симоб тузларининг заҳарли бўлишидир. Шу сабабли, бу тузлар билан ишлаганда жуда эҳтиёт бўлиш талаб қилинади.

Чўктириш методига доир лаборатория машғулотлари

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 $AgNO_3$ 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:

$$m(AgNO_3) = \frac{N(AgNO_3) \cdot Э(AgNO_3) \cdot V(колба)}{1000} = \frac{0{,}01 \cdot 169{,}9 \cdot 250}{1000} = 0{,}4248 г$$

Шунча миқдорга яқин тортим олиб, колбага ўтказилади, эритилади, аралаштирилади. Тайёрланган кумуш нитрат эритмасини титри кимёвий тоза натрий хлориднинг стандарт эритмаси ёрдамида аниқланади.

NaCl нинг стандарт эритмаси (0,01 N) тайёрлаш учун 250 мл ҳажмли ўлчов колбасида эритилиши керак бўладиган NaCl тортимининг массаси ҳисобланади.

$$m(NaCl) = \frac{0{,}01 \cdot 58{,}44 \cdot 250}{1000} = 0{,}1461 г$$

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 қуйидаги қийматларга тенг бўлади:

$$T(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{V(колба)} = \frac{0{,}1472}{250} = 0{,}0005888 г/мл$$

$$N(NaCl) = \frac{T(NaCl) \cdot 1000}{Э(NaCl)} = \frac{0{,}0005888 \cdot 1000}{58{,}44} = 0{,}01008N$$

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 K_2CrO_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) $AgNO_3$ эритмасини титрлаш.

1 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_1=10,32 мл
2 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_1 = 10,24 мл
3 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_3 = 10,28 мл

$$V_{ўрт}(AgNO_3) = \frac{10{,}32 + 10{,}24 + 10{,}28}{3} = 10{,}28 мл$$

2) $AqNO_3$ эритмаси нормаллигини ва унинг хлор бўйича титрини ҳисоблаш.

$$N(NaCl) \cdot V(NaCl) = N(AgNO_3) \cdot V_{ўрт}(AqNO_3)$$

$$N(AgNO_3) = \frac{N(NaCl) \cdot V(NaCl)}{V_{брм}(AgNO_3)} = \frac{0{,}01008 \cdot 10}{10{,}28} = 0{,}00980N$$

$$T(AgNO_3/Cl) = \frac{N(AgNO_3) \cdot Э(Cl)}{1000} = \frac{0{,}00980 \cdot 35{,}46}{1000} = 0{,}0003475г/мл$$

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 $AgNO_3$ нинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрлаб аниқланади.

Аммоний роданиднинг 0,01 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керакли тортими қуйидагича ҳисобланади (Э(NH_4SCN)=76,15)

$$m(NH_4SCN) = \frac{0{,}01 \cdot 76{,}15 \cdot 250}{1000} = 0{,}1904г$$

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 ($NH_4[Fe(SO_4)_2] \cdot 12H_2O$) тўйинган эритмасидан ва 2 томчи концентрлаган 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.

Ёзиш тартиби (намунаси)

1) NH_4SCN 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

$$V_{ўрт}(NH_4SCN) = \frac{9{,}50 + 9{,}40 + 9{,}46}{3} = 9{,}45 мл .$$

2) NH_4SCN эритмасининг нормаллигини ҳисоблаш.

$$N(AgNO_3) \cdot V(AgNO_3) = N(NH_4SCN) \cdot V_{ўрт}(NH_4SCN)$$

$$N(NH_4SCN) = \frac{0{,}0098 \cdot 10}{9{,}45} = 0{,}0104N$$

23.3. Техник ош тузи таркибидаги хлор Cl^- иони миқдорини Мор усули бўйича аниқлаш

Тузлар эритмаларидаги 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 K_2CrO_4 нинг 5% эритмасидан 0,5 мл чамаси қўшилади. Сўнг бюреткадаги стандартлаштирилган кумуш нитрат эритмаси билан титрланади. Текширилаётган эритманинг сариқ ран-

ги чўкмаси билан ортиқча қўшилган бир томчи кумуш нитрат эритмаси таъсиридан қизил-ғишт рангига айланганда титрлаш тўхтатилади. Титрлаш камида 3 марта такрорланади ва ўхшаш натижаларидан ўртача ҳажм ҳисоблаб чиқарилади.

Ёзиш тартиби

1) Техник ош тузи эритмасини титрлаш:

1 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_1=9,30 мл
2 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_2=9,40 мл
3 – титрлаш учун сарф бўлган $AgNO_3$ эритмаси V_3=9,38 мл

$$V_{ўрт}(AgNO_3) = \frac{9,30 + 9,40 + 9,38}{3} = 9,36мл$$

2) Техник ош тузи эритмасининг нормаллиги ва титрини ҳисоблаш:

$$N(NaCl) = \frac{N(AgNO_3) \cdot V_{ўрт}(AgNO_3)}{V(NaCl)} = \frac{0,0098 \cdot 9,36}{10} = 0,0092$$

$$T(Cl^-) = \frac{N(NaCl) \cdot Э(NaCl)}{1000} = \frac{0,0092 \cdot 35,46}{1000} = 0,0003262г/мл$$

3) Техник ош тузи таркибидаги Cl^- иони массасини ҳисоблаш:

$m(Cl^-) = T(Cl^-) \cdot V(колба) = 0,0003262 \cdot 250 = 0,08155$ г

4) Намунадаги Cl^- иони ва қўшимчалар масса қисми (%)ларини ҳисоблаш:

0,1480 г NaCl таркибида 0,08155 г Cl^-

100,0 г NaCl таркибида x г Cl^-

$$x = \frac{100 \cdot 0,08155}{0,1480} = 55,10г$$ ёки 55,10%

Cl^- ионининг назарий масса қисми (%)ни ҳисобланади:

58, 46 г NaCl — 100%
35,46 г Cl^- — х %

$$W(Cl^-) = \frac{35,46 \cdot 100}{58,46} = 60,66\%$$

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^- ионлари миқдорини Фолгард усули бўйича аниқлаш

Натрий бромиднинг 0,01 N эритмасидан 250 мл тайёрлаш учун керак бўладиган тортим ҳисобланади (Э(NaBr)=102,9 г):

$$m(NaBr) = \frac{0,01 \cdot 102,9 \cdot 250}{1000} = 0,2573г$$

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 $NH_4[Fe(SO_4)_2] \cdot 12H_2O$ 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 $AgNO_3$ аммоний роданиднинг 0,0104 N эритмаси билан титрланди.

Ёзиш тартиби

1. Кумуш нитратнинг ортиб қолган қисмини NH_4SCN эритмаси билан титрлаш:

1–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N NH_4SCN эритмаси V_1=16,40 мл
2–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N NH_4SCN эритмаси V_2=16,48 мл
3–титрлаш учун сарф бўлган 0,0104 N NH_4SCN эритмаси V_3=16,50 мл

$$V_{ўрт}(NH_4SCN) = \frac{16,40 + 16,48 + 16,50}{3} = 16,46 мл$$

2) Кумуш нитрат эритмасининг реакцияга киришмай ортиб қолган ҳажмини ҳисоблаш:

$$N(NH_4SCN) \cdot V_{ўрт}(NH_4SCN) = N(AgNO_3) \cdot V(AgNO_3)$$

$$V(AgNO_3) = \frac{0,0104 \cdot 16,46}{0,0098} = 17,47 мл$$

3) Кумуш нитрат эритмасининг Br ионларини чўктиришга кетган ҳажмини топиш:

40,00 мл - 17,47 мл = 22,53 мл.

NaBr эритмасининг нормаллиги ва Br ионлари массасини топиш:

$$N(NaBr) = \frac{0,0098 \cdot 22,53}{25} = 0,00883$$

$$T(Br^-) = \frac{0,00883 \cdot 79,92}{1000} = 0,0007056 г / мл$$

$$m(Br) = T(Br) \cdot V(колба) = 0,0007056 \cdot 250 = 0,1764 \text{ г}$$

Натрий бромид таркибидаги Br нинг масса қисми (%) ни ҳисоблаш:

0,2573 г NaBr таркибида 0,1764 г Br
100 г NaBr таркибида x г Br

$$x = \frac{100 \cdot 0,1764}{0,2573} = 68,56 \text{ ёки } 68,56\%$$

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:

$$m(Hg(NO_3)_2) = 0,01N \cdot 170 \cdot 0,5 = 0,85 \text{ г.}$$

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 топиш. 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:

$$Hg^{2+} + [Fe(CN)_5NO]^{2-} \longrightarrow Hg[Fe(CN)_5NO]\downarrow$$

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 - $NH_4[Fe(SO_4)_2] \cdot 12H_2O$ 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 тортимдан 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;
Д) 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;
Д) Меркуриметрия;
E) Роданометрия.

3. Аргентометрик методнинг Мор усули бўйича хлор ионини аниқлашда қайси модда индикатор ҳисобланади?

A) Флюоресцеин;
B) Эозин;
C) Калий хромат;
Д) 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) pH нинг хоҳлаган қийматида.

5. Эритмадаги бўлган қайси ионларни чўкма ўз юзасида 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;

C) 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 Ag^+ ионларини аммоний роданиднинг 0,1158 N эритмасидан 0,50 мл сарф қилиб титрланди. Текширилаётган модда таркибидаги хлорнинг масса қисми (%) ни ҳисобланг?
А) 43,90%;
В) 57,10%;

C) 50,17%;
Д) 49,30%;
E) 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?

A) 33,94%
B) 50,5%;
C) 68,78%;
Д) 67,88%;
E) 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.

A) 0,04210N; 0,008171 г/мл;
B) 0,008171 N; 0,004210 г/мл;
C) 0,04120 N; 0,004210 г/мл;
Д) 0,08171 N; 0,004085 г/мл;
E) 0,05790 N; 0,001829 г/мл.

16. Калий хлорид намунасидан 0,9000 г тортим олиб, 200 мл ли ўлчов колбасида эритилди. Бу эритмадан 25,00 мл ни титрлаш учун $AgNO_3$ нинг 0,05 N эритмасидан 30,00 мл сарфланган. Калий хлорид намунасида неча процент тоза KCl борлигини топинг.

A) 89,7%;
B) 99,3%;
C) 0,7%;
Д) 77,3%;
E) 99,7%.

17. 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. $AgNO_3$

нинг ортиқчасини титрлаш учун NH_4SCN 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 $AgNO_3$ нинг 0,05140 N эритмасидан 21,30 мл сарф бўлди. Силвинитдаги 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. Металларнинг ионлари амалда бир зумдаёқ комплексонлар билан ўзаро таъсирлашиб, ўзгармас таркибли эрувчан кам диссоциланувчи бирикмалар ҳосил қилади. Комплексонлар бир қатор ўзига хос хусусиятларга эга:

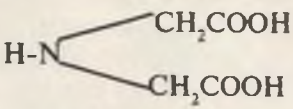
1) сувда ва баъзи бир эритувчиларда яхши эрийди;

2) кўпчилик металл катионлари билан осон реакцияга киришади, шу жумладан, бошқа комплекс ҳосил қилувчи реагентлар билан комплекс бирикмалар ҳосил қилмайдиган ишқорий — ер металлар катионлари билан ҳам сувда эрувчан барқарор комплекс бирикмалар ҳосил қиладилар;

3) баъзи бир комплексонлар у ёки бу катионларга танлаб таъсир қилиш хоссаларига эгадир.

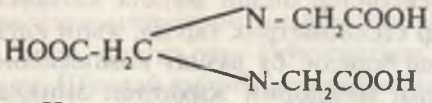
Кўрсатиб ўтилган комплексонларнинг алоҳида хусусиятларга эга бўлиши уларни комплексонометрия деб аталувчи методларда титрантлар тариқасида кенг қўллашга имкон беради.

Комплексонлар — аминополикарбон кислоталарнинг ҳосилаларидан иборат органик бирикмалардир. Булардан энг оддийси иминодисирка кислотадир.

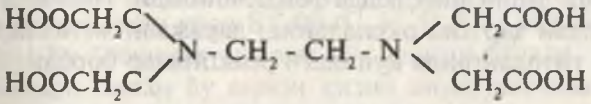


Комплексонлардан кенг тарзда қўлланиладиганлари қуйидагилар:

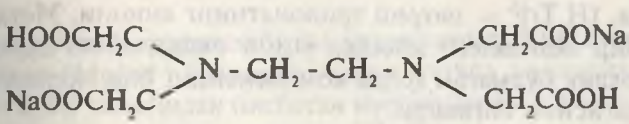
Комплексон I — нитрилтрисирка кислота:



Комплексон II этилендиамин тетрасирка кислота (ЭДТС):

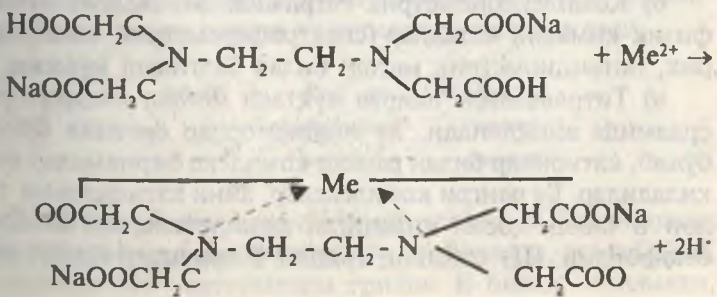


Комплексон III этилендиаминтетрасирка кислотанинг икки натрийли тузи (ЭДТА, Na - ЭДТА ёки Трилон Б, қисқача Na_2H_2Tr):



Комплексонлар таркибида карбоксил гуруҳлар (COOH) билан бирга, яна учламчи аминогуруҳ $>N$ лар ҳам мавжуд. Шундай тузилиши сабабли бу бирикмалар металлар ионлари – комплекс ҳосил қилувчилар билан бирданига бир неча координацион боғлар ҳосил қила олиш хусусиятига эга бўлиши билан ажралиб турадилар.

Трилон Б кўпчилик катионлар билан мустаҳкам ва сувда эрувчан ички комплекс тузлар ҳосил қилади. Бу тузлар металл томонидан карбоксил гуруҳидаги водород атомлари ўрнини олиши ва катионларнинг аминогуруҳдаги азот атомлари билан ўзаро таъсири ҳисобига ҳосил бўладилар. Бу жараённи 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, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Ba^{2+}, Co^{3+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+},CN^{-}, PO_4^{3-} ва бошқа ионларни аниқлашда фойдаланилади. Трилон Б эритмаси билан ҳар хил оксидланиш даражали металлар ионларини титрланганда қуйидаги реакциялар боради:

$$Me^{2+} + [H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr]^{2-} + 2H^+$$
$$Me^{3+} + [H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr]^{-} + 2H^+$$
$$Me^{4+} + [H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr] + 2\,H^+$$

Бу ерда, $[H_2Tr]^{2-}$ — натрий трилонатнинг аниони. Металлнинг бир эквивалент массаси унинг оксидланиш даражасига боғлиқ бўлмаган ҳолда комплекснинг бир эквивалент массадагисини боғлайди.

24.2. Комплексонометрия методида эквивалент нуқтани белгилаш усуллари

Комплексонометрик титрлашда эквивалент нуқтани бир неча усуллар ёрдамида белгилаш мумкин:

а) Аниқланувчи катионни комплексон билан ўзаро таъсири натижасида эритма катионига эквивалент миқдорда бўлган H^+ ионлари ажралиб чиқади. Демак, эритмадаги водород ионларининг концентрациясини алкалиметрик титрлаш орқали аниқлаб, текширилаётган катион миқдори тўғрисида хулоса чиқариш мумкин.

б) Комплексонометрик титрлашда эквивалент нуқтани физик-кимёвий методлар (спектрофотометрик, амперометрик, потенциометрик метод) билан белгилаш мумкин.

в) Титрлашнинг охирги нуқтаси металл индикаторлар ёрдамида аниқланади. Бу индикаторлар органик бўёқлар бўлиб, катионлар билан рангли комплекс бирикмалар ҳосил қиладилар. Бу рангли комплекслар, айни 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:

$$Me^{2+} + HJnd^{2-} \rightarrow MeJnd^{-} + H^{+}$$

кўк қизил

Трилон Б эритмаси билан титрланганда индикатор комплекси ($MeJnd^-$) бузилади, чунки металл ионларини трилон Б(Tr) томонидан нисбатан мустаҳкам комплексга боғланади, индикатор анионлари ($HJnd^{2-}$) эса эритмада тўпланиб, эритмани кўк рангга киритади:

$$MeJnd^{-} + [H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr]^{2-} + HJnd^{2-} + H^{+}$$

Эритманинг қизил—вино рангидан кўк рангга кириши муҳитнинг pH=8-10 бўлганда, айниқса, яхши кузатилади. Шу сабабли эритмага ажраладиган водород ионларини нейтралловчи аммонийли буфер аралашма (NH_4OH+NH_4Cl) 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 Jnd^- металл катионлари билан қизил рангли комплекслар ҳосил қилади:

$$Me^{2+} + Jnd^{-} \rightleftarrows MeJnd^{+}$$

кўк бинафша рангли — қизил рангли

Бу комплекслар металларнинг трилон Б билан ҳосил қиладиган комплексларига нисбатан беқарор, шу сабабли, титрлашда Me^{2+} катионлари трилон Б билан боғланади,

индикатор анионлари эритмада тўпланиб, унга кўк - бинафша ранг беради:

$$MeJnd^{+}+[H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr]^{2-}+Jnd^{-}+2H^{+}$$

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 охирги 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 pH қиймати ишқорий муҳитга (pH=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 ($ZnSO_4$) 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, Ca^{2+}) бор эритма билан аралаштирилса, мувозанат ўнг томонга силжийди, масалан:

$$Na_2[MgTr]+Ca^{2+} \rightarrow Na_2[CaTr] + Mg^{2+}$$

Ажралиб чиққан Mg^{2+} катионлари трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмаси билан храмоген қора иштирокида титрлаб аниқланади, шу асосда текширилаётган 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:

$$Me^{2+}+[H_2Tr]^{2-} \rightarrow [MeTr]^{2-} + 2H^+$$

Эквивалент миқдорда ҳосил бўлган водород ионлари ишқорнинг стандартлаштирилган эритмаси билан фенолфталеин иштирокида титрлаб аниқланади ва шу асосда текширилаётган 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:

$$Э(Na_2[H_2Tr]) = \frac{372,24}{2} = 186,1г$$

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 тўлдирилиб эритилади. Трилон Б нинг аниқ концентрацияли эритмасини аниқ тортим бўйича тайёрлаш қийин, шунинг

учун амалда тахминий концентрацияли эритмаси тайёрланади, сўнгра унинг титри магний сулфат 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 NH_4Cl 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:

$$N(Na_2H_2Tr) = \frac{N(Ca(NO_3)_2) \cdot V(Ca(NO_3)_2)}{V_{эрт}(Na_2H_2Tr)}$$

24.5. Тупроқнинг сувли сўримидаги калций ва магний катионлари миқдорини аниқлаш

Комплексонометрик метод билан тупроқ эритмасидаги Ca^{2+} ва Mg^{2+} катионларининг биргаликдаги миқдорини топиш мумкин. Бу аниқлашнинг моҳияти шундан иборатки, аввал тупроқнинг сувли сўримини хромоген қора иштиро-

кида трилон Б нинг стандартлаштирилган эритмаси билан титрлаб Ca^{2+} ва Mg^{2+} катионларининг биргаликдаги миқдори топилади. Сўнг тупроқнинг сувли сўримини муреқсид иштирокида трилон Б эритмаси билан титрлаб Ca^{2+} катионлари миқдори топилади ва иккала аниқлашларнинг фарқидан 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:

$$Q(Ca^{2+} + Mg^{2+}) = \frac{N(Na_2H_2Tr) \cdot V_{ўрт}(Na_2H_2Tr)}{V(тўпрок\ сўрими)} \cdot 1000$$

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 муреқсиднинг натрий хлорид кристаллари билан аралашмасидан қўшилади. Текширилаётган эритма бюреткадаги трилон Б нинг 0,05 N эритмаси билан кўкиш - бинафша тусга киргунча титрланади. Титрлашни 2–3 марта такрорлаб, ўртача қиймат ҳисобланади.

Ca^{2+} катионнинг миқдори 1000 мл эритма учун (100 г тупроқ учун) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q(Ca^{2+}) = \frac{N(Na_2H_2Tr) \cdot V_{ўрт}(Na_2H_2Tr)}{V(тупроксурими)} \cdot 1000 мг/л$$

Магний катиони миқдорини ҳисоблаш. Бунинг учун топилган Ca^{2+} ва Mg^{2+} катионларининг биргаликдаги массасидан Ca^{2+} катионининг аниқланган миқдори айрилади:

$$Q(Mg^{2+}) = Q(Ca^{2+}+Mg^{2+}) - Q(Ca^{2+}) = \quad мг/л$$

Саволлар

1. Комплексонометрия методининг моҳияти нимадан иборат?
2. Комплексонлар қандай моддалар ва уларга мисоллар келтиринг?
3. Комплексонометрик методда эквивалент нуқта қандай индикаторлар иштирокида аниқланади?
4. Комплексонометриянинг тўғри (бевосита) титрлаш усулини тушунтиринг?
5. Тескари титрлаш усули қандай бажарилади?
6. Ўринбосарларни титрлаш усули комплоксонометрияда қандай амалга оширилади?
7. Комплексонометрияда 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 металлар катионлари қандай нисбатда ўзаро таъсирлашади?

А) Катионлар зарядига боғлиқ ҳолда;

B) Ҳамма вақт 1:1 нисбатда;
C) Катион радиусига боғлиқ ҳолда;
Д) Катионнинг заряди ва радиусига боғлиқ ҳолда;
E) Катион зарядига боғлиқ бўлмаган ҳолда хоҳлаган нисбатда.

2. Комплексон III нинг қандай атомлар гуруҳи аниқланувчи металл иони билан асосий (ионли) боғланишни ҳосил қилади?
A) - COOH;
B) - N =;
C) - COONa;
Д) - CH_2 -;
E) - COOH ва - COONa.

3. Трилон Б нинг қандай атомлар гуруҳи аниқланувчи металл ионлари билан координацион боғ ҳосил қилади?
A) - COOH;
B) - COONa;
C) - N =;
Д) - CH_2 -;
E) - COOH ва -CH_2 -.

4. Трилон Б билан хромоген қора иштирокида титрланганда эквивалент нуқтада қандай аналитик эффект кузатилади?
A) Эритманинг кўк тусга кириши;
B) Эритманинг қизил тусга кириши;
C) Кўк рангли чўкма тушиши;
Д) Қизил чўкма тушиши;
E) Эритманинг рангсизланиши.

5. Металлар катионлари эритмасини трилон Б билан комплексонометрик титрлаш қандай муҳитда ўтказилади?
A) Ишқорий;
B) Аммонийли буфер аралашма иштирокида;
C) Нейтрал муҳитда;
Д) Кислотали муҳитда;
E) 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;
Д) 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;
Д) 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;
Д) 40,08 г;
E) 60,12 г.

9. 250 мл 0,01 М $ZnSO_4$ эритмасини тайёрлаш учун металл ҳолидаги қанча рух H_2SO_4 да эритилади?
A) 0,8 г;
B) 0,08 г;
C) 1,6 г;
Д) 0,16 г;
E) 0,016 г.

10. 20,00 мл $NiCl_2$ эритмасини титрлашда трилон Б нинг 0,02065 М 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;
Д) 2,480 г/л;
E) 2,840 г/л.

11. Агар 20,00 мл $Bi(NO_3)_3$ 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 $NiCl_2$ эритмасига дистилланган сув, аммиакли буфер ва ЭДТА нинг 0,01085 М эритмасидан 20,0 мл қўшилди. Ортиқча ЭДТА ни титрлашда $MgCl_2$ 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 $CaCO_3$ 250 мл сиғимли 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 (сепктрал) методлари – текшириладиган бирикмаларнинг оптик хоссаларидан фойдаланишга асосланган.

3. Анализнинг хроматографик методлари – танлаб адсорбциланиш ҳодисасидан фойдаланишга асосланган.

4. Анализнинг радиометрик методлари – айни 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 текширилаётган системаларнинг ўзгарадиган электрик параметрларини ўлчашга ва қайд қилишга асосланган методлар киради: электрогравиметрия, потенциометрия, кондуктометрия, полярафия, амперометрия ва бошқалар.

Электрогравиметрик метод аниқланаётган элемент (модда)ни электролиз ёрдамида электрод юзасида чўктиришга асосланган. Бунда электрод юзаси тозаланади ва массаси ўлчанади. Бу электрод текширилаётган эритмага туширилиб, ўзгармас ток манбаига уланади ва электролиз амалга оширилади. Электролиз тугагач, электрод қуритилади, массаси яна ўлчанади. Чўктирилган модда миқдори электрод массасининг ортишига қараб аниқланади. Электр токи

чўктирувчи «реагент» вазифасини бажаради. Электродларда металлар (Cu, Ag, Au, Ni, Cr ва бошқалар), оксидлар (масалан, PbO_2) 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 айни ионнинг 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 ўлчанади ва калибрланган чизиқдан фойдаланиб, айни электр ўтказувчанликка мос келадиган концентрация топилади.

Полярографик метод диффузион ток билан шу айни токни келтириб чиқарувчи модданинг концентрацияси орасидаги пропорционал боғланишга асосланган. Айни 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 кучланишли чегара диффузион токнинг кучининг ўзгаришини ўлчаш асосида титрлашнинг охирги 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 айни 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 текширилаётган 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. Текширилаётган 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 текширилаётган элемент атомларининг газ ҳолатида ёруғликнинг стандарт манбаидан тарқаладиган нурланишнинг ютган энергиясини ўлчашга асосланган. Бу метод жуда истиқболли, фавқулодда тез ривожланаётган аналитик методдир. Бу метод бир қанча афзалликларга 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 текширилаётган 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

Хромотографик метод эриган моддалар аралашмаси, газлар, суюқликлар буғларининг аралашмаларини сорбцион метод билан динамик шароитларда ажратишга асосланган. Текширилаётган эритма сорбент тўлдирилган колонка орқали ўтказилади. Аралашмадаги компонентларни турлича ютилиши ҳисобига уларнинг колонка узунлиги бўйича ажралиши юз беради. Колонкали ва қоғоз хромотографиясида компонентларни миқдорий анализ қилиш айрим зоналарни анализ қилиш билан амалга оширилади.

Анализнининг 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, α-заррачалар) билан бомбардимон қилиб, фаоллаштиришга асос-

ланган. Бунда ҳосил бўладиган радиоактив нурланишнинг миқдоран ўлчами текширилаётган намунадаги айни элемент миқдорининг мезони бўлиб ҳисобланади.

Текширилаётган модда билан бир вақтнинг ўзида аниқланувчи элементнинг миқдори маълум бўлган стандарт намуна ҳам нурлантирилади. Олинган натижаларни солиштириб, қуйидаги нисбатдан қидирилаётган 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 қўлланиладиган 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 массага эга бўлган ионлар нурининг массаси 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 саноат, 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 текширилаётган модда томонидан электромагнит тўлқинларини ядро магнетизми ҳисобига резонансли ютилишига 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.

25.2. Оптик методларнинг умумий тавсифи

Аналитик кимёда кўпинча моддаларнинг жуда оз миқдорлари («асари»)ни аниқлаш зарурияти га дуч келинади. Масалан, тоза металлар 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 ўлчашда 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 қонунлари (колориметрия қонунлари). 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 ютилади 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 айни кюветадан фойдаланилганда қайтарилган нурнинг интенсивлиги доимий бўлади, бун-

дан ташқари, сувли эритмалар билан ишланганда, бу қийматкичик бўлади ва уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Бунда:

$$J_0 \approx J_a + J_t$$

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_t 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 (С) 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 коэффициенти;

l – эритма қатламининг қалинлиги.

Бу формулани ўнли логарифмни қўллаб ёзилса қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$J_t = J_0 \cdot 10^{-kl}$$

Нурнинг ютилиш коэффициенти (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 боғликдир;

C – нурни ютувчи модда концентрацияси.

Бугер-Ламберт қонуни формуласи ва Бер қонуни формулаларини бирлаштирилса, Бугер-Ламберт-Бер қонунининг математик ифодаси ҳосил бўлади:

$$A = \lg \frac{J_0}{J_l} = E \cdot C \cdot l$$

$\lg \frac{J_0}{J}$ ифода рангли эритмаларни тавсифловчи муҳим катталик бўлиб, у эритманинг оптик зичлиги деб аталади ва А 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 кўп бўлса ўша эритманинг оптик зичлиги ҳам катта бўлади, деган хулоса келиб чиқади.

Агар эритма Бугер-Ламберт-Бер қонунига бўйсунса, оптик зичлиги А 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, pH 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 коэффициенти бўлиб, нурнинг тўлқин узунлиги λ 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.

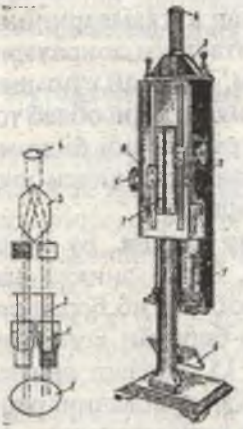
Ҳар бир модда электромагнит нурланишни ютади ва қайтаради. Тўлқин узунлиги 400 дан 760 ммк гача бўлган (кўринувчи ёруғлик) нурланишни ютиш қобилиятига эга бўлган ҳамма моддалар эритмалари рангли бўлади.

Эритма ранги қанчалик қуюқ бўлса, айни эритмадаги модда ёки ионнинг концентрацияси 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 рангигача 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.

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 ($l_{станд.}$) ўзгартирмасдан, иккинчисиникини ($l_{текш.}$) ўзгартириб стандарт ва текширилаётган эритмалар рангининг қуюқликлари орасидаги фарқ йўқотилади, яъни иккала эритма рангининг қуюқлиги бир-бирига тенглаштирилади. Эритмалар қатламларининг қалинликларини ва стандарт эритма концентрациясини билган ҳолда текширилаётган эритмадаги аниқланаётган модда концентрациясини ҳисоблаб топиш мумкин. Бунда қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$C_{текш.} \cdot l_{текш.} = C_{станд.} \cdot l_{станд.} \text{ ёки } C_{текш.} = \frac{C_{станд.} \cdot l_{станд.}}{l_{текш.}}$$



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 ноиус.

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 ўзакларни уларга ботириш ёки чиқариш мумкин. Кюветалар тагига айланадиган кўзгу ўрнатилган бўлиб, ёруғлик кўзгудан қайтиб, стандарт ва текширилаётган эритмалар орқали ўтади, сўнгра шиша ўзакларга 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 нурлар тушади. Винтлар ёрдамида шиша ўзакларнинг 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 серияла 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-

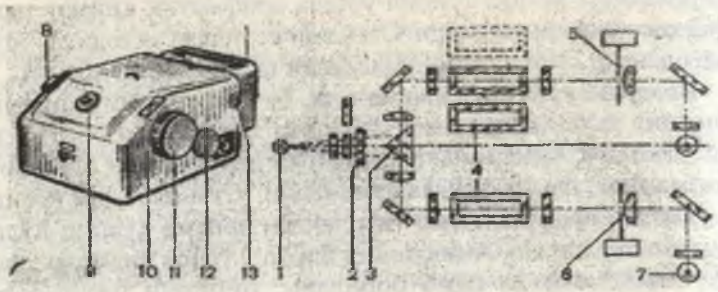
дай ҳолларда концентрация ўртача арифметик қиймат тарзида ҳисоблаб чиқарилади. Стандарт сериялар методида янги тайёрланган стандарт эритмалардан фойдаланиш лозим.

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 текширилаётган эритма солиниб, устига ранг ҳосил қиладиган реагентдан маълум миқдорда қўшилади. Масалан, агар текширилаётган 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 текширилаётган 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 текширилаётган 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 текширилаётган эритмаларнинг) ранги бир хил



34-расм. ФЭК-56 фотоэлектроколориметрининг ташқи кўриниши ва тузилиш схемаси: 1-ёруғлик манбаи; 2-ёруғлик филтри; 3-призма; 4-кювета; 5-диафрагма (ўлчовли); 6-компенсацион диафрагма; 7,8-фотоэлементлар; 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 галвонометр 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 фокусида хира ойна ўрнатилган бўлиб, улар орқасида фотоэлементлар 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 узунликларидаги 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 фильтрлари ёруғликнинг шундай қисқа спектрал соҳасини ажрата оладики, унда текширилаётган модда эритмаси максимал даражада юта оладиган тўлқин узунликдаги нур бўлади.

Фотоколориметрик текширишда олинадиган натижаларнинг тўғри бўлиши ёруғлик филтри тўғри танланишига боғлиқ. Текширилаётган 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 фильтрларини 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 тегизилмаслиги 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) сулфат кристаллогидрати $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 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 сиғимли 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 сиғимли 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:

$$m(Fe) = \frac{l_{станд}}{l_{теки}} \cdot V \cdot 0{,}01 \cdot \frac{1000}{V_1}$$

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 Cu^{2+} ионларини аммиак билан тўқ кўк рангли комплекс ион $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 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 сулфат $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ олинади ва сиғими 1000 мл бўлган ўлчов колбасида дистилланган сувда эритилади, устига 5 мл конц. H_2SO_4 (ρ=1,84 г/мл) қўшилади ва колба белгисигача дистилланган сув қўшилади. Тайёр бўлган эритманинг 1 мл да 1 мг 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 суюлтирилган (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 навбатманавбат иккинчи кюветага солинади. Иккинчи кюветага энг аввал 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 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 катталикка тўғри келадиган биттадан нуқталар ўзаро туташтирилганда тўғри чизиқли боғланиш-даражаланган график ҳосил бўлади.

Текширилаётган эритмадаги мис (II) иони миқдорини топиш. Ҳажми 50 мл бўлган ўлчов колбасига 0,01 мг/мл дан 0,5 мг/мл оралиғида Cu^{2+} иони сақловчи текширилаётган эритмадан озгина солинади, устига 1 томчи конц. сулфат кислота (ρ=1,84 г/мл) томизилади, лойқа ҳосил бўлгунча 1:3 нисбатда суюлтирилган аммиак эритмасидан томчилатиб 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 текширилаётган эритмадан 1 см қалинликда солинади, қизил ёруғлик филтрдан фойдаланиб шу эритманинг оптик зичлиги ўлчанади.

Текширилаётган эритманинг оптик зичлигининг қиймати топилгач, даражаланган графикдан шу эритмага мос келувчи 1 мл даги Cu^{2+} ионини мг лардаги миқдорини топиш мумкин. Топилган қийматни текширилаётган эритманинг ҳажми (50 мл) га кўпайтириб, мис (II) ионининг умумий миқдорини топса бўлади.

25.6. Хромат (дихромат) ҳолидаги хромни фотоэлектроколориметрик солиштириш методи билан аниқлаш

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 фотоэлектроколориметрларда ўлчанади.

Ишлатиладиган реагентлар: кумуш нитратнинг 0,05М эритмаси, аммоний персулфатнинг 25% ли эритмаси, сулфат кислотанинг (1:1) эритмаси.

Стандарт эритма тайёрлаш. 0,2818 г калий дихромат $K_2Cr_2O_7$ сиғими 1000 мл бўлган ўлчов колбасига миқдоран ўтказилади, эритилади, дистилланган сув қўшиб эритма

ҳажми колба белгисигача етказилади. Бундай эритманинг 1 мл да 0,1 мг Cr^{+6} иони бўлади.

Ҳажми 50 мл бўлган ўлчов колбасидан иккита олиб, биринчисига текширилаётган эритмадан (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, сулфат кислотанинг 1:1 нисбатда суютирилган эритмасидан 5 мл қўшилади ва иситилади. 10 мл текшириладиган эритмада 5 мг атрофида Cr^{3+} иони бўлиши керак. Эритма совутилгач, дистилланган сув қўшиб, ҳажми колба белгисигача етказилади ва аралаштирилади. Иккинчи 50 мл сиғимли ўлчов колбасига стандарт эритмадан 20 мл солиб, устига дистилланган сув қўшиб, ҳажми колба белгисигача етказилади. Стандарт ва текширилаётган эритмалардан кюветага бир хил қалинликда қуйиб, бу эритмаларнинг оптик зичликлари кўк рангли ёруғлик филтрлари орқали ўлчанади. Текширилаётган ва эталон эритмаларнинг оптик зичликлари дистилланган сувга нисбатан ўлчанади.

Текширилаётган эритмадаги элементнинг концентрацияси ($C_{текш.}$) формула бўйича топилади:

$$\frac{C_{текш.}}{C_{станд.}} = \frac{A_{текш.}}{A_{станд.}} \quad \text{ёки} \quad C_{текш.} = \frac{C_{станд.} \cdot A_{текш.}}{A_{станд.}};$$

бу ерда, $C_{станд.}$ – стандарт эритмадаги элементнинг концентрацияси;

$A_{станд.}$ – стандарт эритманинг оптик зичлиги;

$A_{текш.}$ – текширилаётган эритманинг оптик зичлиги.

АНАЛИЗНИНГ ЭЛЕКТРОКИМЁВИЙ 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 металларнинг миқдорини топишда фойдаланилади. Эритмаларда металлар катионлар ҳолида бўлади ва электролиз вақтида бу ионлар катодга томон ҳаракат қилади ҳамда катодда зарядсизланиб металл ҳолида бу электродга чўкади. Катод оғирлигининг ортишига қараб электролиз вақтида ажралиб чиққан металлнинг миқдори аниқланади. Металларнинг катодда ҳосил бўлган чўкмалари кўпчилик ҳолларда чўктириладиган ва тортма шаклларга қўйиладиган талабларга яхши жавоб беради. Шунинг учун электролиз баъзи металларнинг тузлари эритмасидаги шу металларнинг миқдорини аниқ топишга имкон беради. Электрогравиметрик метод рангли металлар ва улар қотишмаларини текширишда кенг қўлланилади.

Аниқланадиган металлар чўктириладиган электроднинг сирти мумкин қадар катта бўлиши ва электрод мумкин қадар енгил бўлиши ҳамда эритмани аралаштиришга халал 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) сулфат 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 тарозида 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) сулфат $CuSO_4$ эритмасидан соламиз. Устига нитрат кислотанинг 2 N эритмасидан 7-8 мл ва сулфат 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 текширилаётган эритмани стакандаги суюқликнинг сирти тўрсимон электроднинг юқори қисмидан 1см паст баландликкача сув қўшиб суюлтирилади. Стакан оғзи шиша пластинкалар билан бекитилади. Стакандаги эритма газ алангаси ёрдамида 60^0C гача иситилади. Тўрсимон катод ток манбаининг манфий қутбига, анод эса мусбат қутбига уланади. Электролизни эритмани тўлиқ рангсизлангунча давом эттирилади, сўнг миснинг тўлиқ ажралганлиги $K_4[Fe(CN)_6]$ 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 кўрилади (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 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 эритмасига кумуш симни туширилса, унинг потенциали ушбу тенглама бўйича топилади:

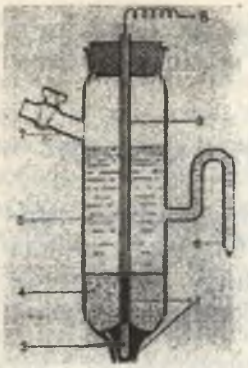
$$E_x = E_0 + 0,059 \lg[Ag^+]$$

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 потенциалининг 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 потенциали 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-расм. Каломел электрод. 1-симоб қавати; 2-платина сим; 3-шиша най; 4-каломел қавати; 5-KClнинг тўйинган эритмаси; 6-сифон; 7-ёнбошдаги най; 8-электродни занжирга улуш учун мис сим.

Потенциометрик методда, одатда, водород электроддан эмас (ундан фойдаланиш қийинроқ бўлганлиги сабабли), балки каломел электроддан фойдаланилади. Каломел электрод сифони бор шиша идишдан иборат. Идишнинг тагига симоб жойлаштирилади ва бу симоб шиша найга кавшарланган платина сим орқали занжирнинг ташқи қисми билан контактда бўлади. Каломел (Hg_2Cl_2) қавати жойлаштирилади. Идишнинг қолган қисми KCl нинг тўйинган эритмаси билан тўлдирилади. Бундай электроднинг потенциали эритмадаги $[Hg_2]^{2+}$ ионлари концентрациясига боғлиқ бўлади. Симоб устидаги эритмада калий хлориднинг тўйинган эритмаси бўлганлиги сабабли Cl^- ионлари концентрацияси ўзгармасдир, бинобарин $[Hg_2]^{2+}$ ионларининг концентрацияси ҳам доимийдир. Шундай қилиб, каломел электроднинг потенциали доимийдир.

Индикатор электроднинг потенциалини топиш учун уни каломел электрод билан бирлаштириб, ҳосил бўлган ячейкани ўлчаш асбоби-потенциометрга уланади. Агар ўлчаш кучли электролитлар эритмасида олиб борилса, электрод потенциали, масалан кумуш электроди потенциали ионлар активлигининг функцияси ҳисобланади:

$$E_x = E_0 + 0{,}059 \lg a_{Ag^+}$$

Бинобарин, ионлар активлигини потенциал E_x нинг қиймати бўйича аниқлаш мумкин.

Потенциометрик титрлашда электрод потенциалининг қиймати кимёвий реакциянинг бориши жараёнида ўлчанади. Титрлашнинг охирги нуқтаси электрод потенциалининг 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 Ag^+ ва J^- ионлари ўртасида реакция боради. Бунда, $E_{кал.эл} > E^0 AgJ/J^-$, бўлганлиги учун кумуш электрод потенциометрнинг минус (-) клеммасига уланади. J^- ионларининг ҳаммаси боғланганда ва Ag^+ ионлари билан 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. Шуни назарда тутиш керакки, чўкма ҳосил бўлиши сабабли индикатор электроднинг мувозанат потенциали доимий қийматига вақт ўтиши билан эришилади. Шунингдек, кумуш йодид чўкмасининг J^- ионларини адсорбилашини ҳам ҳисобга олиш керак. Шу сабабли, титрлашни галогенид ионларини адсорбиланишига халақит берувчи кучли электролит $Ba(NO_3)_2$ ёки $Ba(CH_3COO)_2$ иштирокида олиб борилади. Хлоридлар ёки уларни бошқа галогенидлар билан аралашмасини аниқлашда калий нитрат ёки калий сулфатнинг тўйинган эритмаси билан тўлдирилган кўприкдан фойдаланилади, борди-ю калий хлориднинг тўйинган эритмасидан фойдаланилса, 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 текшириладиган 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) текширилаётган эритмадаги J^- ионлари миқдорини топишга имкон беради. Стандарт эритманинг потенциалнинг иккинчи сакраб ўзгарувчи қиймати асосида белгиланган умумий ҳажми (V_2) текширилаётган 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

Полягрофик 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 (волт-ампер) эгри чизиқлари олинади.

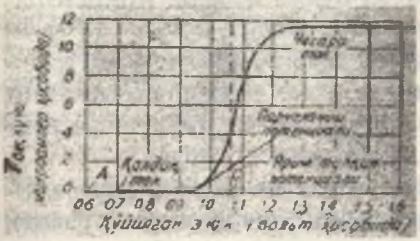
Текширилаётган эритмага туширилган электродларга кучланиш берилиб, уни секин-аста ошириб борилса, аввал эритма орқали ток деярли ўтмайди. Текширилаётган электролитнинг ажралишига етарли даражада кучланиши оширилганда, ток кучи кескин ошади. Кучланишнинг ана шу қийматини ажралиш потенциали деб номланади. Элементнинг иони электрод потенциалининг маълум бир қийматида қайтарилади.

Полярографик методнинг асосий талабларидан бири электродлардаги ток зичлигининг бир-биридан катта фарқ қилишдир. Бунга эришиш учун қайтарилиш билан борадиган электрокимёвий 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.

$$E=E_a - E_к+iR$$

Бу ерда: E_a, $E_к$ – анод ва катоднинг потенциаллари.



36-расм. Полярографик эгри чизиқ.

Агар эритмада индеферент электролит иштирок этса, R нинг қиймати жуда кичик бўлади ва iR ни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Анодниг юзаси жуда катталигини ҳисобга олинса, унинг қутбланиши ўта кичик бўлиб, бунда $E=E_к$. Шундай қилиб, ташқи кучланишнинг ўзгариши амалда катод потенциалининг ўзгаришига олиб келади. $E_к$ нинг аста-секин ўзгаришига қараб волт-ампер эгри чизиғи (полярографик эгри чизиқ, полярографик тўлқин) олиш мумкин. Абсцисса ўқига $E_к$ кучланишининг қийматлари жойлаштирилади, ординат ўқига ток кучи қийматлари жойлаштирилади.

Аввал ток кучи жуда кам (қолдиқ ток) бўлиб, кучланишнинг ошиши билан занжирдаги ток кучининг ўзгариши кузатилмайди. Эгри чизиқнинг бу қисмида текширилаётган модданинг ажралиш потенциали қийматига эришилмайди, электролиз бормайди. Бу қийматдан кучланиш ошиши билан ток кучи жуда тез ортиб боради ва эгри чизиқ юқорига тикроқ кўтарила бошлайди. Эгри чизиқнинг бу бўлаги электролиз жараёни бораётганлигини ифодалайди:

$$Cd^{2+}+2e^-+Hg \rightarrow Cd(Hg) \text{ (амалгама)}$$

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 тўхтайди ва эгри чизиқ горизонтал кўринишга эга бўлиб, абсцисса ўқига 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 электрокимёвий реакцияга киришаётган заррачалар сони электродга эритмадан диффузияланиб келаётган заррачалар сонига тенг бўлиб қолади. Концентрацион қутбланиш 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:

$$J_{диф}=605Д^{1/2}\ nm^{2/3}\ t^{1/6}C$$

Бу ерда: $J_{диф}$ – диффузион ток (мка=10^{-6}а);

Д - ионнинг диффузия коэффициенти ($см^2$ $сек^{-1}$);

n – ионнинг қайтирилишдаги қабул қилган электронлар сони;

m – капиллярдан 1 секундда оқиб тушадиган симобнинг массаси (мг);

t – томиш даври (секунд);

C – аниқланувчи ионнинг концентрацияси (мол/л).

Бир ва айни ион учун бир хил шароитларда диффузион токнинг концентрацияга чизиқли боғланишдан $J_{диф}=kC$ 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 қийматига эга бўлинади. Бундай потенциални ярим тўлқин потенциали деб аталади. Ярим тўлқин потенциали концентрацияга боғлиқ бўлмай, қайтарилувчи ион табиатига боғлиқ бўлади. Шунинг учун ярим тўлқин потенциалининг қиймати бўйича эритмада иштирок этувчи ионни сифат жиҳатдан топиш мумкин.

Полярографик тўлқин баландлиги чегара токни ифодалайди ва у катодда қайтариладиган ионнинг концентрациясига тўғри пропорционал бўлганлиги учун текширилаётган модданинг концентрациясини топишга имкон беради.

Полярографик анализни бажаришда **полярограф** деб номланувчи ўлчов асбобларидан фойдаланилади. Миқдорий полярографик аниқлашларда қуйидаги методлардан фойдаланилади:

1. **Даражаланган график методи.** Бу методда аниқ маълум бўлган концентрациядаги текширилувчи иони бор бир неча стандарт эритмаларнинг полярограммалари олинади. Тўлқин баландлиги ва концентрациялар асосида даражаланган график тузилади. Сўнг текширилаётган эритманинг полярографик тўлқини ўлчанади ва даражаланган график ёрдамида тўлқин баландлиги асосида аниқланувчи ионнинг концентрацияси топилади.

2. **Солиштириш методи** қўлланилганда фақат битта аниқланувчи 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 қидирилаётган концентрацияси (C_x) топилади:

$$C_x = C_{ст} \cdot h_x / h_{ст}$$

3. **Қўшимчалар қўшиш методи.** Электролизёрга текшириладиган эритмадан аниқ ўлчамдаги ҳажмда солинади ва текширилаётган модда (ион)нинг полярограммаси олинади. Сўнгра шу эритмага 1-3 мл аниқланувчи модданинг стандарт эритмасидан қўшилиб, яна полярограммаси олинади. Текширилаётган эритманинг концентрацияси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\frac{C_{текш}}{C_{ст}} = \frac{h_{текш}}{h_{ст}} \quad (h_{ст}=h_{умум}-h_{текш})$$

Бу ерда: $h_{умум}$ – синалаётган эритма билан қўшилган стандарт эритманинг биргаликдаги тўлқини баландлиги;

$C_{ст.}$ – қўшилаётган стандарт эритманинг концентрацияси;

$C_{текш.}$ қуйидагича топилади:

$$C_{текш.} = \frac{C_{ст.} \cdot V_{ст.}}{V_{ст.} + V_{текш.}}$$

Бу ерда: $V_{ст}$ – электролизёрга қўшилган стандарт эритманинг ҳажми (мл);

$V_{текш}$ – электролизёрга солинган текшириладиган эритманинг ҳажми (мл);

$C_{ст}$ – стандарт эритманинг бошланғич концентрацияси.

25.10. Эритмадаги рух(II) иони миқдорини солиштириш методи билан аниқлаш

Сиғими 50 мл бўлган ўлчов колбасига концентрацияси 0,5 мг/мл бўлган рух сулфат $ZnSO_4$ 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

$$C_{ст} = 0{,}5 \cdot \frac{10}{50} = 0{,}1 мг/мл$$

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 сиғими 50 мл бўлган ўлчов колбасига концентрацияси номаълум бўлган рух сулфат эритмаси солинади, 20 томчи желатина қўшилади 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:

$$\frac{C_{ст}}{h_{ст}} = \frac{C_{текш}}{h_{текш}} \text{ бу ердан } C_{текш} = h_{текш}\frac{C_{ст}}{h_{ст}}$$

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 хромотографик 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 катталик 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 коломел электродининг тузилиши қандай?

22. Полярографик анализ методининг моҳити 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 Cu^{2+} бўлган 1000 мл стандарт эритма тайёрлаш учун кимёвий тоза $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ дан неча грамм олиш керак?

A) 3,9270 г;
B) 39,270 г;
C) 1,9635 г;

Д) 1,096 г;
Е) 0,39270 г.

2. Таркибида маълум миқдорда Fe_2O_3 бўлган 2,00 г моддадан $[Fe(SCN)]^{2+}$ ионлари ҳисобига қизил рангли 100 мл эритма тайёрланди. Стандарт сериялар методи бўйича колориметрик аниқлашда бу эритманинг ранги 1 мл да 0,1 г Fe_2O_3 сақловчи эритма рангига мос келди. Модда таркибидаги Fe_2O_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 кўринади?

А) 10,1 мм;
В) 15,6 мм;
С) 18,0 мм;
Д) 13,3 мм;
Е) 8,8 мм.

5. Модданинг 5 грамми сиғими 250 мл ўлчов колбасида сувда эритилган. Сўнгра бу эритмадан 50,00 мл олиниб, у яна 1 литргача суюлтирилган. Ана шу суюлтирилган эритмадаги Fe^{3+} миқдорини аниқлаш учун эритма колориметрик усулда (тенглаштириш методи билан) текширилган. Стандарт эритмада 0,01 мг/мл 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%;
Д)1,25%;
E) 0,75%.

6. $K_2Cr_2O_7$ 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, $C_{текш}$ ни ҳисобланг.

A) 0,035 мол/л;
B) 0,037 мол/л;
C) 0,37 мол/л;
Д) 0,053 мол/л;
E) 0,0175 мол/л.

7. $NiSO_4$ эритмаси қаватининг баландлиги $h_{станд}$=3,22 см бўлиб, унинг концентрацияси 0,062 мол/л га тенг. Таркибида $NiSO_4$ бўлган текшириладиган эритма қаватининг баландлиги $h_{текш}$=2,88 см бўлса, синаладиган $NiSO_4$ эритмасининг концентрацияси қандай бўлади?

A) 0,062 мол/л;
B) 0,031 мол/л;
C) 0,0693 мол/л;
Д) 0,693 мол/л;
E) 0,620 мол/л.

8. Ботирма колориметрда Fe^{3+} ионлари аммоний роданид NH_4SCN 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 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, айни 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 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 NH_4NO_3 бўлса, сувдаги 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 $HMnO_4$ 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%;

C) 8,19%;
Д) 0,189%;
E) 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?
A) 9,60 мг;
B) 0,96 мг;
C) 0,69 мг;
Д) 0,48 мг;
E) 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.
A) 2,92%;
B) 4,61%;
C) 1,46%;
Д) 14,6%;
E) 0,73%.

14. Ток кучи 3,85 А бўлганда 15 минутда катодда қанча никел ажралиб чиқади?
A) 1,54 г;
B) 1,054 г;
C) 15,4 г;
Д) 0,77 г;
E) 0,154 г.

15. Ток кучи 2,5 А бўлганда 12 минутда қанча кадмий сулфатни парчалаш мумкин?
A) 0,1944 г;
B) 0,972 г;
C) 19,44 г;
Д) 1,944 г;

E) 4,491 г.

16. Ток кучи 2,3 А бўлганда Na_2SO_4 эритмасининг электролизида 6 минутда неча миллилитр водород ажралиб чиқади?
A) 96 мл;
B) 9,6 мл;
C) 6,9 мл;
Д) 48 мл;
E) 960 мл.

17. 2,456 г $ZnCl_2$ ни кучи 5 А бўлган электр токи билан парчалаш учун рух хлорид эритмаси орқали неча минут электр токи ўтказиб туриш керак?
A) 5,75 минут;
B) 6,5 минут;
C) 115 минут;
Д) 1,15 минут;
E) 11,5 минут.

18. Ток кучи 0,45 А бўлганда 0,2 г никел ажратиб олиш учун қанча вақт керак бўлади?
A) 24 минут;
B) 36 минут;
C) 4,2 минут;
Д) 12 минут;
E) 48 минут.

19. 70 минутда 0,2345 г рух ажратиб олиш учун қандай миқдордаги ток кучи зарур бўлади?
A) 0,1468 А;
B) 0,1648 А;
C) 1,6480 А;
Д) 16,480 А;
E) 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?
A) 2,6680 г;

B) 0,6268 г;
C) 0,2668 г;
Д) 0,1334 г;
E) 0,3143 г.

21. $CuSO_4$ эритмасини 16 минут 40 секунд давомида 1,5 А ток кучи билан электролиз қилинганда катодда қанча мис метали ажралади?

A) 9,440 г;
B) 0,247 г;
C) 4,494 г;
Д) 0,494 г;
E) 0,944 г.

22. $AgNO_3$ эритмаси орқали 3 А га тенг ток кучи ўтказилганда, катодда 1,0г кумуш ажралиши учун қанча вақт керак бўлади?

A) 4 минут;
B) 50 минут;
C) 2,5 минут;
Д) 0,5 минут;
E) 5 минут.

Бахтсизлик ҳолатларида биринчи ёрдам кўрсатиш

Қандай бахтсизлик юз беришидан қатъи назар зудлик билан шифокорни чақириш лозим. Қуйида 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 $KMnO_4$ эритмаси ёки янги тайёрланган 5%ли танин эритмаси билан тери жигарранга 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 сулфатнинг 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 таъсиридан 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 йўлларини 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 сулфид, 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 тиосулфат 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	Номланиши	Формуласи	Молекуляр массаси а.м.б.	Зичлиги, г/мл	Фоиз миқдори, %	Нормаллиги, N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
Кислоталар							
1.	Нитрат (конц.)	HNO_3	63,0	1,4	65,3	14,5	
2.	Нитрат (суюл.)	HNO_3	-	-	-	2	145,0 мл, р=1,4, 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
3.	Сулфат (конц.)	H_2SO_4	98,0	1,84	95,6	36	
4.	Сулфат (суюл.)	H_2SO4	-	-	9,25	2	56 мл, р=1,84, 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
5.	Хлорид (конц.)	HCl	36,5	1,19	37,2	12	
6.	Хлорид (суюл.)	HCl	-	-	7,1	2	162 мл, р=1,19, 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
7.	Сирка (конц.)	CH_3COOH	60,0	1,05	99,5	17	
8.	Сирка (суюл.)	CH_3COOH				2	120 мл, р=1,05, 1литрга етгунча дист.сув қўшилади.
9.	Вино (суюл.)	$H_2C_4H_4O_6$	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, %	Нормаллиги, N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
			А с о с л а р				
1.	Аммоний гидроксид (конц.)	NH_4OH	35,0	0,91	25	15	
2.	Аммоний гидроксид (суюл.)	NH_4OH	-	-	-	2	138 мл конц. аммоний гидроксидга 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
3.	Барийли сув	$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$	315,5	-	-	0,4	Эритма тўйинган (63 г 1 литр эритмада)
4.	Оҳакли сув	$Ca(OH)_2$	74,0	-	-	0,05	Эритма тўйинган (1,3 г 1 литр эритмада)
5.	Калий гидроксид (суюлт.)	KOH	56,0	-	-	2	112 г сувда эритилиб, ҳажми 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.
6.	Натрий гидроксид	NaOH	40,0	-	-	6	240 г сувда эритилиб ҳажми 1 литрга етказилади.
7.	Натрий гидроксид (суюл.)	NaOH	40,0	-	-	2	80 г сувда эритилиб ҳажми 1 литрга етказилади.

1-жадвалнинг давоми

Т/р	Номланиши	Формуласи	Молекуляр массаси а.м.б.	Нормаллиги N	Модда миқдори, г (1 литр эритма учун)
		Тузлар			
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 сулфат	$Al_2(SO_4)_3$	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 персулфат	$(NH_4)_2S_2O_8$	228	0,5	57г туз 100 мл сувда эритиб, 1 литрга етгунча NH_4OHнинг 2N эритмасидан қўшилади.
9.	Аммоний роданид	NH_4SCN	76	0,5	38,0
10.	Аммоний сулфат	$(NH)_2SO_4$	132	2	132,0
11.	Барий нитрат	Ba(NO3)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	$Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$	485	0,5	80,8 г туз суюлтирилган HNO_3 да эритилади, эритма ҳажми дистил.сув қўшиб 1л га етказилади.
14.	Висмут хлорид	$BiCl_3$	315		52,5 г туз суюлтирилган HCl да эритилиб, сув қўшиб 1литрга етказилади.
15.	Гипсли сув	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	172	-	2,5 г туз 1 литр сувда эритилади.
16.	Кадмий нитрат	$Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	380,5	0,5	77,1
17.	Кадмий хлорид	$CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$	228	0,5	27,0
18.	Калий нитрат	KNO_3	101	0,5	50,5
19.	Калий нитрит	KNO_2	85	0,5	42,5
20.	Калий бромид	KBr	119	0,5	59,5
21.	Калий дихромат	$K_2Cr_2O_7$	294	0,5	74,0
22.	Калий карбонат	K_2CO_3	138	0,5	34,5
23.	Калий перманганат	$KMnO_4$	158	0,05	1,6
24.	Калий роданид	KSCN	97	0,5	48,5
25.	Калий хлорид	KCl	74,5	0,5	37,25
26.	Калий хромат	K_2CrO_4	194	0,5	48,5
27.	Калций гексациано(III)-феррат	$K_3[Fe(CN)_6]$	329	0,5	55,0
28.	Калий гексациано (II)-феррат	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H2O$	422	0,5	52,5

1-жадвалнинг давоми

29.	Калий йодид	KJ	166	0,5	83,0
30.	Калций сулфат	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	172	-	Тўйинган эритмаси
31.	Калций хлорид	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	219	0,5	54,8
32.	Калций нитрат	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	236	0,5	59,0
33.	Кобалт нитрат	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	291	0,5	72,8
34.	Кобалт хлорид	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	238	0,5	59,5
35.	Кумуш нитрат	$AgNO_3$	169.9	0,05	8,5 г тузни сувда эритиб, ҳажми 1 литрга етказилади.
36.	Магний хлорид	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	203	0,5	50,8
37.	Марганец нитрат	$Mn(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	287	0,5	71,7
38.	Марганец сулфат	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	223,1	0,5	55,8
39.	Мис нитрат	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	242,0	0,5	62,5
40.	Мис сулфат	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	250,0	0,5	62,5
41.	Натрий нитрит	$NaNO_2$	69	0,5	34,5
42.	Натрий сулфат	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	322,2	0,5	85,6
43.	Натрий сулфит	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	252,0	0,5	63,0
44.	Натрий тиосулфат	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	248,2	0,5	62,0
45.	Натрий хлорид	NaCl	58,5	0,5	29,25
46.	Натрий карбонат	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	286	0,5	71,5
47.	Натрий ацетат	CH_3COONa	136,0	1,0	136
48.	Натрий гидро-гартрат	$NaHC_4H_4O6$	172	1,0	172
49.	Натрий гидро-фосфат	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	358	0,5	59,7
50.	Натрий карбонат	Na_2CO_3	106	0,5	26,5
51.	Никел нитрат	$Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	290,8	0,5	72,7
52.	Никел сулфат	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	281	0,5	70,2
53.	Рух нитрат	$Zn(NO_3)_2 \cdot 7H_2O$	297,5	0,5	74,4
54.	Рух хлорид	$ZnCl_2$	136	0,5	34,0
55.	Симоб (I)-нитрат	$Hg_2(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$	561,3	0,2	56,1 г тузни HNO_3 нинг 2N эритмасидан 120 мл да эритиб, 1 литрга етгунча дист.сув қўшилади.

1-жадвалнинг давоми

56.	Симоб(II)-нитрат	$Hg(NO_3)_2 \cdot H_2O$	343	0,2	34,3 г тузни HNO_3 нинг 2N эритмасидан 100 мл да эритиб, 1 литрга етгунча дистл.сув қўшилади.
57.	Симоб(II)-хлорид	$HgCl_2$	271,5	0,2	27,2=
58.	Стронций нитрат	$Sr(NO_3)_2$	211,6	0,5	52,9
59.	Стронций хлорид	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	266,6	0,5	66,7
60.	Сурма(III)-хлорид	$SbCl_3$	228,1	0,5	38,2 г $SbCl_3$ ни HCl нинг 4N эритмасидан 150 мл қўшиб эритилади ва HCl 1N эритмасидан қўшиб 1л гача суюлтирилади.
61.	Хром(III)--сулфат	$Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	716,5	0,5	59,7
62.	Хром (III)-хлорид	$CrCl_3 \cdot 6H_2O$	266	0,5	44,3
63.	Қалай (II)-хлорид	$SnCl_2 \cdot 2H_2O$	225,6	0,5	56,4 г тузни 250 мл конц.HCl да эритиб 1 литрга етгунча дист.сув қўшиб суюлтирилади.
64.	Қўрғошин ацетат	$Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$	379,3	0,5	94,7 г туз суюлтирилган CH_3COOH да эритилиб, 1 литр га етгунча дист.сув қўшилади.
65.	Қўрғошин нитрат	$Pb(NO_3)_2$	331,2	0,5	82,8

2-жадвал

Ионларни топиш учун махсус реактивлар

№	Номланиши	Тайёрлаш
1.	Ализарин $C_{14}H_5O_2(OH)_2SO_3Na$	0,1% ли сувли эритмаси ёки 96% ли этил спиртидаги туйинган эритмаси.
2.	Алюминон $C_{22}H_{11}O_9(NH_4)_3$	0,5г алюминон 500 ли сувида эритилади (0,1% ли эритма)
3.	Аммоний молибдат $(NH_4)_2MoO_4$	70 г аммоний молибдат 55 мл 25% ли аммиак эритмаси ва 265 мл сув аралашмасида эритилади.Устига 270 мл HNO_3 (р=1,2 г/мл) ва 400 мл сув аралашмаси қўшилади.2 сутка тинч қолдирилиб, сўнг тиниқ эритма бошқа идишга солинади.
4.	Аммоний сулфид $(NH_4)_2S$	200 мл конц.аммиак эритмаси водород сулфид билан туйинтирилади; яна 200 мл конц.аммиак эритмаси қўшиб, дистилланган сув билан 1литргача суюлтирилади.
5.	Аммоний тетрароданомеркурат(II) $(NH_4)_2[Hg(SCN)_4]$	8 г симоб (II)-хлорид ва 9 г аммоний роданид 100 мл сувда эритилади.
6.	Анилин хлоргидрати $C_6H_5NH_2 \cdot HCl$	10 мл анилин ва 10 мл HCl (р=1,19 г/мл) аралаштирилади.
7.	Бромли сув	1 мл бром суюқлиги 100 мл сувда эритилади.
8.	Диметиллиоксим (Чугаев) реактиви $(C_4H_8N_2O_2)$	1 г диметилглиоксимни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
9.	Дитизон $SC(N_2HC_6H_5)_2$	0,01 г дитизонни 100 мл CCl_4 (ёки $CHCl_3$)да эритилади.
10.	Дифенил карбазид $OC(NH\text{-}NH\text{-}C_6H_5)_2$	1 г реагентни 100 мл 96% ли этил спиртида эритилади.
11.	Дифениламин $(C_6H_5)_2NH$	1 г дифениламин 100 мл конц.H_2SO_4 (р=1,84г/мл)да эритилади.
12.	Йодли сув J_2+KJ	1,3 г йод ва 3 г KJ 10мл дист.сувда эритилади ва эритма ҳажми 1 литрга етгунча дистилланган сув қўшилади.
13.	Калий дигидроантимонат KH_2SbO_4	22 г тузни 1 литр дистилланган сувда иситиб эритилади, 5 минут қайнатилади, совитиб 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 суюлтирилади.
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 суюлтирилади ёки 40 г натрий кобалтнитрит 100мл дистилланган сувда эритилади.
17.	Натрий нитропруссид, 3% ли эритмаси $Na_2[Fe(CN)_5NO]$	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 KON нинг 6N эритмасидан 50 мл қўшилади, тинч қолдирилади ва чўкма устидаги суюқлик бошқа склянкага қуйилиб, 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 $HO_3S C_6H_3HCOOH$	10 г кислотани 90 мл сувда эритилади.
22.	Уранил ацетат $UO_2(CH_3COO)_2$	Тузнинг 30% ли сирка кислотадаги 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 етказилади.
24.	Фуксин $C_{20}H_{20}N_3Cl$	0,1 г фуксин 100 мл сувда эритилади.

3-жадвал

Баъзи бир индикаторлар эритмасини тайёрлаш

№	Индикаторнинг номи	p H	Тайёрлаш усули
1.	Метил зарғалдоги (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 (25^0C)

Т/р	Номланиши	Формуласи	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	HJO	$2{,}3 \cdot 10^{-11}$	10,64
3.	Гипохлорит	HClO	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$	7,30
4.	Дихромат	$H_2Cr_2O_7$	$K_2 = 2{,}3 \cdot 10^{-2}$	1,64
5.	Йодат	HJO_3		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_2	$5{,}1 \cdot 10^{-4}$	5,30
9.	Ортоборат	H_3BO_3	$K_1 = 5{,}8 \cdot 10^{-10}$	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

Т/р	Номланиши	Формуласи	Ионланиш константаси	pK қиймати
		К и с л о т а л а р		
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	$H_2C_4H_4O_4$ >>	$K_1 = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ $K_2 = 2{,}3 \cdot 10^{-6}$	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

Т/р	Номланиши	Формуласи	Ионланиш константаси	pK қиймати
		Асослар		
1.	Аммиак эритмаси	NH_3+H_2O	$1,76\cdot10^{-5}$	4,755
2.	Анилин	$C_6H_5NH_2$	$4,2\cdot10^{-10}$	9,38
3.	Барий гидроксид	$Ba(OH)_2$	$K_2=2,3\cdot10^{-1}$	0,64
4.	Гидроксиламин	NH_2OH+H_2O	$9,6\cdot10^{-9}$	8,02
5.	Дифениламин	$(C_6H_5)_2NH+H_2O$	$7,1\cdot10^{-14}$	13,15
6.	Калций гидроксид	Ca(OH)2	$K_2=4,0\cdot10^{-2}$	1,40
7.	Кумуш гидроксид	AgOH	$5,0\cdot10^{-3}$	2,30
8.	Қўрғошин гидроксид	$Pb(OH)_2$ >>	$K_1=9,55\cdot10^{-4}$ $K_2=3,0\cdot10^{-8}$	3,02 7,52
9.	8-Оксихинолин	$C_9H_7ON+H_2O$	$1,0\cdot10^{-9}$	8,99
10.	Тиомочевина	$CS(NH_2)_2+H_2O$	$1,35\cdot10^{-13}$	11,87
11.	Уротропин	$(CH_2)_6N_4+H_2O$	$1,4\cdot10^{-9}$	8,87
12.	Хинолин	$C_9H_7N+H_2O$	$6,3\cdot10^{-10}$	9,20

5-жадвал

Муҳим кам эрувчан моддаларнинг эрувчанлик кўпайтмаси

Т/р	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
1.	AgBr (Ag^+, Br)	$5,3\cdot10^{-13}$	12,28
2.	Ag_2CO_3 ($2Ag^+$, CO_3^{2-})	$8,2\cdot10^{-12}$	11,09
3.	$Ag_2C_2O_4$ ($2Ag^+$, $C_2O_4^{2-}$)	$3,5\cdot10^{-11}$	10,46
4.	AgCl (Ag^+, Cl^-)	$1,78\cdot10^{-10}$	9,75
5.	Ag_2CrO_4 ($2Ag^+$, CrO_4^{2-})	$1,1\cdot10^{-12}$	11,95
6.	$Ag_2Cr_2O_7$ ($2Ag^+$, $Cr_2O_7^{2-}$)	$1,0\cdot10^{-10}$	10,00

5-жадвалнинг давоми

T/p	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
7.	AgJ (Ag^+, J^-)	$8{,}3\cdot10^{-17}$	16,08
8.	Ag_3PO_4 ($3Ag^+$, PO_4^{3-})	$1{,}3\cdot10^{-20}$	19,89
9.	Ag_2S ($2Ag^+$, S^{2-})	$6{,}3\cdot10^{-50}$	49,20
10.	AgSCN (Ag^+, SCN^-)	$1{,}1\cdot10^{-12}$	11,97
11.	$Al(OH)_3$ (Al^{3+}, $3OH^-$)	$1{,}0\cdot10^{-32}$	32,00
12.	$AlPO_4$ (Al^{3+}, PO_4^{3-})	$5{,}75\cdot10^{-19}$	18,24
13.	$BaCO_3$ (Ba^{2+},CO_3^{2-})	$5{,}1\cdot10^{-9}$	8,29
14.	BaC_2O_4 (Ba^{2+},$C_2O_4^{2-}$)	$1{,}1\cdot10^{-7}$	6,96
15.	$BaCrO_4$ (Ba^{2+},CrO_4^{2-})	$1{,}2\cdot10^{-10}$	9,93
16.	$Ba(OH)_2$ (Ba^{2+}, $2OH^-$)	$5{,}0\cdot10^{-3}$	2,3
17.	$Ba_3(PO_4)_2$ ($3Ba^{2+}$,$2PO_4^{3-}$)	$6{,}0\cdot10^{-39}$	38,22
18.	$BaSO_4$ (Ba^{2+},SO_4^{2-})	$1{,}1\cdot10^{-10}$	9,97
19.	BiJ_3 (Bi^{3+},$3J^-$)	$8{,}1\cdot10^{-19}$	18,09
20.	$Bi(OH)_3$ (Bi^{3+}, $3OH^-$)	$3{,}2\cdot10^{-32}$	31,5
21.	Bi_2S_3 ($2Bi^{3+}$,$3S^{2-}$)	$1{,}0\cdot10^{-97}$	97,0
22.	$CaC_4H_4O_6$ (Ca^{2+},$C_4H_4O_6^{2-}$)	$7{,}7\cdot10^{-7}$	6,11
23.	$CaCO_3$ (Ca^{2+},CO_3^{2-})	$4{,}8\cdot10^{-9}$	8,32
24.	CaC_2O_4 (Ca^{2+},$C_2O_4^{2-}$)	$2{,}3\cdot10^{-9}$	8,64
25.	$CaCrO_4$ (Ba^{2+},CrO_4^{2-})	$7{,}1\cdot10^{-4}$	3,15
26.	CaF_2 (Ca^{2+},$2F^-$)	$4{,}0\cdot10^{-11}$	10,40
27.	$Ca(OH)_2$ (Ca^{2+},$2OH^-$)	$5{,}5\cdot10^{-6}$	5,26
28.	$Ca_3(PO_4)_2$ ($3Ca^{2+}$,$2PO_4^{3-}$)	$2{,}0\cdot10^{-29}$	28,70
29.	$CaSO_4$ (Ca^{2+},SO_4^{2-})	$9{,}1\cdot10^{-6}$	5,04
30.	$Cd(CN)_2$ (Cd^{2+}, $2CN^-$)	$1{,}0\cdot10^{-8}$	8,0
31.	$CdCO_3$ (Cd^{2+}, CO_3^{2-})	$5{,}2\cdot10^{-12}$	11,3
32.	CdC_2O_4 (Cd^{2+},$C_2O_4^{2-}$)	$1{,}5\cdot10^{-8}$	7,8
33.	$Cd(OH)_2$ (Cd^{2+}, $2OH^-$)	$2{,}2\cdot10^{-14}$	13,66
34.	CdS (Cd^{2+},S^{2-})	$7{,}9\cdot10^{-27}$	26,10
35.	$CoCO_3$ (Co^{2+},CO_3^{2-})	$1{,}4\cdot10^{-13}$	12,84
36.	CoC_2O_4 (Co^{2+},$C_2O_4^{2-}$)	$6{,}3\cdot10^{-8}$	7,2
37.	$Co(OH)_2$ (Co^{2+}, $2OH^-$)	$2{,}0\cdot10^{-15}$	14,80
38.	$Co(OH)_3$ (Co^{3+}, $3OH^-$)	$4{,}0\cdot10^{-45}$	44,4

5-жадвалнинг давоми

Т/р	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси курсаткичи
39.	CoS (Co^{2+}, S^{2-})	$4{,}0\cdot10^{-21}$	20,40
40.	$Cr(OH)_2$ (Cr^{2+}, $2OH^-$)	$1{,}0\cdot10^{-17}$	17,00
41.	$Cr(OH)_3$ (Cr^{3+}, $3OH^-$)	$6{,}3\cdot10^{-31}$	30,20
42.	$CuCO_3$ (Cu^{2+},CO_3^{2-})	$2{,}5\cdot10^{-10}$	9,60
43.	CuC_2O_4 (Cu^{2+}, $C_2O_4^{2-}$)	$3{,}0\cdot10^{-8}$	7,50
44.	$CuCl$ (Cu^+, Cl^-)	$1{,}2\cdot10^{-6}$	5,92
45.	CuJ (Cu^+, J^-)	$1{,}1\cdot10^{-12}$	11,96
46.	$Cu(OH)_2$ (Cu^{2+}, $2OH^-$)	$2{,}2\cdot10^{-20}$	19,66
47.	CuS (Cu^{2+}, S^{2-})	$6{,}3\cdot10^{-36}$	35,20
48.	Cu_2S ($2Cu^+$, S^{2-})	$2{,}5\cdot10^{-48}$	47,60
49.	$CuSCN$ (Cu^+, SCN^-)	$4{,}8\cdot10^{-15}$	14,32
50.	$FeCO_3$ (Fe^{2+},CO_3^{2-})	$3{,}47\cdot10^{-11}$	10,46
51.	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$($4Fe^{3+}$, $3[Fe(CN)_6]^{4-}$)	$3{,}0\cdot10^{-41}$	40,52
52.	$Fe(OH)_2$ (Fe^{2+}, $2OH^-$)	$1{,}0\cdot10^{-15}$	15,00
53.	$Fe(OH)_3$(Fe^{2+}, $3OH^-$)	$3{,}2\cdot10^{-38}$	37,50
54.	$FePO_4$ (Fe^{3+}, PO_4^{3-})	$1{,}3\cdot10^{-22}$	21,89
55.	FeS (Fe^{2+}, S^{2-})	$5{,}0\cdot10^{-18}$	17,3
56.	FeS_2 (Fe^{2+}, S^{22-})	$6{,}3\cdot10^{-31}$	30,2
57.	Hg_2Br_2 (Hg^{22+}, $2Br^-$)	$5{,}8\cdot10^{-23}$	22,24
58.	Hg_2CO_3(Hg^{22+}, CO_3^{2-})	$8{,}9\cdot10^{-17}$	16,05
59.	$Hg_2C_2O_4$ (Hg^{22+}, $C_2O_4^{2-}$)	$1{,}0\cdot10^{-13}$	13,00
60.	Hg_2Cl_2 (Hg^{22+}, $2Cl^-$)	$1{,}3\cdot10^{-18}$	17,88
61.	Hg_2J_2(Hg^{22+}, $2J^-$)	$4{,}5\cdot10^{-29}$	28,35
62.	Hg_2HPO_4 (Hg^{22+}, HPO_4^{2-})	$4{,}0\cdot10^{-13}$	12,40
63.	HgS (Hg^{2+}, S^{2-})	$1{,}6\cdot10^{-52}$	51,8
64.	Hg_2S (Hg^{22+}, S^{2-})	$1{,}0\cdot10^{-47}$	47,0
65.	$Hg_2(SCN)_2$ (Hg^{22+}, $2SCN^-$)	$3{,}0\cdot10^{-20}$	19,52
66.	Hg_2SO_3(Hg^{22+}, SO_3^{2-})	$1{,}0\cdot10^{-27}$	27,0
67.	Hg_2SO_4(Hg^{22+}, SO_4^{2-})	$6{,}8\cdot10^{-7}$	6,17

5-жадвалнинг давоми

T/p	Модданинг формуласи	Эрувчанлик купайтмаси, ЭК	Эрувчанлик купайтмаси курсаткичи
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.	$(NH_4)_3Co(NO_2)_6$ ($3NH^{4+}$, $Co(NO_3)_6^{3-}$)	$7,6 \cdot 10^{-6}$	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+}, $2OH^-$)	6,3·10-18	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

Т/р	Модданинг формуласи	Эрувчанлик кўпайтмаси, ЭК	Эрувчанлик кўпайтмаси кўрсаткичи
97.	$PbFe(CN)_6$ (Pb^{4+}, Fe^{2+}, $6CN^-$)	$3,5 \cdot 10^{-15}$	14,46
98.	PbJ_2 (Pb^{2+}, $2J^-$)	$1,1 \cdot 10^{-9}$	8,98
99.	$Pb(OH)_2$ (Pb^{2+}, $2OH^-$)	$1,1 \cdot 10^{-20}$	19,96
100.	$Pb_3(PO_4)_2$ ($3Pb^{2+}$, $2PO_4^{3-}$)	$7,9 \cdot 10^{-43}$	42,10
101.	PbS (Pb^{2+}, S^{2-})	$2,5 \cdot 10^{-27}$	26,60
102.	$PbSO_4$ (Pb^{2+}, SO_4^{2-})	$1,6 \cdot 10^{-8}$	7,80
103.	Sb_2S_3 ($2Sb^{3+}$, $3S^{2-}$)	$1,6 \cdot 10^{-93}$	92,80
104.	$Sn(OH)_2$ (Sn^{2+}, $2OH^-$)	$6,3 \cdot 10^{-27}$	26,20
105.	$Sn(OH)_4$ (Sn^{4+}, $4OH^-$)	$1,0 \cdot 10^{-57}$	57,0
106.	SnS (Sn^{2+}, S^{2-})	$1 \cdot 10^{-25}$	25,0
107.	$SrCO_3$ (Sr^{2+}, CO_3^{2-})	$1,1 \cdot 10^{-10}$	9,96
108.	SrC_2O_4 (Sr^{2+}, $C_2O_4^{2-}$)	$5,6 \cdot 10^{-8}$	7,25
109.	$SrCrO_4$ (Sr^{2+}, CrO_4^{2-})	$3,6 \cdot 10^{-5}$	4,44
110.	SrF_2 (Sr^{2+}, $2F^-$)	$2,5 \cdot 10^{-9}$	8,61
111.	$Sr(OH)_2$ (Sr^{2+}, $2OH^-$)	$3,2 \cdot 10^{-4}$	3,5
112.	$Sr_3(PO_4)_2$ ($3Sr^{2+}$, $2PO_4^{3-}$)	$1,0 \cdot 10^{-31}$	31,0
113.	$SrSO_3$ (Sr^{2+}, SO_3^{2-})	$4 \cdot 10^{-8}$	7,4
114.	$SrSO_4$ (Sr^{2+}, SO_4^{2-})	$3,2 \cdot 10^{-7}$	6,49
115.	$ZnCO_3$ (Zn^{2+}, CO_3^{2-})	$1,45 \cdot 10^{-11}$	10,84
116.	ZnC_2O_4 (Zn^{2+}, $C_2O_4^{2-}$)	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,8
117.	$Zn_2[Fe(CN)_6]$ ($2Zn^{2+}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$)	$4,1 \cdot 10^{-16}$	15,39
118.	$Zn\,Hg(SCN)_4$ (Zn^{2+}, $Hg(SCN)_4^{2-}$)	$2,2 \cdot 10^{-7}$	6,66
119.	$Zn(OH)_2$ (Zn^{2+}, $2OH^-$)	$7,1 \cdot 10^{-18}$	17,15
120.	$Zn_3(PO_4)_2$ ($3Zn^{2+}$, $2PO_4^{3-}$)	$9,1 \cdot 10^{-33}$	32,04
121.	ZnS (Zn^{2+}, S^{2-})	$1,6 \cdot 10^{-24}$	23,80

6-жадвал

Сувли эритмалардаги стандарт редокс-потенциаллар ($t^0 = 25^0C$)

T/p	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E_0, В
1.	Ag	$Ag^+ + e \rightleftarrows Ag$	+0,80
		$[Ag(NH_3)_2]^+ + \bar{e} \rightleftarrows Ag + 2NH_3$	+0,37
		$AgCl + \bar{e} \rightleftarrows Ag + Cl^-$	+0,22
		$AgJ + \bar{e} \rightleftarrows Ag + J^-$	-0,151
2.	Al	$Al^{3+} + 3\ e \rightleftarrows Al$	-1,66
		$AlO_2^- + 2H_2O + 3\ \bar{e} \rightleftarrows Al + 4OH^-$	-2,35
3.	As	$As + 3H^+ + 3\ e \rightleftarrows AsH_3$	-0,60
4.	Ba	$Ba^{2+} + 2\ e \rightleftarrows Ba$	-2,90
5.	Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6\ e \rightleftarrows 2Bi + 6OH^-$	-0,46
6.	Br	$2HBrO + 2H^+ + 2\ e \rightleftarrows Br_2 + 2H_2O$	+1,59
		$Br_2(C) + 2\ \bar{e} \rightleftarrows 2Br^-$	+1,087
7.	Ca	$Ca(OH)_2 + 2\ e \rightleftarrows Ca + 2OH$	-2,87
		$Ca^{2+} + 2\ \bar{e} \rightleftarrows Ca$	-3,03
8.	Cd	$Cd^{2+} + 2\ e \rightleftarrows Cd$	-0,40
		$[Cd(NH_3)_4]^{2+} + 2\ \bar{e} \rightleftarrows Cd + 4NH_3$	-0,61
		$Cd(OH)_2 + 2\ \bar{e} \rightleftarrows Cd + 2OH^-$	-0,81
9.	Cl	$2HClO + 2H^+ + 2\ e \rightleftarrows Cl_2 + 2H_2O$	+1,63
		$Cl_2 + 2\ \bar{e} \rightleftarrows 2Cl^-$	+1,36

T/p	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E_0, В
10.	Co	$Co^{3+} + e \rightleftarrows Co^{2+}$	+1,84
		$Co(OH)_3 + e \rightleftarrows Co(OH)_2 + OH^-$	+0,17
		$[Co(NH_3)_6]^{3+} + e \rightleftarrows [Co(NH_3)_6]^{2+}$	+0,1
		$Co^{2+} + e \rightleftarrows Co$	-0,28
		$Co(OH)_2 + 2e \rightleftarrows Co + 2OH^-$	-0,73
11.	Cr	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightleftarrows 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1,33
		$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e \rightleftarrows Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
		$Cr^{3+} + 3e \rightleftarrows Cr$	-0,74
12.	Cu	$Cu^{2+} + J^- + e \rightleftarrows CuJ$	+0,86
		$Cu^{2+} + Br^- + e \rightleftarrows CuBr$	+0,64
		$Cu^+ + e \rightleftarrows Cu$	+0,521
		$Cu^{2+} + 2e \rightleftarrows Cu$	+0,34
		$2Cu(OH)_2 + 2e \rightleftarrows Cu_2O + 2OH^- + H_2O$	-0,08
13.	Fe	$Fe^{3+} + e \rightleftarrows Fe^{2+}$	+0,77
		$[Fe(CN)_6]^{3-} + e \rightleftarrows [Fe(CN)_6]^{4-}$	+0,36
		$Fe^{2+} + 2e \rightleftarrows Fe$	-0,44
		$Fe(OH)_3 + e \rightleftarrows Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56
14.	H	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftarrows 2H_2O$	+1,77
		$2H^+ + 2e \rightleftarrows H_2$	0,00
		$2H_2O + 2e \rightleftarrows H_2 + 2OH^-$	-0,83
		$H_2 + 2e \rightleftarrows 2H^-$	-2,25

T/p	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E_0, В
15.	Hg	$2Hg^{2+}+2\ e \rightleftarrows Hg_2^{2+}$	+0,91
		$Hg^{2+}+2\ e \rightleftarrows Hg(c)$	+0,86
		$Hg_2^{2+}+2\ e \rightleftarrows 2Hg(c)$	+0,79
		$2HgCl_2+2\ e \rightleftarrows Hg_2Cl_2+2Cl^-$	+0,62
		$[HgJ_4]^{2-}+2\ e \rightleftarrows Hg+4J^-$	-0,04
		$HgS+2\ e \rightleftarrows Hg+S^{2-}$	-0,70
16.	J	$2HJO+2H^++2\ e \rightleftarrows J_2+2H_2O$	+1,45
		$J_2+2\ e \rightleftarrows 2J^-$	+0,535
17.	K	$K^++e \rightleftarrows K$	-2,93
18.	Mg	$Mg(OH)_2+2\ e \rightleftarrows Mg+2OH^-$	-2,69
		$Mg^{2+}+2\ e \rightleftarrows Mg$	-2,37
19.	Mn	$MnO_4^-+4H^++3\ e \rightleftarrows MnO_2+2H_2O$	+1,695
		$MnO_4^-+8H^++5\ e \rightleftarrows Mn^{2+}+4H_2O$	+1,51
		$Mn^{3+}+\ e \rightleftarrows Mn^{2+}$	+1,51
		$MnO_2+4H^++2\ e \rightleftarrows Mn^{2+}+2H_2O$	+1,23
		$MnO_4^-+2H_2O+3\ e \rightleftarrows MnO_2+4OH^-$	+0,57
20.	N	$2HNO_3+4H^++4\ e \rightleftarrows N_2O+3H_2O$	+1,29
		$NO_3^-+4H^++3\ e \rightleftarrows NO(r)+2H_2O$	+0,96
		$NO_3^-+10H^++8\ e \rightleftarrows NH_4^++3H_2O$	+0,87
		$HNO_2+7H^++6\ e \rightleftarrows NH_4^++2H_2O$	+0,86
21.	Na	$Na^++\ e \rightleftarrows Na$	-2,71
22.	Ni	$Ni^{2+}+2\ e \rightleftarrows Ni$	-0,23
		$[Ni(NH_3)_6]^{2+}+2\ e \rightleftarrows Ni+6NH_3$	-0,47
		$Ni(OH)_2+2\ e \rightleftarrows Ni+2OH^-$	-0,72

T/p	Элемент белгиси	Реакция тенгламаси	E_0, В
23.	O	$O_2+4H^++4\ e \rightleftarrows 2H_2O$	+1,229
		$H_2O_2+2H^++2\ e \rightleftarrows 2H_2O$	+1,77
		$O_3+H_2O+2\ e \rightleftarrows O_2+2OH^-$	+1,24
24.	Pb	$PbO_2+4H^++2\ e \rightleftarrows Pb^{2+}+2H_2O$	+1,455
		$PbO_2+H_2O+2\ e \rightleftarrows PbO+2OH^-$	+0,28
		$Pb^{2+}+2\ e \rightleftarrows Pb$	-0,126
25.	S	$S_2O_8^{2-}+2\ e \rightleftarrows 2SO_4^{2-}$	+2,01
		$H_2SO_3+4H^++4\ e \rightleftarrows S+3H_2O$	+0,45
		$S+2H^++2\ e \rightleftarrows H_2S$	+0,14
26.	Sb	$SbO^++2H^++3\ e \rightleftarrows Sb+H_2O$	+0,21
		$Sb+3H^++3\ e \rightleftarrows SbH_3$	-0,51
27.	Si	$Si+4H^++4\ e \rightleftarrows SiH_4$	+0,10
		$SiO_3^{2-}+3H_2O+4\ e \rightleftarrows Si+6OH^-$	-1,73
28.	Sn	$Sn^{2+}+2\ e \rightleftarrows Sn$	-0,14
		$Sn^{4+}+2\ e \rightleftarrows Sn^{2+}$	+0,15
		$HsnO_2^-+H_2O+2\ e \rightleftarrows Sn+3OH^-$	-0,91
29.	Sr	$Sr^{2+}+2\ e \rightleftarrows Sr$	-2,89
30.	Zn	$Zn^{2+}+2\ e \rightleftarrows Zn$	-0,76
		$[Zn(NH_3)_4]^{2+}+2\ e \rightleftarrows Zn+4NH_3$	-1,03
		$Zn(OH)_2+2\ e \rightleftarrows Zn+2OH^-$	-1,245

7-жадвал

Эритмадаги водород ионларининг концентрациясидан фойдаланиб шу эритманинг pH ини (ёки аксинча) ҳисоблаш жадвали

pH қиймат-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 ўтказиладиган чизиқларнинг кесишган жойидан H^+ водород ионининг концентрацияси қиймати топилади ва уни 10^{-3} pH нинг 10 даражасида олинган манфий қиймати -3 га кўпайтирилади. Демак, pH=3,24 бўлса, унда $[H^+]=0,575\cdot10^{-3}$.

Иккинчи мисол: эритмадаги $[H^+]$ водород ионларининг концентрацияси $1,32\cdot10^{-8}$ га тенг бўлса, уни $0,132\cdot10^{-7}$ кўринишда ёзилади. Сўнгра 0,132 сони жадвалдан топилади. Топилган сондан горизонтал ва вертикал чизиқлар ўтказиб pH қийматининг вергулдан кейинги икки қиймати топилади: улар 0,88. pH қиймати $[H^+]$ иони концентрациясининг қийматидаги 10^{-7} кўпайтувчининг даражасидаги сонининг мусбат ишорали қийматига тенг.

Демак, $[H^+]=1,32\cdot10^{-8}=0,132\cdot10^{-7}$ бўлса, унда pH=7,88 га тенг бўлади.

8-жадвал

Кислота, ишқор ва аммиакнинг сувдаги эритмаларининг солиштирма массаси (г/см³) қийматлари (20°С да)

Процентлар	H_2SO_4	HNO_3	HCl	KOH(15°)	NaOH	NH_3
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_2SO_4	HNO_3	HCl	KOH(15°)	NaOH	NH_3
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.

Сабадворн 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

I БОБ. КИРИШ.....5

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

II БОБ. ГОМОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ КИМЁВИЙ МУВОЗАНАТ.....16
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

III БОБ. ГЕТЕРОГЕН СИСТЕМАЛАРДАГИ МУВОЗАНАТ.....56
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. Алмашиниш реакцияларининг йўналиши.....79

IV БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИНИНГ ГИДРОЛИЗ ЖАРАЁНИГА ҚЎЛЛАНИШИ.....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 pH ва pOH қийматларини ҳисоблаш тенгламаларини чиқариш.....102
4.4. Амфотер электролит эритмаларидаги мувозанат.....109

V БОБ. МАССАЛАР ТАЪСИРИ ҚОНУНИ ВА КОМПЛЕКС БИРИКМАЛАР.....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

VI БОБ. КИМЁВИЙ АНАЛИЗДА ОКСИДЛАНИШ-ҚАЙТАРИЛИШ РЕАКЦИЯЛАРИ.....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

VII БОБ. СИФАТ АНАЛИЗИНИНГ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ.....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 сулфидли 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 анализида 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 Na^+ катионининг хусусий реакциялари....187
9.3. Калий K^+ катионининг хусусий реакциялари....188
9.4. Аммоний NH_4^+ катионининг хусусий реакциялари....190
9.5. Магний 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 Ca^{2+} катионининг хусусий реакциялари....203
10.3. Стронций 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.....216
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.....245
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 Bi^{3+} катионининг хусусий реакциялари....251
12.6. Мишяк As^{3+} катионининг хусусий реакциялари...253
12.7. Мишяк 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. Сулфат аниони SO_4^{2-}нинг хусусий реакциялари.....289
14.3. Сулфит аниони SO_3^{2-}нинг хусусий реакциялари...290
14.4. Тиосулфат 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-}нииг 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 Br⁻ нинг хусусий реакциялари.....306
15.4. Йодид аниони I⁻ нинг хусусий реакциялари.....307
15.5. Сулфид аниони 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.....319
16.1. Учинчи гуруҳ анионларининг умумий тавсифи.....319
16.2. Нитрат аниони NO_3^- нинг хусусий реакциялари.....319
16.3. Нитрит аниони NO_2^- нинг хусусий реакциялари.....321
16.4. Ацетат аниони CH_3COO^- 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.....333
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.....340
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.....351
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 қуритиш 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 тиосулфат, йод эритмаларини тайёрлаш ва улар титрини аниқлаш.....456
22.9. Мис купороси таркибидаги мис(II) миқдорини аниқлаш.....460
22.10. Техник сулфид таркибидаги Na_2S миқдорини аниқлаш 461
22.11. Сувдаги эркин хлор миқдорини топиш.....463

XXIII БОБ. ЧЎКТИРИШГА АСОСЛАНГАН ТИТРЛАШ МЕТОДЛАРИ.....474
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.....492

24.1. Комплексонометрия методининг моҳияти.....492
24.2. Комплексонометрия методида 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 ФИЗИКАВИЙ 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 фотоэлектроколориметрик солиштириш методи билан аниқлаш....523
АНАЛИЗНИНГ ЭЛЕКТРОКИМЁВИЙ МЕТОДЛАРИ
25.7. Анализнинг электрогравиметрик методининг умумий тавсифи.....525
25.8. Мис (II) сулфат 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 солиштириш методи билан аниқлаш.....534
Бахтсизлик ҳолатларида биринчи ёрдам кўрсатиш.....543
Иловалар.....545
Тестларнинг жавоби.....567
Фойдаланилган адабиётлар.....570

Каримжон Расулов

АНАЛИТИК КИМЁ

Дарслик

Нашр учун маъсул *Н. Халилов*
Таҳририят мудири *М. Миркомилов*
Муҳаррир *Д. Саъдуллаева*
Мусаҳҳиҳ *Қ. Авезбаев*
Компьютерда саҳифаловчи *Ш. Хазратова*

Босишга рухсат этилди 20. 07. 2004 й. Бичими 84x108
Офсет қоғози. Шартли босма табоғи 36,25.
Нашр табоғи 36,0. Адади 500. 281 - буюртма

Андоза нусхаси Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги «ЎАЖБНТ» Марказининг компьютер бўлимида тайёрланди.

TOSHKENT AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETINING
матбаа бўлими (Тошкент ш., Юнусобод тум.,
Амир Темур кўчаси, 108-уй)