

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

**ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**70530101-КИМЁ (аналитик кимё) мутахассислиги магистратура  
талабалари учун**

**“Спектроскопик анализ методлари”**

**фанидан**

**ўқув услубий мажмуа**

**Гулистон-2022 йил**

**Кириш.**

## **СПЕКТРОСКОПИК АНАЛИЗ МЕТОДЛАРИ**

### **Методнинг афзаллик ва камчиликлари, қўлланилиш соҳалари**

Сифат ва миқдорий анализда кенг қўлланиладиган атом спектроскопияси рентген, УБ ва кўринувчан нурларни чиқариш ва ютилишга асосланган.

Рентген нурланиш ва ютилиши ички электронларнинг (кимёвий боғ ҳосил қилишда иштирок этмайдиган) қўзғолишига асосланган (бир неча енгил элементларни ҳисобга олмаганда).

Шунинг учун рентген атом спектрларининг характери элементнинг намунадаги кимёвий ҳолатига боғлиқ эмас. Шунинг эътиборга олган ҳолда никель оксидининг, никель (II) хлориднинг, газ ҳолатидаги никель карбонилнинг ва элементар ҳолатдаги никельнинг рентген нурланиш спектрлари бир хил бўлади.

Аксинча УБ ва кўринувчан соҳаларда атом спектрларини олиш учун намуна элементларининг газ ҳолатидаги моноатомли заррачаларга ўтиш (атомлар ёки ионлар), чунки бу соҳада ютилиш ёки нур чиқариш ташқи валент электронларининг қўзғолишига асосланган; тоза атом спектрларини олиш фақат бу элементни у билан боғланган элементлардан ажратилгандан кейингина амалга ошади.

Атом спектрларини кўринувчан ва УБ соҳаларда намуна атомар ҳолатга ўтказгандан кейингина олиш мумкин – яъни молекула уни ташкил этувчи заррачаларга парчалангандан кейин ва газ ҳолатида атомлар ёки ионлар ҳолатида мавжуд бўладиган заррачаларга айланади. Тунда атомар ҳолатидаги элементнинг, уларнинг чиқариш ва ютилиш спектрлари нисбатан кўп бўлмаган дискрет чизиқлардан иборат бўлади ва уларнинг тўлқин узунликлари айни элемент учун характерли бўлади. Агар газда молекулалар ёки мураккаб ионлар мавжуд бўлмаса, спектрда поласалар мавжуд бўлмайди, чунки атомларда тебранма ва айланма квантланган ҳолатлар мавжуд бўлмайди, шундай қилиб чизиқлар тўғри келади.

Бу методлар кенг қўлланилади ва улар қулайлиги, юқори танланувчанлиги, сезгирлиги ва экспресслиги билан ажралиб туради. Улар селектив ва экспресслиги билан ажралиб туради. Улар селектив методлар қаторига киради. Бу методлар ёрдамсида 70 га яқин элементларни аниқлаш мумкин. Бу методнинг сезгирлиги  $10^{-4} - 10^{-10} \%$  интервали оралиғида ётади.

Атом – спектраль анализ методларини кўнинча бир неча минутларда бажариш мумкин.

## Атом спектроскопияси методларининг классификацияси

№	Методнинг номи	Атомизация методи	Нурланиш манбаи	Нумунани киритиш усули
1	2	3	4	5
<b>Эмиссион методлар</b>				
1	Ёй атом спектроскопияси	Электр ёйи	Ёй	Аниқланадиган моддани электрод сиртига жойлаштирилади
2	Учқун методи	Электр учқуни	Учқун	Аниқланадиган моддани электрод сиртига жойлаштирилади
3	Алангали – эмиссион ёки атом – эмиссион	Аланга	Аланга	Анализ қилинадиган эритма алангага пуркалади
4	Атом - флуоресцент	Аланга	Разрядли лампа	Анализ қилинадиган эритма алангага пуркалади
5	Рентген - флуоресцент	Атомизация керак эмас	Рентген трубкаси	Аниқланадиган моддани рентген нури йўлига қўйилади
<b>Абсорбцион методлар</b>				
1	Алангали ёки атом – абсорбцион	Аланга	Катод лампаси	Анализ қилинадиган эритма алангага пуркалади
2	Алангали бўлмаган атом - абсорбцион	Қиздирилган сирт	Катод лампаси	Анализ қилинадиган эритмани қиздирилган сиртга пуркалади
3	Рентген – абсорбцион	Атомизация керак эмас	Рентген трубкаси	Аниқланадиган моддани рентген нури йўлига қўйилади

### Атомларнинг алангадаги ҳолати

Горелканинг ёниб турган алангасига ноорганик тузлар сувли эритмасини пуркалганда металллик ҳарктерга эга бўлган компонентларнинг сезиларли қисми бир атомли ионларни ҳосил қилади. Шундай қилиб, аланга ичида газсимон эритма ҳосил бўлади ёки сезиларли мидорда кўп бир атомли заррачалардан иборат плазма ҳосил бўлади.

### Аланга спектроскопияси турлари

Унча кўп бўлмаган бир атомли заррачаларинг янада юқори энергетик сатҳга ўтиши учун аланга ҳарорати етарли, уларнинг асосий ҳолатга қайтиши энергия чиқариш билан солир бўлади, бу спектрал чизик кўринишида қайд қилинади ва улар алангали –

эмиссион спектроскопиясининг асоси сифатида хизмат қилади. Бунда чизикларнинг ҳолати сифат таркиби тўғрисида информация берса, чизикларнинг интенсивлиги миқдорий анализ асосида ётади.

Алангадаги қўзғолмаган атомларни (атомларнинг асосий қисми қўзғолмаган ҳолатда бўлади) атом – абсорбцион анализда фойдаланиш мумкин. Бундай ҳолларда аланга плазмасини спектрофтометр нурлари оқимига қўйилади.

## **МАЪРУЗА№2**

### **АТОМ СПЕКТРОСКОПИЯСИ**

Атом спектроскопияси усуллари. Атомлаш ва қўзғатиш манбалари. Аланга, ёй, учкун, индуктив боғланган плазма. Атомлаш манбаларининг асосий хоссалари. Атомлаш ва қўзғатиш манбаларида бўладиган асосий физикавий ва кимёвий жараёнлар. Атом–эмиссион спектроскопия усули. Спектрографик ва спектрометрик усуллар. Сифатий ва миқдорий спектрал анализ. Аланга фотометрияси. Атом–абсорбцион анализ. Атомларнинг ютадиган қатламини олиш, турли атомизатор-ларнинг хусусиятлари. Нурланиш манбаси. Атом–флуоресцент анализ. Рентгеноскопик анализ усуллари ҳақида тушунча. Рентгено-эмиссион, рентгено-флуоресцент ва рентгено-абсорбцион анализ.

#### **Сифатий ва миқдорий рентгеноспектрал анализ.**

1. Атом спектроскопияси усуллари ташқи – валент электронлар ва ички электронларнинг бир энергетик ҳолатдан иккинчисига ўтишига асосланган. Электронлар бир энергетик поғонадан иккинчисига ўтиб, дастлабки поғонага қайтганида атом муайян нур чиқаради. Бу вақтдаги нурланиш натижасида ҳосил бўладиган спектрнинг тўлқин узунлиги ва частотасига кўра атом спектроскопияси оптик ва рентген спектроскопия усулларига бўлинади. Оптик спектроскопияда ультрабинафша ва кўринадиган соҳа спектрлари ҳосил бўлишида валент электронлар қатнашса, рентген спектроскопиясида ички электронлар қатнашади. Атомларнинг валент электронлари турли энергияга эга. Оптик соҳа спектрларини олиш мақсадида текшириладиган мураккаб модда бирор манба энергияси ёрдамида атомар ҳолатга ўтказилади. Ички электронлар энергиялари ўзаро яқин бўлганлиги учун рентген спектрларини олишда атомлаш талаб этилмайди. Текшириладиган моддаларни атомар ҳолатга айлантириш учун турли хил атомизаторлардан фойдаланилади. Оптик соҳа усуллари атом– эмиссион ва атом–абсорбцион усуллар киради. Бу соҳада нурланиш ва модда таъсирлашганда ионизация кузатилмайди. Ташқи, валент электронларни қўзғатиш учун талаб этиладиган энергия

ички электронларни қўзғатиш учун талаб этиладиган энергиядан анча кичикдир. Ички электронларни қўзғатиш учун катта энергия талаб этилади. Ички электронларни қўзғатганда ионизация кузатилади. Ионизация натижасида чиқариладиган электронга *фотоэлектрон* ёки *иккиламчи электрон* дейилади. Атомнинг ички электрон поғоналаридаги ўтишлар натижасида яна бир электрон чиқиши мумкин. Бундай электрон *оже–электрон* деб юритилади. Оже–электроннинг чиқиши билан боғлиқ усулга *оже–спектроскопия* усули тўғри келади.

Рентген электромагнит спектроскопиясига рентген–эмиссион, рентген–флуоресцент, рентген–абсорбцион усуллар ва рентген электрон спектроскопияси эса рентген фотоэлектрон ва оже–электрон спектроскопия усуллари киради. Аниқланувчи модда билан нурланиш таъсирининг табиатига кўра барча атом спектроскопияси усуллари эмиссион ва абсорбцион усулларга бўлинади. Эмиссион атом спектроскопияси усулларида атом юқори температурага (юқори энергияга) эга бўлган қурилмалар ёрдамида қўзғатилади. Оптик соҳанинг эмиссион усулларида текшириладиган моддани атомар ҳолга айлантирадиган атомизаторлар ва атомни қўзғатиш учун ишлатиладиган қўзғатиш манбаси вазифасини бита қурилма бажаради. Текшириладиган моддани қўзғатиш учун электромагнит нурланиш ишлатилса, бундай усуллар флуоресцент усуллар деб юритилади. Флуоресцент усулларга атом–флуоресценция ва рентген–флуоресценция киради. Абсорбцион усулларда текшириладиган модда таркибидаги атом қўзғатилган ҳолатга ўтказилмайди. Биз қуйида атом–эмиссион ва атом–абсорбцион усулларни батафсил ва бошқа атом спектроскопияси усулларини қисқа қараб чиқамиз.

#### **Маърузалар №3-4**

**Атом ҳолигача парчалаш ва қўзғатиш манбаларининг асосий тавсифлари.**

**Атомлаш ва қўзғатиш манбалари.**

Эмиссион спектрал анализ усулларида текшириладиган моддани буғлатиш, атомлаш ва қўзғатиш учун турли манбалар (1-жадвал) ишлатилади.

## Атом–эмиссион спектрокопия усулларида қўлланиладиган асосий атомлаш ва қўзғатиш манбалари

Атомлаш манба-си	Ҳарорат, °С	Намунанинг ҳолати	Атомланидиган модданинг масса улуши ( $\omega$ ), %	Нисбий стандарт четлашми, $\delta$
Аланга	1700–4800	Эритма	$10^{-2}$ – $10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$ – $5 \cdot 10^{-2}$
Электр ёйи	3000–7000	Каттик	$10^{-4}$ – $10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$ – $2 \cdot 10^{-1}$
Электр учқун	10000–12000	Каттик	$10^{-3}$ – $10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2}$ – $10^{-1}$
Индуктив боғланган плазма	6000–10000	Эритма	$10^{-4}$ – $10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$ – $5 \cdot 10^{-2}$

Қўлланиладиган атомлаш ва қўзғатиш манбаларининг турларига кўра атом–эмиссион спектрал анализ қатор усулларга бўлинади. Қўзғатиш манбаси сифатида *аланга* ишлатиладиган усул *аланга фотометрияси* усули деб юритилади. Аланга фотометрияси усулида аланга манбаси сифатида горелка қўлланилади, унга турли ёнилғи берилиши мумкин. Ёнилғининг табиатига кўра алангадан чиқадиган иссиқлик турли ҳароратга (2-жадвал) эга бўлади. Аланга фотометрияси усулида анализ қилинадиган намуна эритмаси алангага пуркалади. Аланга қатъий аниқ қайта такрорланувчан ҳарорат бериши керак. Аланга юқори ҳароратли бўлганлиги учун эритманинг эритувчиси буғланиб (ёниб) кетади. Алангада текшириладиган каттик модданинг майда заррачалари қолади. Бу заррачалар олдин термик диссоциланиб, эркин атомлар (атомар газ) ҳосил қилади:



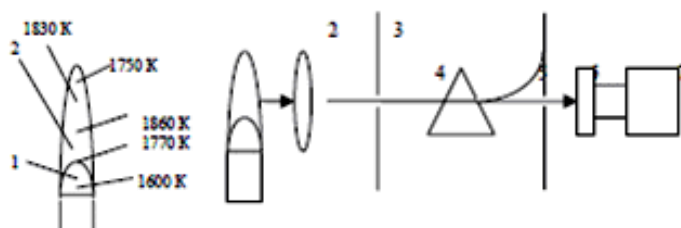
Ҳосил бўлган атомларнинг бир қисми аланга энергиясини ютиб қўзғатилган ҳолатга ўтади.

2-жадвал

### Турли ёнувчи аралашмалар алангасининг максимал ҳарорати

Ёнилғи	Аланга ҳарорати, °С	
	Окисловчи–ҳаво	Окисловчи–кислород
Еритмачи газ	1700	2700
Водород	2050	2780
Пропан	1720	2800
Бутан	1900	2900
Ацетилен	2300	3060
Дизель	–	4700
$C_2H_4-N_2O$	2955	2955
$H_2+F_2$	4800	4800

Қўзғатилган ҳолатдан асосий ҳолатга ўтган атом ўз табиатига хос частотага эга бўлган фотонлар чиқаради. Чиқаётган фотонлар тегишли оптик системадан ўтганда, бу система нурнинг умумий дастасидан частоталари аниқланадиган моддага тўғри келадиган қисминигина ўтказди. Ушбу нурланишнинг интенсивлигини ўлчаш асосида текшириладиган модданинг табиати ва миқдори аниқланади. Шунини таъкидлаш ўринлики, аниқ ва қайта такрорланувчан натижалар олиш учун аланганинг ҳарорати бир хил бўлишини таъминлаш керак. Бунинг учун горелкага ёнилғи ва оксидловчи (ҳаво ёки кислород) қатъий ўзгармас тезлик ва босимда берилиши керак. Аланганинг ҳарорати электр ёйи ёки учқуни ҳароратларидан паст бўлганлиги учун текшириладиган элементнинг спектрдаги чизиқлари сони ҳам анча кам бўлади, чунки бунда фақат жуда кичик энергияли ўтишларгина кузатилади. Аланга ҳарорати юқори бўлса, чизиқларнинг интенсивлиги ва усулнинг сезувчанлиги ортади. 2-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўринадики, аланганинг ҳарорати фақат ёнилғининг табиатига эмас, балки оксидловчига ҳам боғлиқ. Оксидловчи сифатида кислород ишлатилганда ҳарорат анча юқори бўлади. Ҳар қандай аланганинг ҳарорати унинг структурасига боғлиқ. 1-чизмада қалдироқ газнинг ҳаво иштирокида ёнишида аланга ҳароратининг тақсимланиши тасвирланган.



**1-чизма.** Қалдироқ газнинг ҳавода ёниш алангасида ҳароратнинг тақсимланиши. 1 – қайтариш соҳаси; 2 – оксидлаш соҳаси.

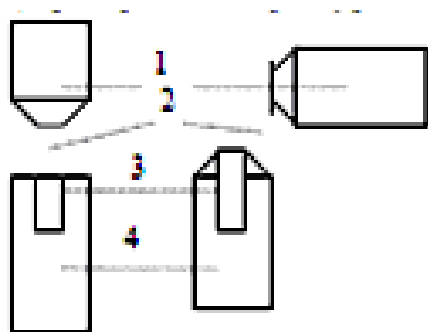
**2-чизма.** Аланга фотометрининг тузилиши. 1 – Горелка (горелкага ёнувчи газ, оксидловчи ва текшириладиган эритма махсус йўллар орқали берилади); 2 – фокуслаш линзаси; 3 – кириш тешиги; 4 – монохроматор; 5 – чиқариш тешиги; 6 – фотоэлектрик асбоб; 7 – қайд қилиш қурилмаси.

Аланганинг ички қисми қайтариш соҳаси бўлиб, унинг ташқи қисми оксидлаш соҳасидир. Аланганинг ички ва юқори қисмларида ҳарорат паст, ўрта қисмида эса юқоридир. Қайта такрорланувчан натижалар олиш учун эритма аланганинг муайян ҳароратли қисмига бир хил босим билан пуркалиши керак. Ҳозирги горелкаларда текшириладиган эритма ёнилғига аралаштирилиб, аэрозоль ҳолида берилади.

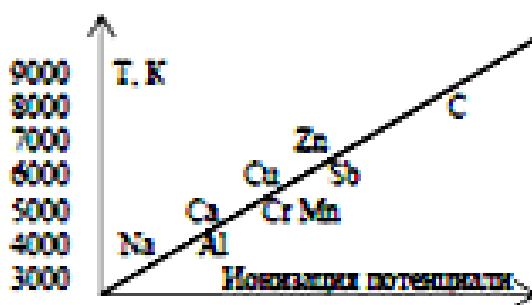
Аланганинг ички – қайтариш соҳасида текшириладиган модда термик диссоциланади ва ёнилғи чала ёнади. Бу соҳада кўп миқдорда қўзғатилган молекула ва эркин радикаллар ( $C_2$ ,  $CO$  ва бошқа) бўлиб, улар кўринадиган ва ультрабинафша спектрал соҳаларда кучли нурланади. Бу нурланиш чиқариш спектрлари чизиқлари устига тушиб,

анализни мураккаблаштиради. Шунинг учун аналитик мақсадларда юқори ҳароратли оксидлаш соҳаси ишлатилади.

Оксидлаш алангасида ёнилғи тўлиғича ёнади ва у, асосан, инфракизил соҳага мос келувчи нур чиқаради. Аланга берадиган ҳарорат нисбатан юқори бўлмаганлиги учун аланга фотометрияси усули (2-чизма) паст ҳароратда қўзғатилиши мумкин бўлган ишқорий ва ишқорий-ер металлари аниқлаш учун ишлатилади. Аланга атомлаш ва қўзғатиш манбаси сифатида ишлатилганда натижаларнинг қайта такрорланувчанлиги анча юқори ( $Sr \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-2}$ ). Юқори ҳароратда қўзғатиладиган кўплаб элементларни аниқлаш учун *электр ёйи* ишлатилади. Электр ёйи иккита кўмир ёки бошқа материалдан тайёрланган электроддан иборат бўлиб, улардан бирида текшириладиган моддани жойлаш учун махсус тешик – кратер бўлади (3-чизма). Агар текшириладиган модда бирор металл ёки қотишма бўлса, кратерли электрод ўрнида унинг ўзи ишлатилади.



3-чизма



4-чизма

**3-чизма.** Электр ёйи (учкуни) ёрдамида ишлайдиган атомизаторнинг тузилиши. 1,4 – электродлар; 2 – разряд соҳаси; 3 – кратер.

**4-чизма.** Турли ионизация потенциалига эга бўлган моддаларни киритганда ёй ҳароратининг ўзгариши.

Кратерга қаттиқ ҳолдаги намуна жойлаштирилади. Агар текшириладиган модда суюқ ёки эритма бўлса, у коллектор ёрдамида қаттиқҳолга келтирилади ва сўнгра кратерга жойланади. Электр ёйи ёрдамида атомлашга асосланган атом–эмиссион усул, асосан, сифат анализи учун ишлатилади. Бу усулнинг қайта такрорланувчанлиги, айниқса, ўзгармас токда ишлайдиган усуллар учун, юқори эмас. Шунинг учун ҳам бу усулдан ярим микдорий анализни ўтказиш мақсадида фойдаланиш мумкин. Ўзгармас токда усулларда электродларга ток кучи 1–2 А376 дан бир неча ўн ампергача бўлган 25–80 В кучланиш берилади. Алангадаги сингари электр ёйи ёрдамида атомлаганда ҳам максималҳарорат разряд соҳасининг марказида бўлади. Ёйнинг ҳарорати текшириладиган модданинг ионизацион потенциалига боғлиқ (4-чизма).



Электр ёйига ўзгарувчан ток берилганда электродларнинг қизиш ва моддаларнинг буғланиш тезликлари секин бўлади, бу эса плазма ҳароратининг бироз юқорирак бўлишига олиб келади, чунки плазмада моддаларнинг буғи кам бўлади. Натижада электр ёйи анча барқарор ишлайди. Ҳароратни кўтариш талаб этилса, электродларга бериладиган кучланиш оширилади. *Электр учқунли* атомизатор билан электр ёйли атомизатор бир хил бўлиб, улар орасидаги фарқ фақат электрик схемададир. Учқун токнинг қисқа муддатли уланишларида ҳосил бўлади. Электр учқунли усулда ҳарорат бир неча ўн минг градусни ташкил этиши мумкин. Ҳароратнинг юқорилиги ҳатто галогенлар сингари қўзғатиш қийин бўлган элементларни ҳам қўзғатишга имкон беради. Учқун разрядида ишлайдиган атомизатор ёй разрядида ишлайдиган атомизатордан анча яхши натижа беради. Кейинги йилларда атомлаш ва қўзғатиш манбаи сифатида индуктив боғланган плазма ишлатилмоқда. Индуктив боғланган плазма атомизатори учта ичма-ич жойлаштирилган кварц найдан иборат бўлиб, энг ички найдан текшириладиган эритма пуркалади. Ўрта най плазма ҳосил қилувчи бўлиб, ташқи най плазмани аргон билан совутиш учун хизмат қилади. Бунда минутига 10–20 л аргон сарфланади. Аргонли плазма учқун разрядида ёндирилади. Ташқи найдаги юқори частотали индуктив ўрам алангани турғунлаштиради. Бунда плазма таркибидаги  $\text{Ag}^+$  ион ва эркин электронлар кучли айланма ток ҳосил қилади. Бундай атомлаб аниқлаш усули универсал усул бўлиб, унинг сезувчанлиги ( $10^{-8}$ – $10^{-2}$  %) юқоридир. Бироқ шундай бўлишига қарамасдан, асбоблар ва аргоннинг қимматлиги учун бу усул аналитик мақсадларда кам қўлланилади.

**Атом-эмиссион анализ. Спектрофотометрик анализ методлари. Нурланиш манбалари, анализнинг бажарилиш шарт шароитлари. Сифат ва миқдорий атом-эмиссион анализ. Миқдорий спектрал чизиқлар ва концентрация орасидаги боғланиш.**

**Атом–эмиссион спектроскопия усули**

Атом–эмиссион спектроскопия усули 1860 йилда Кирхгофф ва Бунзенлар томонидан тавсия қилинган. Атом – эмиссион анализ усули аланга, электр ёйи ёки учкунида бўғлатилган ва қўзғатилган атомларнинг чиқариш спектрларини ўрганишга асосланган. Қўзғатилган атом ёки ионлар ўз–ўзидан асосий энергетик ҳолатга ўтади, бу вақтда аррача частотаси

$$\nu_{ki} = \frac{E_k - E_i}{h}$$

бўлган нур чиқаради. Бу нур спектрографда спектрга ажратилади. Ҳосил бўлган спектрдаги “*аналитик (охирги) чизиқлар*” деб аталадиган чизиқларнинг (кўпчилик ҳолларда) ўрни бўйича *сифатий* ва унинг интенсивлиги бўйича *миқдорий эмиссион анализ* амалга оширилади. Текшириладиган элементнинг аналитик (охирги) чизиқлари интенсивлиги энг катта бўлган, элементнинг концентрацияси камайганда спектрдан энг кейин йўқоладиган чизиқлардир.

**Эмиссион усулларда анализга ҳалақит берувчи омиллар**

Эмиссион усулларда анализга ҳалақит берувчи омиллар спектрал ва физик–кимёвий омилларга бўлинади. Спектрал омиллар модда билан нур ва моддаларнинг ўзаро таъсирлашувлари билан, физик–кимёвий омиллар турли физик–кимёвий ўзгаришлар билан боғлиқ. Эмиссион усулларда модданинг барчасини тўлиқ қўзғатиб бўлмайди, чунки атомизаторнинг четида бироз миқдор қўзғатилмаган атомлар қолади. Қўзғатилган атомлар ҳосил қилган спектрнинг бирқисмини қўзғатилмаган атомлар ютади. Бу эса интенсивликнинг камайиши ва хатонинг юзага келишига олиб келади. Атомар газнинг концентрацияси қанча юқори бўлса, ютилиш ҳам шунча катта бўлади.

Бу ҳолда интенсивлик билан концентрация орасида тўғри чизиқли боғланиш сақланмайди. Буни ҳисобга олиш учун Ломакин–Шайбе тенгламаси таклиф қилинган:

$$I = ac^b,$$

бу ерда  $b$  – нурнинг ютилишини ҳисобга олиш учун қўлланиладиган катталиқ, у концентрацияга боғлиқ равишда 1 дан 0 гача ўзгаради. Концентрациянинг яқин қийматларида  $b$  катталиқни доимий деб олиш мумкин. Шу шарт бажарилса, Ушбу формуланинг логарифмик ифодаси:

$$\lg I = \lg a + b \lg c$$

$b < 1$  бўлганда амалда тўғри чизикни тасвирлайди. Атомизаторда эркин атомлардан ташқари, атомлашмаган молекулалар, радикаллар ва бошқа заррачалар ҳам бўлади. Буларнинг ҳаммаси фонни ташкил қилади. Ушбу фондаги заррачалар ҳам юқори ҳароратда атомлар сингари нур чиқариши ва ютиши мумкин.

Ҳар бир элемент минглаб чизикли спектрларга эга бўлиб, бу чизикларнинг ўзаро устма-уст тушиши анализга халақит беради. Ҳарорат юқори бўлганда атомларнинг эмиссион спектрлари ионларнинг нурланиши натижасида мураккаблашади. Спектрлар устма-уст тушганда, унинг шундай соҳаси танланиши керакки, бу соҳа устма-уст тушишдан холис бўлсин. Ҳозирги вақтда ҳарорати юқори бўлган усулларда, спектрларни идентификация қилиш учун, компьютерли қурилмалардан фойдаланилади. Биз юқорида аланга фотометрияси усулида текшириладиган модданинг эритмадан қаттиқ ҳолатга, ундан диссоциланиб, атомар газ ҳолатига ўтишини қараб чиққан эдик. Атомар газдаги атомлар қўзғатилган ҳолатга ўтиши ва ионлашиши мумкин. Ионлашган зарра чалар ҳам қўзғатилган ҳолатга ўтиб, нурланади. Агар аниқлаш нейтрал атомлар спектрлари асосида олиб борилаётган бўлса, ионлашган атомлар умумий концентрацияни камайтиради. Атомизаторда қўзғатиладиган атомларнинг концентрациясига ҳарорат, намунанинг буғланиши ва атомланишининг тўлалиги, ионлашиш ва бошқа физик кимёвий жараёнлар таъсир кўрсатади. Ҳар бир модда муайян оптимал ҳароратда атомлашади ва унинг атомлари қўзғатилган ҳолатга ўтади. Ҳароратнинг оптимал қийматдан юқори ёки паст бўлиши қўзғатилган атомлар улушига бевосита таъсир кўрсатади. Аланга фотометрияси усулида горелка пуркагичининг тузилишига мос равишда эритмани буғлантириш ва атомлаш модданинг алангада қисқа муддат бўлиши ва ҳароратнинг нисбатан пастлиги туфайли тўла бўлмайди. Бу ҳолатни ўзгартириш мақсадида эритмага унинг қовушоклиги ва сирт таранглигини камайтирадиган сирт актив моддалар қўшилади. Атомлаш ва қўзғатиш манбаси сифатида электр ёйи ишлатилаётган бўлса, текшириладиган модданинг ҳолати, қайси бирикма шаклидалиги катт аҳамиятга эга. Масалан, кальций хлорид ҳолида бўлганда интенсивлик юқори, фосфат ҳолида бўлганда эса паст бўлади. Бунга сабаб кальций фосфатнинг кальций хлоридга нисбатан термик жиҳатдан анча барқарорлигидир. Шунингдек, интенсивликка бегона металллар аралашмаси ҳам таъсир кўрсатади. Масалан, агар кальцийга алюминий аралашган бўлса, аралаш кальций ва алюминий оксидларининг

ҳосил бўлиши интенсивликни пасайтиради. Анализ вақтида бундай ҳоллар ҳисобга олиниши керак. Текшириладиган модданинг концентрацияси унинг диссоциланиши ва ионланиши билан бевосита боғлиқ. Модданинг концентрацияси катта бўлганда, диссоциланмаган модда улуши, концентрация паст бўлганда эса ионлашган атомлар улуши катта бўлади. Табиийки, бу ҳоллар анализга сезиларли хато киритади. Уларнинг таъсирини камайтириш учун атомизаторнинг ҳароратини бошқариш, спектроскопик буферларни ишлатиш, шунингдек, халақит берувчи моддаларни ажратиш сингари амаллардан фойдаланиш керак. Спектроскопик буферлар текшириладиган модда таркибидаги таркибий қисмни бириктириб олиб, унинг атомлашишини осонлаштиради. Осон ионлашадиган металлларни аниқлашда ундан ҳам осонроқ ионлашадиган бирикма кўшилади. Натижада кўшилган модданинг ионлашиши газ фазада электронлар сонининг ортишига олиб келади, бу эса аниқланадиган атомнинг ионлашишини камайтиради. Текшириладиган модда таркибида аниқланадиган моддадан кўра учувчанроқ киришма бўлса, уни электр ёйида куйдириб, ажратиш мумкин. Бу анализнинг аниқлигини оширади. Метрологик нуқтаи-назардан физик-кимёвий таъсирлар мутаносиб таъсирлар бўлиб, улар аналитик сигнални ва усулнинг сезувчанлигини мутаносиб камайтиради. Енгил кўзғатиладиган ва осон ионлашадиган ишқорий ва ишқорий-ер металлари учун энг яхши атомизатор аланга ҳисобланади. Алангада аниқланиши мумкин бўлган минимал концентрация  $10^{-7}$  % (масса) ни ташкил этади. Ҳозирги вақтда сезувчанлиги энг юқори бўлган атомизатор индуктив боғланган плазма эканлигини ( $10^{-8}$  %, масса) биз юқорида таъкидлаган эдик. Электр ёйи ва учқуни ишлатилганда сезувчанлик пастроқдир.

## **МАЪРУЗА№6**

### **Атом–эмиссион сифат анализи**

Атом–эмиссион сифат анализини амалга ошириш учун энг қулай манба электр ёйидир. Электр ёйининг ҳарорати индуктив боғланган плазманинг ҳароратидан кичик бўлганлиги учун унда спектрал чизиқлар камроқ бўлади, спектрал чизиқларнинг камлиги эса сифат анализи учун анча қулайдир. Атом–эмиссион усул кўп элементли анализ усулидир, бу усул ёрдамида кўплаб элементларни топиш мумкин. Бунинг учун текшириладиган модданинг чиқариш (эмиссион) спектри фотопластинка ёки фотопленкага тушириб олинади (*спектрографик усул*). Ҳар бир элемент кўп сонли спектрал чизиқларга эга бўлганлиги учун улар орасидан интенсивлиги энг юқори бўлгани (аналитик ёки охириги чизиқлар) танланиши керак. Спектрал чизиқларни идентификация қилиш учун махсус атласлардан фойдаланилади. Турли хил спектрографлар учун махсус атласлар мавжуд. Атласларда темирнинг 20 марта катталаштирилган спектрал чизиқлари

бўлиб, уларнинг сони ҳам кўп бўлганлиги учун ҳар чизиқнинг тўлқин узунлиги кўрсатилган бўлади. Атласдаги темирнинг спектрлари юқорисида элементларнинг характерли спектрал чизиқлари ва белгилари жойлаштирилган. Масалан,  $Zn^4_I$  275,65 нм тўлқин узунлиги  $Zn^4_I$  5,65 тарзид ёзилган бўлади. Бу ерда элемент белгисининг ўнг томонида пастдаги рим рақами элементнинг қўзғатилган (I) ёки ионининг бир (II), икки (III) марта қўзғатилганлигини кўрсатади. Элемент белгисининг ўнгдан юқорисидаги рақам (4) эса спектрал чизиқнинг шартли сезувчанлигини 10 балли шкалада (3-жадвал) тасвирлайди. 3-жадвалда келтирилган қийматлар тахминий қийматлар бўлса-да, улар асосида тегишли спектрал чизиқнинг киришмага ёки асосий таркибий қисмга тааллуқли эканлигини аниқлаш мумкин.

3-жадвал

#### Спектрал чизиқларнинг сезилувчанлик шкаласи

Сезувчанлик шкаласи	1	2-3	3-5	5-7	7-9	10
Спектрал чизиққа мос концентрация, %	$\geq 10$	10-1	1-0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	$< 0,001$

Намуна таркибидаги элементларни топиш учун спектрограмма спектропроекторга ўрнатилади ва унинг проекцияси экранга туширилади. Экранда энг интенсив чизиқ топилади. Сўнгра атласнинг тегишли соҳаси танланиб, экрандаги ва атласдаги темир спектрларининг энг сезиларлилари устма-уст қўйилади ва тегишли спектр қайси элементга хослиги ва унинг тахминан қандай концентрацияга тўғри келиши топилади.

#### Атом-эмиссион миқдорий анализ

Атом-эмиссион миқдорий анализ спектрал чизиқлар интенсивлиги билан намунадаги аниқланадиган элементнинг концентрациясини ифодалайдиган Ломакин-Шайбе формуласи  $I_{\text{қасб}}$  асосида амалга оширилади. Миқдорий аниқлашлар учун спектрографик ва спектрометрик усуллардан фойдаланилади. Спектрографик усулларда текшириладиган элемент (элементлар)нинг фотопластинкага туширилган спектри олиниб, бу спектр асосида микрофотометрлар ёки денситометрлар ёрдамида спектрал чизиқларнинг интенсивлиги топилади.

Интенсивлик бўйича, миқдорий усуллардан бири ёрдамида, текширилаётган намунадаги текшириладиган элементнинг миқдори аниқланади. Визуал аниқлашлар спектроскоп, стилоскоп, стилومتر сингари асбобларда амалга оширилади.

Миқдорий аниқлашлар учун даражалаш чизмаси, уч эталон, бир эталон, қўшимчалар ва бошқа усуллардан фойдаланилади. Қайси усулнинг танланиши текшириладиган

модданинг табиати, анализ вақтида учраши мумкин бўлган халақит берувчи омилларга боғлиқ. Биз қуйидаги мисолларда шундай усуллардан айримларини қараб чиқамиз.

## **МАЪРУЗА №7**

### **Атом – эмиссион анализ. Спектрофотометрик анализ методлари. Нурланиш манбалари. Анализнинг бажарилиш шарт шароитлари**

Атом – эмиссион анализ, бу нур чиқарилишига асосланган спектрофотометрик методдир.

Спектрал анализни бажаришда мўлжалланган асбоб қуйидаги асосий қисмлардан иборат: қўзғатиш манбалари, диспергирловчи элемент ва нурни қабул қилувчи мослама.

Бу асосий қисмлардан ташқари исталган спектрал асбобда нурлар йўлини ўзгартирувчи, уни фокусловчи, паралел нурлар дастасини олиш учун мўлжалланган оптик система ҳам мавжуд.

Қўзғатиш манбаларида модда атомар ҳолатга ўтказилади ва қўзғалган атомлар ёки ионлар ўзидан нур чиқаради, бу нурлар диспергирловчи элемент билан фазода алоҳида ташкил этувчиларга ажратилади, нурни қабул қилувчиси эса уларни фокуслайди.

Қўзғотиш манбалари намунани суяқ ҳолатдан буғсимон ҳолатга ўтказди. Кўпчилик қўзғотиш манбаларида бу функциялар бажарилади (яъни бир бирининг ўрнини босади), бироқ айрим ҳолларда 2 та қурилмадан фойдаланилади; бири газ фазасини ҳосил қилиш учун бўлса, бошқаси қўзғатиш учун хизмат қилади.

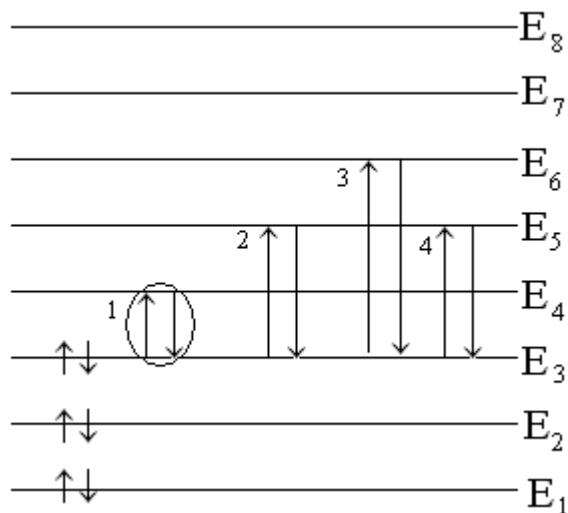
Масалан биологик объектлар ёки металлургия саноатининг айрим буюмларини анализида, айниқса қизиқиш локал анализга бўлганда намунанинг танланган қисмини газсимон ҳолатга ўтказишда лазер техникасидан муваффақият билан фойдаланилади.

Атомларнинг қўзғолиши асосан тез учувчан заррачаларнинг энергия узатиши билан амалга ошади, агарда уларнинг энергияси қўзғатиш учун етарли бўлса, бу ишни кўпинча электронлар бажаради.

Агар учаётган заррачанинг кинетик энергияси биринчи қўзғотиш сатҳидан қўзғотиш энергияси кичик бўлса, у ҳолда тўқнашув жараёнида фақат энергиянинг тақсимланиш жараёни содир бўлади (худди шарлар бир – бирига урилганда энергиянинг тақсимланиши каби), аммо қўзғолган ҳолатга ўтиш содир бўлмайди.

Буни тўқнашув (соударение) дейлади. Атом қўзғолган ҳолатга ўтиши учун, кам дегенда, атомнинг резонанс ҳолати энергиясига тенг бўлиши керак.

Спектрнинг энг равшан чизиғи биринчи қўзғолган ҳолатдан асосий ҳолтага қайтишдир. Бу ўтишга тўғри келадиган чизиқни резонанс чизиғи дейилади. Атомнинг қўзғолишини содир этадиган тўқнашишлар биринчи тур тўқнашишлари дейилади.



Қўзғатиш манбаи спектрнинг етрали равшанлигини таъминлаш лозим ва етарлича барқарор бўлиши керак, яъни ҳеж бўлмаганда ўлчаш вақтида спектрал чизиқлар интенсивлиги доимий (барқарор) бўлиши керак.

Ҳозирги замон микдорий спектрал анализининг ютуқларига юқори стабил қўзғатиш манбалари яратилганлиги туфайли эришилди.

Қўзғатиш манбалари сифатида аланга, ёй ва учқун энг кўп қўлланилади.

Кўпинча қўзғатиш манбаи қаторига анализ қилинадиган намуна киритиладиган қурилмани киритади, унинг кўриниши ва конструкцияси намунанинг характери ва физикавий ҳолатларига боғлиқ бўлади.

Электрик қўзғатиш манбаларида анализ қилинадиган металл намуналари одатда разряю оралиғи электродлари бўлиб хизмат қилади. Эритмаларни қўзғатиш манбаларига пуркагичлар ёрдамида киритилади, кукунсимон номуналар эса махсус қурилмалар ёрдамида ёки кўмир электродлардан фойдаланиб киритилади. Кўмир электроларда махсус каналлар бурғуланади ва бу каналларга кукунсимон намуналар жойлаштирилади. Шунингдек анализ қилинадиган кукунни металллар, уларнинг оксидлари ёки графит қўшиб, брикети ҳам қўлланилади. Тайёрланган брикет сўнгра электрод сифатида қўлланилади.

**Спектрал чизиқлар интенсивлиги ва кенглиги, спектрни қайд қилиш усуллари.  
Диспергирловчи элемент.**

Спектрал чизиқлар интенсивлиги  $I_{kr}$  тахминан қуйидаги формула ёрдамида аниқланади.

$$I_{kr} = N_k \cdot A_{kr} \cdot h \cdot \nu_{kr} \quad (1)$$

Бунда:

$N_k$  –  $k$  ҳолатдан қўзғолган атомлар сони;

$A_{kr}$  – қўзғолган  $k$  ҳолатдан қуйитроқ  $r$  ҳолатга ўтиш эҳтимоллиги;

$\nu_{kr}$  – шу ўтишга тўғри келадиган частота

$h$  – Планк доимийси ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж/с)

Термик мувозанатдаги плазма учун қўзғатош даражаси бўйича атомларнинг тақсимланиши Больсман қонуни асосида аниқланади:

$$N_k = N \cdot \frac{q_k}{q_o} \exp\left(-\frac{E_k}{kT}\right) \quad (2)$$

Бунда:

$N$  – плазмадаги атомлар сони;

$g_k$  ва  $g_o$  қўзғолган ва нормал ҳолатлардаги статистик массалар;

$E_k$  –  $k$  инчи сатҳдан қўзғотиш энергияси;

(8) ва (2) тенгламадан спектрал чизиқлар интенсивлиги учун қуйидагини ҳосил қилиш мумкин:

$$I_{kr} = N \cdot A_{kr} \cdot \frac{q_k}{q_o} \cdot h \cdot \nu_{kr} \cdot \exp\left(-\frac{E_k}{kT}\right) \quad (3)$$

(3) тенгламадан кўринадиги спектрал чизиқ интенсивлиги температурага боғлиқ экан.

Температура ва қўзғатишнинг шароитлари доимийлигида (3) тенглама қуйидаги кўринишни олади.

$$I_{kr} = \alpha^1 \cdot N \quad (4)$$



Бунда

$$\alpha^1 = A_{kr} \cdot \frac{q_k}{q_o} \cdot h \cdot \nu_{kr} \cdot \exp\left(-\frac{E_k}{kT}\right)$$

Агар қўзғатиш манбаининг иш режими етарлича барқарор ва плазмага модда узатилиш тезлиги доимий бўлса, бирмунча стационар ҳолат қарор топади. Бунда плазмадаги элемент атомлар сони унинг намунадаги концентрациясига пропорционал бўлади:

$$N = \alpha'' \cdot C \quad (5)$$

Бунда:

C модданинг намунадаги концентрацияси;

$\alpha''$  – пропорционаллик коэффициенти;

(4) ва (5) тенгламани (3) и тенгламага қўйсак қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз.

$$I_{kr} = \alpha^1 \cdot \alpha'' \cdot C = a \cdot C \quad (6)$$

Агар концентрациянинг ўзгариши билан разряд шароити ўзгармаса, у ҳолда коэффициент а доимий бўлиб қолади ва (6) тенглама етарлича яхши бажарилади.

Коэффициент а разряд параметрларига, плазмага моддани узатилиш шароитига, қўзғалувчанликни ва бошқа ўтишларни характерловчи константаларга боғлиқ. Бирок қўзғалган атомлар чиқараётган барча квантлар ҳам нурни қабул қилувчига етиб келолмайди. Ёруғлик кванти чиқарилаётган нурни қабул қилувчиси билан қайд қилиниши мумкин. Бу ўз ўзидан ютилишдир. Модданинг концентрацияси ортиши билан ўз ўзидан ютилиш ортади. Ўз ўзидан ютилиш Ломакин тенгламаси билан ҳисобга олинади, чунки у спектрал чизиқни интенсивлиги концентрацияга боғлиқлигини аниқ ифодалайди. Экан

$$I_{kr} = a \cdot C^b \quad (7)$$

Бунда:

а – қўзғатиш манбаига, унинг барқарорлигига, тепературага ва бошқаларга боғлиқ.

В – ўз ўзидан ютилиш коэффициенти яъни қўзғалмаган атомлар томонидан ёруғлик квантларини ютилишини ҳисобга олувчи ўз ўзидан ютилиш.

(7) тенгламани логарифмлаб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\lg I = \lg a + b \lg C \quad (8)$$

(8) тенглама миқдорий анализнинг асосини ташкил этади, чунки у даражаланган график тузиш учун қулайдир.

## **Атом абсорбцион ва атом-эмиссион спектрлардаги чизиқлар кенглиги**

Спектрал чизиқларнинг муҳим тавсифларидан бири унинг кенлигидир. Атом – абсорбцион ёки атом – эмиссион спектрининг максимумумида табиий кенлиги  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  нм атрофида бўлади. Бироқ иккита омил спектрал чизиқнинг 0,002 0,005 нм гача кўринма кенгайишини юзага келтиради.

- 1) Доплер кенгайиши нур ютаётган ёки нур чиқараётган заррачаларнинг детекторга нисбатан тез ҳаракатланиши ҳисобига юзага келади. Бундай ҳаракатланаётган атомларнинг детектордан узоқлашувида яхши маълум бўлган Доплер эффекти натижаси сифатида тўлқин узунлиги ортади: яъни бирмунча каттароқ тўлқин узунлигида нурланиш чиқарилади ёки ютилади. Детекторга яқинлашаётган атомлар чун тескари ҳодиса кузатилади. Нур чиқараётган атомнинг атом массаси камайиши билан Доплер кенгайиши ортади. Шунинингдек чизиқларнинг Доплер кенгайиши босим ортиши билан ҳам ортади.
- 2) Бундай ҳолларда атомларнинг тўқнашуви асосий ҳолатнинг энергетик сатҳларида унча катта бўлмаган ўзгаришларга олиб келади, яъни максимумларнинг кенгайишига олиб келади. Шунини таъкидлаш лозимки, температуранинг ортишида иккала омилнинг ҳам ортиши кузатилади. Шундай қилиб, юқори ҳароратда янада кенгроқ максимумлар ҳосил бўлиши кузатилади.
- 3) Электр ёки магнит майдонида атомнинг энергетик сатҳлари бир қанча поғоначаларга бўлинади. Бундай ҳодиса Штарк эффекти (электр майдонидаги бўлиниши) ёки Зееман эффекти (магнит майдонидаги бўлиниши) сифатида маълум. Плазмадаги зарядланган заррачалар ҳисобига юзага келадиган майдон спектрал чизиқлар кенгайишини юзага келтириш учун етарли бўлади ва буларни одатдаги асбобда кузатиш мумкин.
- 4) Намунадаги элементнинг концентрацияси ортиши билан ўз – ўзидан ютилиш ортади. Бу эса спектрал чизиқнинг марказий қисмидаги интенсивликнинг камайишига ва унинг кенгайишига олиб келади.

Спектрал анализ учун жуда кенг ва жуда тор спектрал чизиқлар мақбул эмас, балки ўртача кенликдаги спектрал чизиқлар бўлиши мақсадга мавофиқдир.

### **Диспергирловчи элемент**

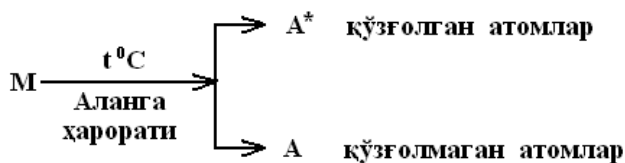
Диспергирловчи элемент нурланишнинг спектрларга ажратади (парчалайди). Бу спектрал асбобнинг энг муҳим қисмидир. Бунда унинг асосий даражадаги аналитик имкониятлари ва асосий тавсифлари: чизиқли дисперсияси ва ҳал қилувчи имкониятлари аниқланади. Диспергирловчи элемент бурчак дисперсияси билан характерланади. Бурчак дисперсиясини  $\Delta\lambda$  қ  $\lambda_1$  -  $\lambda_2$  интервалига тегишли бўлган иккита

бир бирига яқин  $\lambda_1$  ва  $\lambda_2$  нурлар орасидаги бурчак масофаси  $\Delta\varphi$  сифатида аниқланади, яъни  $D_\varphi = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \frac{d\varphi}{d\lambda}$ . Спектрал асбобнинг чизиқли дисперсияси  $D_l = \frac{\Delta\ell}{\Delta\lambda} = \frac{d\ell}{d\lambda}$  диспергирловчи элементнинг бурчак дисперсиясига боғлиқ; бунда  $\Delta\ell - \Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$  фаркига боғлиқ бўлган бир – бирига яқин бўлган иккита  $\lambda_1$  ва  $\lambda_2$  нурлар орасидаги асбобнинг фокал текислигидаги чизиқли масофаси. Амалиётда кўпинча чизиқли дисперсияга тескари бўлган  $D = \frac{1}{D_\ell}$  катталиклдан фойдаланилди. Одатда у 0,1 дан 10,0 нм оралиғида бўлади.

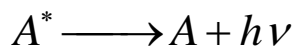
### МАЪРУЗА №10

#### Аланга фотометрияси ва спектрофотометрияси. Ишлатиладиган асбоблар. Атом-эмиссион спектрометриянинг аналитик кимёда қўлланилиши.

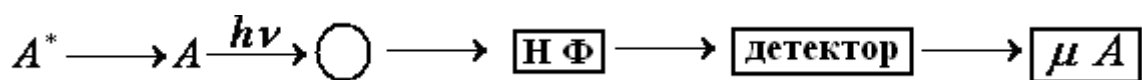
Қўзғатиш манбаларининг энг кўп қўлланиладигани аланга энергиясидир.



Ҳар бир қўзғолган атом ўзи учун характерли маълум частотага эга бўлган нурни чиқариб ўзининг асосий ҳолатига қайтади.



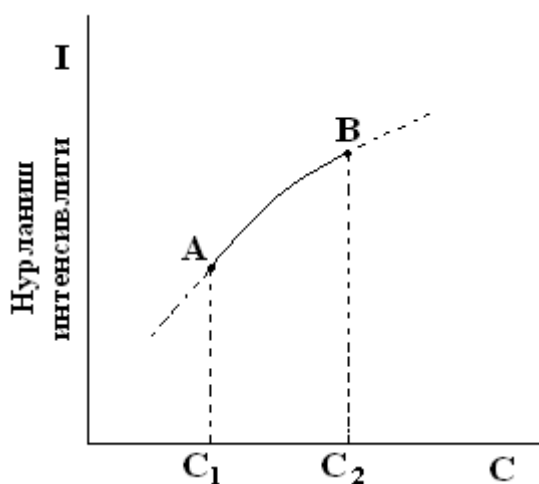
Агар қўзғолган атомлар чиқарган нурлар спектрал чизиқларни кўрилса тўлқин узунлигининг жойлашиши бўйича бир элементнинг спектрал чизиғи бошқа элементнинг спектрал чизиғидан фарқ қилади. Бу фарқ компонентлар аралашмаси ёки моддалар сифат таркибини аниқлаш имконини беради. Берлиган элементга тегишли бўлган спектрал чизиқ ўзининг интенсивлиги билан фарқ қилади. Спектрал чизиқлар интенсивлиги маълум интервал лар оралиғида анализ қилинадиган намунадаги элемент концентрациясига боғлиқ бўлади. Бу боғлиқлик анализ қилинадиган намунадаги моддалар миқдорини аниқлаш имконини беради.



Агар унда диспергирловчи элемент сифатида нур фильтри ишлатилса бу методни алангали фотометрия дейилади. Худи бошқа эмиссион спектроскопия асбоби каби алангали фотометрлар ҳам қўзғатиш манбаи (алангали горелка), диспергирловчи элемент (нар фильтри) ва нурни қабул қилувчи рецептор (одатда фотоэлемент).

Агар спектрофотометрларда нур фильтрлари ўрнига призмалар ёки дифракцион панжаралар қўлланилади. Анализ қилинадиган намуна эритмаси горелка алангасига аэрозол қўринишида киритилади. Бунда эритувчи бўғланади, металл тузлари эса атомларгача диссоциланади ва улар муълум тепратураларда қўзғолган ҳолатга ўтади. Қўзғолган атомлар ўзининг асосий ҳолатига ўтиб маълум частотага эга бўлган нур чиқаради ва бу нурлар нур фильтрлари орқали ажратилиб фотоэлементга юборилади, унинг интенсивлиги шу фотоэлемент орқали ўлчанади.

Миқдорий аниқлашни градуировкали график ёки қўшимча қўшиш методи ёрдамида амалга иширилади. Алангали фотометрия методи қуйи аниқланиш чегарасининг кичиклиги билан тавсиқланади (ишқорий металллар учун 0,001 мкг/мл, бошқалар учун 0,1 мкг/мл). Бунда хатолик 1-3% атрофида бўлади. Бу метод ёрдасида ишқорий ва ишқорий ер металлари, Zn, Ag ва бошқалар аниқланади.



Паст концентрацияларда чиқарилаётган нурнинг интенсивлиги аниқланадиган модда концентрациясига пропорционалдир.

$$J = k_1 \cdot C \quad (1)$$

Иккинчи томондан фотоэлементда ҳосил бўладиган фототок кучи ҳам нурланиш интенсивлигига пропорционал бўлади.

$$J = k_2 \cdot a \quad (2)$$

Бунда  $a$  – фототок кучи;

$k_1$  ва  $k_2$  пропорционаллик коэффициентлари;

Интенсивликнинг ( $J$ ) қийматларини ўрнига қўйсак:

$$k_1 \cdot C = k_2 \cdot a \quad \text{бундан} \quad a = \frac{k_1}{k_2} \cdot C = K \cdot C \quad (3) \text{ бўлади.}$$

Демак фотоэлементдаги фототок кучи аниқланадиган компонент концентрациясига пропорционал экан.

Алангали фотометрик методларда нурни қабул қилувчиси сифатида селенли ёки кумуш – сульфидли фотоэлементлар ишлатилади.

Алангада ҳосил қилинадиган спектрлар ёй ва учқун спектрларига қараганда соддароқ, чунки электр манбаи қўзғатувчиларга нисбатан аланга температураси пастроқ бўлади. Бу эса анализни осонлаштиради, аммо аниқланадиган элементлар сонини чегаралаб қўяди.

## МАЪРУЗА №11-12

### Атом–абсорбцион анализ

Атом–абсорбцион анализ (1955, А.Уолш) қўзғатилмаган эркин атомларнинг оптиквий ораликдаги нурланишни ютишига асосланган. Атом абсорбцион анализ учун текшириладиган модда бирор атомизаторда атомар газ ҳолатига келтирилади ва шу атомар газга аниқланадиган элементга хос бўлган нурланиш махсус лампадан юборилади. Ушбу атомар газ қатламида махсус лампадан тушган нурнинг бир қисми ютилади. Шу ютилиш микдорий аниқлашлар учун асосий катталик сифатида қўлланилади:  $A\epsilon k l c$ , бу ерда  $k a$  – эркин атомларнинг нурни ютиш коэффициенти;  $l$  – ютиш қатламининг узунлиги. Атомлаш шароити ва анализ тартиби бир хил бўлганда атомизатордаги атомлар концентрацияси унинг намунадаги концентрациясига мутаносиб бўлади. Бундай ҳолда юқоридаги формулани  $A\epsilon k l c$  шаклда тасвирлаш мумкин.

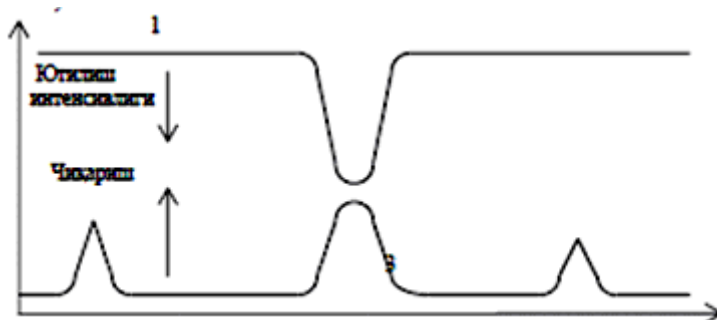
### Атом-абсорбцион анализда атомизаторлар

Атом-абсорбцион анализда атомизаторлар текшириладиган намунадаги моддани фақат атомар газ ҳолатига ўтказиши керак. Атом-эмиссион усулда эса атом қўзғатилган ҳолатга ҳам ўтказилади. Атом-абсорбцион анализ усулида ҳам атомлаш манбаси сифатида аланга ишлатилади. Аланга атомизатори учун қўлланиладиган горелка атом-эмиссион усуланикдан фарқли равишда чўзилган шаклли аланга ҳосил қиладиган тузилишга эга. Бу горелка учун ёнилғи сифатида ёритгич газ – ҳаво, ацетилен–ҳаво ва ацетилен– $N_2O$  ишлатилади. Аланга атомизаторлари бир хил режимда ишлайди, лекин уларнинг атомлаш даражаси юқори эмас. Шунинг учун ҳам кўпинча *электротермик* атомизаторлардан

фойдаланилади. Электротермик атомизатор графитдан ясалган кичик найдан иборат бўлиб, у катта кучга эга бўлган ток билан қиздирилади. Унинг юқори қисмидаги тешигидан намуна эритмаси шприц ёрдамида киритилади. Бу атомизатор ёрдамида қаттиқ моддаларни ҳам анализ қилиш мумкин. Графитнинг тез ёниб кетмаслигини таъминлаш учун у аргон атмосферасида жойлаштирилади. Электротермик атомизаторларнинг атомлаш қобилияти ва, демак, сезувчанлиги юқори. Сезувчанликнинг юқорилиги модданинг атоми затorda кўпроқ вақт бўлиши ва графитнинг қайтарувчилик хоссалари билан боғлиқ. Анализ учун олинadиган намунанинг миқдори кўп бўлиши талаб этилмайди. Электротермик атомизаторнинг ҳароратини узлуксиз кенг оралиқда (20–2700°C) ўзгартириш мумкин.

### Атом-абсорбцион анализда нурланиш манбаси

Атом-абсорбцион анализда нурланиш манбаси сифатида чизикли спектрлар чиқарадиган *ғовак катодли* ва *электродсиз разряд лампалари* ишлатилади. Ғовак катодли лампа паст босимли инерт газ билан тўлдирилган, катод ва анодli шиша ёки кварц баллондан иборат. Катод пиёласимон тузилишга эга бўлган тоза металдан тайёрланади. Электродларга кучланиш берилганда тутунли разряд инерт газни мусбат зарядли ионга айлантиради. Мусбат зарядли газ ионлари катодга зарб билан урилиб, ундan металл атомларини газ фазага уриб чиқаради. Газ фазада металл атомлари қўзғатилган ҳолатга ўтиб, шу металлга хос эмиссион спектр чиқаради. Ғовак катодли лампанинг афзалликларидан бири шундаки, у чиқарган нурнинг тўлқин узунлиги орасидаги интервал жуда тор (0,01) бўлади. Аниқланадиган элементнинг ютиш чизиғи унинг нурланиш чизиғидан кенгрокдир (5-чизма).



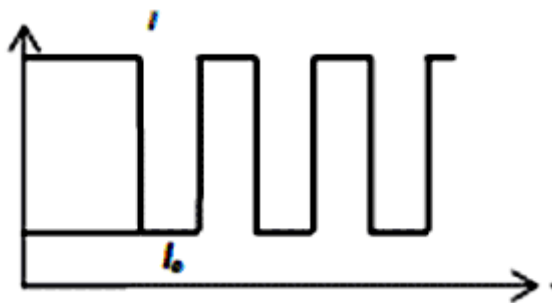
**5-чизма.** Атом-абсорбцион спектроскопияда чиқариш ва ютилиш спектрлари. 1 – Намунанинг ютиш спектри; 2 – Ёруғлик манбасининг чиқариш спектри.

Бу эса ютилиш чизиғининг максимумини аниқлашга имкон беради. 5-чизмадан кўринишича ғовак катодли лампанинг бир нечта нурланиш чизикларидан фақат биттаси (масалан, магний учун  $2852 \text{ Å}$ ) анализ учун ишлатилади. Бу чизик бошқа чизиклар билан

копланмаган, шунинг учун ҳам уни монохроматор ёрдамида ажратиб олиш мумкин. Ушбу спектрнинг мазкур чизиғи монохроматор ёрдамида ажратилгандан сўнг аниқланадиган элементнинг қўзғатилмаган атомар газига тушади ва шу асосда аниқлаш амалга оширилиши мумкин. Металмасларни аниқлаш учун кўпинча электродсиз лампалардан фойдаланилади. Электродсиз лампага текшириладиган моддадан биров микдори жойлаштирилган бўлиб, у атомар ҳолатга айлантирилгандан сўнг микротўлқинли майдон таъсиридан қўзғатилади. Бу лампаларнинг ҳар бири фақат битта элементни аниқлаш учун мўлжалланган. Бундан қотишмалардан тайёрланган катодли лампалар (аниқлиги юқори эмас) мустасно. Бу камчиликларни бартараф қилиш учун ҳозирги вақтда кенг тўлқин узунлиги соҳасига эга бўлган ксенон лампалари ва лазерлардан фойдаланиш мумкин.

### **Атом-абсорбцион анализга ҳалақит берувчи омиллар**

Атом-абсорбцион анализга ҳалақит берувчи омиллар ҳам спектрал ва физик-кимёвий омилларга бўлинади. Спектрал ҳалақит омиллари қаторига фоннинг чиқариш ва ютиш спектрларини киритиш мумкин. Моддани атомар газга айлантириш вақтида унинг бир қисми қўзғатилган ҳолатга ўтиши ва нур чиқариши мумкин. Оқибатда анализ қийинлашади. Бунинг олдини олиш учун фоннинг нурланиши компенсация қилинади. Фон нурланишини компенсациялаш учун механик ёки электрик модуляторлар ишлатилади. Нурланишни модуллаш схемаси 6-чизмада тасвирланган.  $t_1$  вақтда атомизатордаги атомар газ лампадан тушаётган ёруғлик билан нурлантирилади. Бунда жами интенсивлик –  $I+I_0$  ўлчанади.  $T_2$  вақт-да эса лампадан нур тушмайди ва фақат атомизатордаги нурланиш интенсивлиги ўлчанади. Модда қатламида ютилган нурнинг интенсивлиги Ушбу қийматлар орасидаги фарқ билан ифодаланади. Шу тузатилган интенсивлик асосида элементнинг микдори топилади. Атомизатордаги заррачаларнинг ютиш спектрлари лампадан чиқаётган нурдан кўра кенгроқ, эканлигини биз юқорида айтиб ўтган эдик. Чизиклар орасидаги ушбу фарқдан фоннинг ютиш чизикларини компенсациялаш учун фойдаланиш мумкин. Буни амалга ошириш учун атомизаторни дейтерий лампаси нури билан ёритиш керак. Дейтерий лампасининг нури монохроматик бўлмаганлиги учун уни эркин атомлар ютмаса-да, фон ютади. Асбобнинг электрик схемасида уларни фарқлаш асосида оптик зичлик қийматига (0,2 қийматгача) тузатиш киритиш кўзда тутилган.



**6-чизма.** Атом-абсорбцион спектроскопияда нур дастасини модуллаш.

Ҳозирги вақтда бу таъсирни ҳисобга олиш учун нурланиш манбаси ёки атомизатор кучли электромагнит кутблари орасига жойлаштирилади. Кучли магнит майдони таъсиридан эркин атомларнинг чиқариш ва ютилиш чизиқлари силжийди, фоннинг ютиш чизиқлари эса ўзгаришсиз қолади (*Зееман эффекти*).

Магнит майдонини даврий равишда улаш ва узиш оқибатида тузатилган оптик зичлик қийматини аниқлаш мумкин. Зееман эффекти оптик зичликни 1–2 қийматгача компенсациялайди. Бу усулда ҳам физик-кимёвий ҳалақит берувчи омиллар ва уларга қарши кураш воситалари атом-эмиссион усуланидан фарқ қилмайди. Ҳароратни электротермик атомизатор ёрдамида назорат қилиш мумкин бўлганлиги учун ҳалақит берувчи омиллар таъсирининг олдини олиш осонлашади. Атом-абсорбцион анализ алангада атомлаб  $10^{-6}$ – $10^{-4}$ , электротермик атомизаторда атомлаб  $10^{-9}$ – $10^{-7}$  % (масса) сезувчанлик билан аниқлаш имконини беради. Усулнинг алангали кўринишида натижаларнинг қайта такрорланувчанлиги анча юқори. Бу усул атом-эмиссион усулга кўра селектив бўлиб, кўп элементли анализни амалга ошириш анча мураккаб. У микдорий анализ усули сифатида анча аниқ ва сезувчан усулдир. Кўпинча микдорий аниқлашлар учун ташқи стандарт ва қўшимчалар усуллари қўлланилади. Атом-абсорбцион анализда ички стандарт усулини қўллаб бўлмайди, бу усул бир элементли усул бўлиб, бир вақтнинг ўзида иккита элементнинг аналитик сигналларини ўлчаш имкони йўқ.

## МАЪРУЗА №13

### Атом–флуоресцент спектроскопия усули

**Атом–флуоресцент спектроскопия усули** (АФС) эмиссион усуллар қаторига кириб, унда аналитик сигнал ультрабинафша ёки кўринадиган соҳалардаги атом спектрлардан иборат. Атом-эмиссион усулдан фарқли равишда атом-флуоресцент усулда атомлар юқори  $I$   $I_0$

**6-чизма.** Атом-абсорбцион спектроскопияда нур дастасини модуллаш. ҳарорат таъсиридан эмас, балки катта энергияли ташқи манба таъсиридан кўзгатилади. Бундай манбалар сифатида атом-абсорбцион усулларда ишлатиладиган ғовак катодли ва



электродларсиз лампаларга ўхшаган манбалар ишлатилади.. Бироқ ҳозирги вақтда кўзғатиш манбаси сифатида, асосан, лазерлар ишлатилмоқда. АФС усулидаги чиқариш спектри люминесцент нурнинг бир кўриниши бўлиб (27.3-банд), унинг интенсивлиги  $I_{2,3}$   $I_{klc} = \phi$  формула билан ифодаланади (бу ерда  $I_0$  – ташқи нурланиш манбаининг интенсивлиги;  $\phi$  – люминесценциянинг квант унуми;  $k$  – ютилиш коэффиценти;  $l$  – оптик йўлнинг узунлиги. АФС да муҳитнинг ҳарорати юқори бўлганлиги учун  $\phi$  қиймат кичик бўлади, шунинг учун ҳам катта энергияга эга бўлган лазерлар ишлатилиши усулнинг сезувчанлигини оширади. Барча атом спектроскопик анализ усуллари орасида атом-флуоресцент спектрларининг ниҳоятда соддалиги ва спектрал чизиқларнинг устма-уст тушмаслиги учун АФС энг селектив усул ҳисобланади.

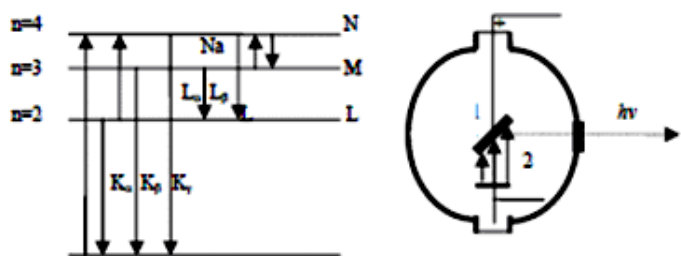
**Рентген спектроскопияси усуллари.** Юқори энергияга эга бўлган электронлар билан бомбардимон қилинганда атом ядросига яқин бўлган К, L электрон поғоналардаги электронни уриб чиқариб, унинг бўшаган ўрнига юқорироқ энергетик поғонадаги электроннинг ўтиши натижасида *хос рентген нурлар* деб аталувчи нурлар чиқади (7-чизма). Бундан ташқари, узлуксиз спектрга эга бўлган, сустлаштирувчи электрон энергияси туфайли юзага келадиган *сустлаштирувчи рентген нурлари* ҳам ҳосил бўлади. Узлуксиз рентген нурланишининг максимал частотаси ( $\nu_{max}$ ) рентген найидаги кучланиш ( $U$ ) билан  $eU = h\nu_{max}$  тарзда боғланган. Шундай қилиб, эмиссион рентген спектри хос рентген нурлари чизиқлари билан қопланган узлуксиз фонни ташкил этади. Хос рентген нурлари фақат электронлар билан бомбардимон қилганда эмас, балки юзани катта энергияли электромагнит нурлар билан нурлантирганда ҳам юзага келади. Бу ҳолда узлуксиз рентген спектри ҳосил бўлмайди. Ҳосил бўлган бундай хос рентген нурлари *флуоресцент* ёки *иккиламчи нурлар* дейилади. Шуни ҳам айтиш керакки, юқори энергетик поғоналардан электронлар ички поғоналарга ўтганда ҳамма вақт ҳам хос рентген нурлари ҳосил бўлавермайди. Бундай ҳолларда, электрон поғоналар қайта қурилади ва ташқи электронлардан бири атомдан узилиб чиқади. Бу жараён, юқорида таъкидланганидай, *оже-эффект*, атомдан ажралган электрон эса *оже электрон* дейилади. Оже-эффектнинг юзага келиш эҳтимоли катта, шунинг учун ҳам бу ҳол энгил элементларни аниқлашда қийинчиликлар туғдиради. Рентген спектри текшириладиган намуна чиқарган (рентген эмиссион ва рентген флуоресцент) ёки ундан ўтган (рентген абсорбцион) рентген нурлари интенсивлигининг тақсимланишини ифодалайди. Рентген эмиссион нурларда спектрал чизиқлар сони кам, рентген абсорбцион нурларда ютилишни тасвирлайдиган “сакраш” мавжуд. Рентген нурлари спектрларини ифодалаш учун қуйидагича белгилаш қабул қилинган:  $CaK\alpha$ , бу ерда Ca – элемент белгиси; K – атомнинг биринчи энергетик

поғонасидаги электрон ўтишини кўрсатадиган белги;  $\alpha$  – ушбу электрон ўтишида бош квант соннинг ўзгаришини кўрсатадиган белги.  $\alpha$ :  $\Delta n=1$ ;  $\beta$ :  $\Delta n=2$ ;  $\gamma$ :  $\Delta n \geq 3$ ; 1, 2, 3 – электрон поғонача рақами.  $\Delta n=1$  бўлган электрон ўтишнинг эҳтимоли энг катта бўлганлиги учун  $\alpha$ –чизиқнинг интенсивлиги юқори бўлади.

## МАЪРУЗА №14

### Рентгеноспектрал асбобларнинг асосий қисми

**Рентгеноспектрал асбобларнинг асосий қисми** унинг нурланиш манбасидир. Рентген нури олиш учун рентген найидан фойдаланилади (8-чизма). Рентген найи анод (1) ва қизиқ турган катоддан (2) иборат бўлиб, уларга бир неча киловольт кучланишли ток берилганда, улар орасида 50–100 мА ток ўтади. Ток билан исиган катод ўзидан электронлар чиқаради. Электронлар тезлатгич ёрдамида анодга томон йўналтирилади. Бомбардимон қилувчи электронлар дастаси анодга киритилган модда атомининг ички электрон қобиғидан электронни уриб чиқаради. Электронлар кинетик энергиясининг қолган қисми секинлаштирувчи нурланишга ва анодни иситишга сарфланади. Чиқариш ойнаси орқали рентген нури тарқатувчи элементга ёки намунага юборилади. Хос рентген нурлари асосида анализ бажарилганда, текшириладиган намуна бевосита анодга жойлаштирилади. *Тарқатувчи* элемент сифатида дифракцион панжарали кристаллар ишлатилади. Уларга *кристалл–анализаторлар* ҳам дейилади. Рентген нурлари дифракциясини Вульф–Брегг қонуни асосида тасвирлаш мумкин:  $n\lambda \leq 2d \sin\theta$ , бу ерда  $n$  – спектрнинг тартибини кўрсатувчи бутун сон;  $d$  – кристаллографик юзалар орасидаги масофа;  $\theta$  – кристаллограф юзаси билан унга тушаётган нур ва ундан қайтаётган нур дастаси орасидаги бурчак.



$n=1$  K

**7-чизма.** Хос рентген нурланишининг ҳосил бўлиши.

**8-чизма.** Рентген найининг тузилиши. 1 – анод; 2 – катод. Кристалл юзасидан  $\theta$  бурчак остида тўлқин узунлиги  $\lambda$  бўлган, Вульф–Брегг қонунига бўйсунадиган нур қайтади, қолгани сочилади ва қисман кристалл томонидан ютилади. *Нур қабул этгичлар*

сифатида фотоматериаллар, рентген квантларини ионизацион ва сцинтиляцион санагичлар ишлатилади.

**Рентгеноспектрал сифат анализи** спектрал чизиқнинг рентген спектридаги ўрнига асосан амалга оширилади. Бу спектралчизиқ ҳар бир элемент учун алоҳида жой эгаллайди. Унинг спектрдаги ўрни электрон энергияларининг фарқига боғлиқ, бу фарқ Мозли қонуни асосида қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta E = h\nu = \frac{2\pi^2 m_e e^4 (Z - \xi)^2}{h^2 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)}$$

бу ерда  $\nu$  – рентген спектридаги чизиқнинг частотаси;  $m_e$  – электроннинг массаси;  $e$  – электроннинг заряди;  $h$  – Планк доимийси;  $Z$  – элементнинг тартиб рақами;  $\xi$  – экранираниш доимийси;  $n_o$  ва  $n_l$  – дастлабки ва охири ҳолатларга мос келувчи бош квант сонлар. Бу усулда ҳамспектрал чизиқни идентификация қилиш учун бирор стандарт мода қўллаш мақсадга мувофиқ. Рентген чизиқлари эмиссион спектр чизиқларидан содда бўлса-да, уларни идентификациялаш анча мураккаб, чунки кўп тартибли спектрал чизиқлар ўзаро устма-уст тушиши мумкин. Шу боис хатонинг олдини олиш учун бир неча чизиқлардан фойданишга тўғри келади. Бироқ шуни таъкидлаш керакки, бу усулда элементнинг атрофидаги кимёвий муҳит анализга деярли ҳалақит бермайди. Рентгено-эмиссион анализ усули ёрдамида галогенлар, олтингугурт ва эмиссион усулда аниқланиши мумкин бўлмаган бошқа элементлар аниқланиши мумкин. Рентгено-флуоресцент усул моддаларни парчаламасдан аниқлашга имкон беради. Унинг топиш чегараси: рентгено-абсорбцион усул учун –  $10^{-3}$  % (масса) ва рентгеноспектрал микроанализ учун –  $10^{-1}$ – $1$  мкг/г ни ташкил этади.

## МАЪРУЗА №15

### Рентгеноспектрал микдорий анализ

**Рентгеноспектрал микдорий анализ** учун хос (бирламчи) рентген нурлари ҳам, флуоресцент (иккиламчи) рентген нурлари ҳам қўлланилиши мумкин. Бирламчи рентген нурларини қўллаш учун намуна аноднинг сиртига суртилади. Агар металл намуна текширилса, унинг ўзи анод вазифасини бажаради. Иккиламчи рентген нурлари асосида бажариладиган рентгено-флуоресцент таҳлил бирламчи рентген нурлари асосидаги микдорий таҳлилдан анча афзалликларга эга. Бу усулда узлуксиз рентген спектри фонга эга бўлмаганлиги учун унинг сезувчанлиги юқори. Унда текшириладиган модда рентген найидаги вакуумдан холи жойда бўлганлиги боис тажриба содалашади. Бироқ иккиламчи спектрларнинг интенсивлиги бирламчи спектрларнинг интенсивлигидан кичик, шунинг

учун ҳам бу усулда спектрларни сураатга олиб бўлмайди. Рентгеноспектрал миқдорий анализ бирламчи спектрлар асосида амалга оширилганда модда миқдори билан рентген нурининг интенсивлиги ўрганилади. Спектрал чизиқларнинг мутлақ интенсивлиги қўзғатиш шароити, намунанинг кимёвий таркиби сингариларга ҳам боғлиқ. Шунинг учун уларни ҳисобга олишга тўғри келади. Намунадан ўтган рентген нурларининг сусайишини  $I/I_0 = \mu \rho l$  тенглама билан ифодалаш мумкин (бу ерда  $I_0$  ва  $I$  – намунага тушган ва ундан ўтган рентген нурининг интенсивликлари;  $\mu$  – ютилишнинг масса коэффиценти;  $\rho$  – модданинг зичлиги;  $l$  – модда қаватининг қалинлиги).

Рентгеноспектрал миқдорий анализда даражалаш чизмаси, ички стандарт усулларида фойдаланиш мумкин. *Ички стандарт* усулида аниқланадиган ва стандарт элементлар спектрларининг интенсивликлари солиштирилади, бунинг учун намунага миқдори маълум бўлган элемент қўшилади. Таққосланадиган спектрал чизиқларнинг тўлқин узунликлари ва интенсивликлари яқин бўлиши керак. Бундай стандарт сифатида аниқланадиган элементга даврий системада қўшни бўлган элементни олиш қулайдир. Агар аниқланадиган ва стандарт элементлар спектрал чизиқларининг интенсивликлари мутаносиб бўлса, концентрацияни қуйидаги боғланишдан аниқлаш мумкин:

$$\frac{I}{I_0} = k \frac{C}{C_0}$$

Бу ерда  $k$  – стандарт намуна чизиқларининг интенсивлиги асосида тажрибада аниқланадиган эмпирик коэффицент.

**Спектрофотометрик анализга таъсир этувчи омиллар. Атом-абсорбцион ва атом-эмиссион анализ методларини солиштириш. Методнинг имконияти, афзаллик ва камчиликлари.** Атом – эмиссион спектроскопия қўзғолган атомлар чиқарадиган нурланиш интенсивлигини ўлчашга асосланган бўлса, атом-абсорбцион спектроскопия асосида эса қўзғолмаган атомларнинг нурнинг ютилиши ютади. Аланганинг ҳароратида асосан қўзғолмаган атомлар бўлади. Масалан 2500<sup>0</sup>К да Na атомларининг 0,02% исталган моментда 3p – ҳолатида бўлади, янада юқори энергетик ҳолатларда қўзғолган атомлар янада кам бўлади. 3000<sup>0</sup>К да натрий атомлари 3p – ҳолатда тахминан 0,09% миқдорда бўлади.

Қўзғолган ва қўзғолмаган заррачалар нисбати ютилиш ва нурланиш методларини солиштиришда аҳамиятга эга бўлади. Атом абсорбцион методларнинг сезиларли

даражада кўп сонли атомлардан фойдаланганлигидан сезгирлигининг катта бўлишини кутиш мумкин.

Нурланишнинг интенсивлиги иккита ўлчашнинг фарқи ( $\lg J_0 - \lg J_y$ ) эканлиги учун, бу иккала катталик қанчалик яқин бўлса, буларнинг айирмасидаги хатолик ҳам шунчалик катта бўлади ва бу яққол афзаллик компенсацияланди.

Шунинг учун бу икки метод у ёки бу гуруҳ элементларини аниқлашда сезгирлиги бўйича кўпинча бир – бирини тўлдиради.

Алангали абсорбцион спектроскопиянинг яна бир афзаллиги шундан иборатки, кўзғолмаган заррачалар абсолют миқдорининг температура ўзгаришига унчалик боғлиқ эмаслигидир. Масалан температура  $2500^{\circ}\text{K}$  да унинг ўзгариши  $\pm 20^{\circ}\text{K}$  бўлса, натрий атомлари сонининг  $3p$  ҳолоатидаги ўзгариши тахминан 8% га тенг бўлади, температуранинг шундай ўзгаришида атиги 0,02% ни ташкил этади.

Шуни таъкидлаш лозимки, температуранинг ўзгариши атом абсорбциясига, ёруғлик нурини ютишга мойил бўлган атомлар сонини ошириш билан билвосита таъсир кўрсатади.

Ундан ташқари максимумнинг кенгайиши ва баландлигини камайтиради, чунки заррачалар катта тезлик билан ҳаракат қилади ва Допплер эффектини оширади. Температуранинг ортиши билан газдаги атомлар сонининг ортиши ҳам босимнинг ўзгариши ҳисобига абсорбцион чизиқларнинг кенгайишига олиб келади. Бундай билвосита эффектларнинг таъсири ҳисобига атом – абсорбцион ўлчашларда аланга ҳароратини бошқариш зарур.

## **СПЕКТРОСКОПИК АНАЛИЗ МЕТОДЛАРИ ФАНИДАН КИМЁ МАГИСТРАТУРА МУТАХАССИСЛИГИ ТАЛАБАЛАРИГА МЎЛЖАЛЛАНГАН ТЕСТ САВОЛЛАРИ**

1. Спектрларнинг қўзғатиш манбаларидан қайси бири барқарорроқ нурланишга эга ?
  - А) электр ёйи
  - В) электр учқуни
  - С) аланга
  - Д) импульс разряди
2. Спектрларнинг қўзғатиш манбаларидан қайси бири беқарорроқ ?
  - А) учқун разряди
  - Б) аланга
  - С) ёй разряди
  - Д) импульс разряди
3. Қандай моддалар спектрал анализида нур манбаи сифатида кўпроқ юқори сифатли конденсирланган учқундан фойдаланилади ?
  - А) газсимон моддаларнинг
  - Б) аланга
  - С) металлларнинг
  - Д) асосларнинг
4. Чизикларнинг максимал интенсивлигига эришиладиган плазманинг оптимал температураси нимага боғлиқ ?
  - А) берилган атомлар ионизацияси потенциалига;
  - Б) спектрал чизикларнинг қўзғатиш энергиясига
  - С) хама жавоб тўғри
  - Д) плазманинг кимёвий таркибига
5. Спектрал (атом-адсорбцион) асбобнинг қайси қисми асосий щисобланади ?
  - А) кирувчи тирқиш;
  - Б) коллиматор объективи;
  - С) фокусловчи объектив;
  - Д) диспергирловчи курилма
6. Дифракцион панжара билан бериладиган спектрал чизикларнинг кетма-кетлигини кўрсатинг ?

қ-кизил; О-оранжевўй; С-сарик; Я-яшил; К-кўк; Б-бинафша;

  - А) қ-О-С-Я-Щ-К-Б;
  - Б) Б-О-С-К-Щ-К-Б;
  - С) Б-К-Щ-Я-О-қ;
  - Д) қ-О-С-Я-К-Щ-Б;
7. Спектрдаги тегишли чизиклар орасидаги қандай масофа, дифракцион панжаранинг спектрдаги тўлқин узунликларининг бир хил фарқига жавоб беради?
  - А) 2 марта катта;
  - Б) 2 марта кичик;
  - С) бир хил;
  - Д) 3 марта катта.
8. Спектрал асбобларнинг янги тури: Фурье-спектрометр нурланишнинг спектрга ажралишнинг қандай янги усулига асосланган.

- А) Рефракция;
- Б) Дифракция;
- С) Модуляция;
- Д) Интерференция;

9. Металларнинг бўғи ва газлари қандай спектрларга эга.

- А) Йўлаклардан;
- Б) Яхлитликдан;
- С) Чизикли;
- Д) Хамма жавоб тўғри;

10. Қўйида келтирилган методларнинг қайси бирида анализ қилинадиган намуна эритмага ўтказилиб, пуркагич ёрдамида аэрозолга айлантирилади ва алангага ўзатилади.

- А) Рентген-флуоресцент анализ;
- Б) Атом-флуоресцент анализ;
- С) Алангали-фотометрия;
- Д) Резонанс-ионизацияси спектроскопияси;

11. Призмалар тайёрлашда асосан қандай материаллардан фойдаланилади?

- А) Шиша;
- Б) Кварц;
- С) Шамма жавоблар тўғри;
- Д) Флуорет;

12. Планшетлардаги спектрал чизиклар атласининг қайси элементи билан анализ қилинадиган намуналар солиштирилади?

- А) Кальций;
- Б) Мис;
- С) Темир;
- Д) Калий;

13. Фотографик миқдорий анализ учун қайси метод фойданилмайди?

- А) уч эталонлар методи;
- Б) бир эталон методи;
- С) тўғри чизиклар кесишуви методи;
- Д) доимий график методи.

14. Қўйида келтирилган қисмлардан қайси бири қайд қилувчи система таркибига кирмайди?

- А) Фотоэлемент;
- Б) Фотопластинка;
- С) Монохроматор;
- Д) Кучайтиргич асбоблар.

15. Ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантирувчи қўрилма қандай аталади?

- А) Диспергирловчи элемент;
- Б) Фотопластинка;
- С) Фотоэлемент;
- Д) Фотоқўпайтиргич.

16. Агар боғланишлар орасидаги бурчаклар деярли ўзгармасидан боғнинг узунлиги ўзгаришидан содир бўладиган тебраниш қандай аталади?

- А) Нормал;
- Б) Валент тебраниш;
- С) А ва Б;
- Д) Валент бўлмаган тебраниш.

17. Фотометрик ўлчашларнинг қайси бирида номаълум концентрацияли аниқланадиган компонент тўтган анализ қилинадиган эритманинг оптик зичлигини, сўнгра анализ қилинадиган эритмага аниқланадиган компонентнинг стандарт эритмасидан маълум миқдор қўшилиб яна оптик зичлиги ўлчанади.

- А) Градуировкали график методи;
- Б) Моляр сўндириш коэффиценти методи;
- С) Қўшимчалар қўшиш методи;
- Д) Дифференциал фотометрия методи.

18. Ютилиш йўлаклари тўлқин узунлиги катта бўлган томонга силжиши қандай аталади?

- А) Гипсохром силжиш;
- Б) Щаворанг;
- С) батохром силжиш қизил;
- Д) кўк.

19. Ютилиш спектридаги йўлаklar интенсивлиги қандай тавсифларга эга?

- А) Интеграл ютилиш;
- Б) Осциллятор кўчи;
- С) Барча жавоблар тўғри;
- Д) Эйнштейн коэффиценти.

20. Фотопластинкалар учун қўйида келтирилган афзалликлардан қайси бири характерли?

- А) Ёруғлик интенсивлигини интегрирлаш қобиляти;
- Б) Юқори сезгирлик;
- С) Барча жавоблар тўғри;
- Д) Спектрал интервалнинг етарлича кенглиги.

21. Фотокўпайтгичларнинг таъсири нимага асосланган?

- А) Ички фотоэффектга;
- Б) Ташқи фотоэффектга;
- С) Ташқи фотоэффектга ва иккиламчи;
- Д) Фотогальваник эффектга.

22. Атом-абсорбцион спектрометрияда нима нур манбаи сифатида хизмат қилади?

- А) ёй;
- Б) учкун;
- С) аланга;
- Д) ғовак катод лампаси.

23. Қайси методда атомар шолатга ўтказиш талаб этилмайди.

- А) Ёй атом-спектроскопияси;
- Б) Учкун атом-спектроскопияси;
- С) Рентгент атом-спектроскопияси;
- Д) Атом-флуоресцент спектроскопия.



24. Анализ қилинадиган моддалар атомар щолатга ўтказиш –йутувчи қаватлар щосил қилиш бир неча босқичда амалга оширилади: 1)термик диссоциация; 2) наmunани буглатиш; 3)атом бугларининг локализацияси; 4) атом бугларини щосил қилиш.  
А) 1,2,3;  
Б) 2,1,4,3;  
С) 4,1,2,3;  
Д) 4,3,2,1
- 25 +айси методда нур манбаи сифатида разряд лампаси ишлатилади?  
А) Алангали-эмиссион спектроскопия ;  
Б) Атом-флуоресцент спектроскопия;  
С) Рентген-абсорбцион спектроскопия;  
Д) Атом-спектроскопияси.
26. Ёйсимон катод лампаси таркибига қўйидаги келтирилган қисмлардан қайси бири қиради? 1-лампа балони; 2-анод, 3-катод, 4-кварц окошкаси.  
А) 2,3;  
Б) 1,2,3, 4;  
С) 1,4;  
Д) 1,2,3.
27. Атом-эмиссион спектроскопияда наmunани киритиш усули:  
А) анализ қилинадиган эритмани алангага пуркалади ;  
Б) аниқланадиган моддани электрод бўшлиғига жойлаштирилади;  
С) анализ қилинадиган эритмани қиздирилган сиртга томизилади;  
Д) аниқланадиган моддани нур йўлига жойлаштирилади.
- 28.Спектрал методлар спектрни қайд қилиш усули бўйича қўйидагиларга бўлинади?  
А) Визуал ва фотографик;  
Б) фотоэлектрик ва фотографик;  
С) Визуал ва фотоэлектрик;  
Д) Визиуал, фотографик ва фотоэлектрик.
29. Спектрларни фотографик қайд қилиш учун қўлланиладиган асбоблар:  
А) спектрографлар;  
Б) стилоскоплар;  
С) стилометрлар;  
Д) квантометрлар.
30. Спектрларни визуал назорат қилиш усуллари:  
А) Спектроскоплар, стилосоплар;  
Б) Спектрографлар, спектроскоплар, стилоскоплар;  
С) Стилومترлар, спектрографлар, стилоскоплар;  
Д) Квантометрлар, спектроскоплар, спектрографлар.
31. Спектрнинг қайси соҳасида фотографик эмульсиянинг сезгирлиги максимал бўлади?  
А) Яқин ультрабинафша соҳада;  
Б) Яқин инфрақизил соҳада;  
С) Узок ультрабинафша соҳада;  
Д) Узок инфрақизил соҳада.
32. Фотографик эмульсиянинг спектрал сезгирлигини унинг таркибига қуйидагиларни киритиш билан оширилади;

- А) Органик реагентлар
- В) Органик буюқлар
- С) Катализаторлар
- Д) Норганик модалар

33. Фотографик методларда пластинкани спектрограммадан қуйдагилар ёрдамида фотометрланади;

- А) Денсиометр, микрофотометр;
- В) Микрофотометр
- С) Стилometr
- Д) Квантометр

34. Алангада қандай намуналарни анализ қилиш мумкин?

- А) эритмаларни:
- В) қотишмаларни:
- С) кукинсимон матераларни:
- Д) эритма ва кукинсимон матераларни.

35. Алангали фотометрда асосий қисимларини фарқлайдилар:

- 1.Спектрал чизиклар қўзғатиш системаси:
- 2.Спектрал чизикларни ажратиш сестемаси:
- 3. Қайд қилиш сестемаси:
- 4.Очилтириш сестемаси;
- 5. Пуркаш сестемаси:

- А.1,2,3.
- В)1,3,4.
- С)3,4.
- Д)2,3,4,5.

36. Спектрал чизикларнинг қўзғатиш системаси қуйдагилардан иборат 1.спектрал чизиклар қўзғатиш сестемаси 2. Спектрал чизикларни ажратиш системаси 3. қайд қилиш системаси 4. Очилтириш сестемаси 5. Пуркаш системаси.

- А) 1,2,3.
- В) 1,3,4.
- С)3,4,5,
- Д) 2,3,4,5.

37. Ютилиш спектридаги йўлаклар интенсивлиги қандай тавсифларга эга?
- А) интеграл ютилиши;
  - В) осциллятор кучи;
  - С) барча жавоблар тўғри
  - Д) Эйнштейн коэффиценти.
- 38.Қайд қилувчи система қуйидагиларни ўз ичига олади:
- А) Пуркагич камерасининг пуркагичи, аралаштиргич-отстойник, горелкалар, аланга.
  - В) Ёруғлик филтрлари ёки спектрал асбоблар:
  - С) Фотоэлементлар ёки фотокўпатгичлар, кўпайтиргич ва қайд қилувчи асбоблар:
  - Д) Пуркагич камера, гарелкалар, алангалар:
- 39.Асосий хосса ва аланга температурасини аниқловчи асосий омилларни келтиринг:
- А) ёнилғи аралашмаси таркиби
  - В) анализ қилинадиган эритма таркиби ва миқдори:
  - С) аэрозол генерацияси жароёни ва томчинг буғланиш қонунияти:
  - Д) барча жавоблар тўғри.
- 40.Спектрофотометрлар ёрдамида одатда қандай элементлар аниқланади ?
- А) ишқорий ва ишқорий металлари
  - В) оғир металллар:
  - С) металэмаслар
  - Д) лантаноидлар
41. Алангали фотометрия методи сезгирлиги нималарга боғлиқ?
- А) Анализда қўлланиладиган спектрал чизиқлар сезгирлигига
  - В) Спектрал чизиқлар интенсивлигига
  - С) Асбобнинг лойищасига ва нурланиш ва аланга температурасини қайд қилиш системасига
  - Д) Барча жавоблар тўғри.
42. Атом-абсорбцион анализ усули нечанчи йил ва ким томонидан анализ усули сифатида фанга олиб кирилган?
- А) 1954й., Шавлов, Таунс;
  - В) 1960 й. Мейман;
  - С) 1955 й. Уолш А;
  - Д) 1945й. Ф.Блах.

43. Нурни ютилиш миқдорини аниқлаш формуласини кўрсатинг.  
А)  $A\kappa\kappa l c\nu$ ;  
В)  $A\kappa\kappa l c$ ;  
С)  $A\kappa\kappa l/c$ ;  
Д)  $\kappa\kappa A/lc$ .
44. Атом-абсорбцион анализда текширилаётган намуна қандай агрегат ҳолатда бўлади?  
А) суюқ;  
В) газ-суюқ;  
С) газ;  
Д) қаттиқ.
45. Атом-абсорбцион анализда атомлаш манбаи нима ҳисобланади?  
А) электр ёйи;  
В) алаанга;  
С) алаанга ва электр ёйи;  
Д) электр учқуни.
46. Электротермик атомизаторда асосий ёйиш объекти нимадан иборат?  
А) графит;  
В) ацетилен;  
С) метан;  
Д) электр учқуни.
47. Электротермик атомизатор ҳарорат интервалини аниқланг.  
А)  $60-1800^{\circ}\text{C}$ ;  
В)  $500-3500^{\circ}\text{C}$ ;  
С)  $70-3200^{\circ}\text{C}$ ;  
Д)  $20-2700^{\circ}\text{C}$ .
48. Атом-абсорбцион анализда нурланиш манбаи сифатида қандай лампалар ишлатилади?  
А) юбка катодли;  
В) ғовак катодли;  
С) графитли;  
\*Д) ғовак катодли ва электродсиз разряд.
49. Ғовак катодли лампалар чиқарган нурнинг тўлқин узунликлари орасидаги интервал нечага тенг?  
А)  $0,01^{\circ}\text{A}$ ;  
В)  $0,04^{\circ}\text{A}$ ;  
С)  $0,1^{\circ}\text{A}$ ;  
Д)  $0,05^{\circ}\text{A}$ .
50. Ғовак катодли лампа нима билан тўлдирилган бўлади?  
А) азот билан;  
В) инерт газ билан;  
С) графит билан;  
Д)  $\text{CO}_2$  билан.

**70530101-Кимё(аналитики кимё) МУТАХАССИСЛИГИ МАГИСТРАНТЛАРИ  
УЧУН СПЕКТРОСКОПИК АНАЛИЗ МЕТОДЛАРИ ФАНИДАН АСОСИЙ  
АТАМАЛАР МАЗМУНИ (ГЛОССАРИЙ)**

**Инструментал анализ**-физик ва физик-кимёвий анализ методларини ўз ичига олган анализ.

**Реакциянинг сезгирлиги**-аниқланаётган модда ёки ионнинг энг кам миқдорини аниқлаш имконияти.

**Анализнинг экспресслиги**-анализнинг тез бажарилиш имконияти.

**Танлаб таъсир этувчанлик**-реагентнинг маълум сондаги моддалар ёки ионлар билангина реакцияга киришиши.

**Микрокристаллокопик анализ**-аниқладиган модда кристаллини микроскоп ёрдамида анализ қилиш.

**«Қуруқ усул»**-текшириладиган модда ва реактивлар қаттиқ ҳолатда олиниб, реакция қиздириш билан амалга ошириладиган усул.

**Аналитик реакция**-моддани маълум бир характерли бирикмага айлантиришда содир бўладиган кимёвий ўзгариш.

**Реагент**-кимёвий реакцияга сабаб бўлган модда.

**Реакциянинг сезгирлиги**-айни реакциянинг олиб бориладиган лигини кўрсатадиган аниқладиган модда ёки ионнинг минимал миқдори.

**Топилиш минимуми**-модда ёки ионнинг муайян шарт шароитларда ўтказилганда топилиши мумкин бўлган энг кам миқдори.

**Специфик реакциялар**-ўзига хос реакциялар, яъни айна ион ёки молекула учун хос реакциялар.

**Аналитик концентрация**-бу эритилган модданинг умумий концентрацияси (C).

**Мувозанат концентрация**-бу эритилган модда маълум шаклининг концентрацияси [ ].

**Электростатик кучлар**-бу зарядланган зарралар, яъни ионлар орасидаги ўзаро таъсир кучлари.

**Кимёвий мувозанат**-тўғри ва тескари реакциялар тезликларининг тенглиги ҳолати.

**Моляр қисм (γ)**-айни бир форма концентрацияси берилган элементнинг эритмадаги ҳамма формалари концентрациялари йиғиндисининг қанча қисмини ташкил этишини билдирувчи катталиқ.

**Ионофорлар**-кристалл панжараси алоҳида ионлардан тузилган электролитлар.

**Ионогенлар**-кристалл панжаранинг бўғинларида кутбли молекулалар бўлган электролитлар.

**Кислота ёки диспротид**-протон берувчи зарра (протолитик назария бўйича).

**Асос ёки эмпротид**-протонлар акцептори, яъни протон оловчи зарра (протолитик назария бўйича).

**Амфипротлар**-протон оловчи ва берувчи зарралар (протолитик назария бўйича).

**Материал баланси тенгламаси**-берилган элемент ёки гуруҳнинг ҳамма шакллари концентрациялари йиғиндиси, шу элемент ёки гуруҳининг дастлабки концентрациясига тенгличидир.

**Эритманинг электронейтраллиги тенгламаси**-бу ҳамма катионлар грамм-эквивалентлари йиғиндисининг ҳамма анионлар грамм-эквивалентлари йиғиндисига тенглиги.

**Буфер эритмалар**-бу классик назария бўйича кучсиз кислота ва унинг бир исмли тузи ёки кучсиз асос ёки унинг бир исмли тузи эритмалари, ёки кўп протонли кислота тузлари аралашмасидир.

**Буфер сиғими**-1 л буфер эритманинг рН и кўпи билан бир бирликка ўзгариши учун унга қўшиш мумкин бўлган муайян концентрацияли (моль/л) кучли кислота ёки ишқорнинг максимал миқдори.

**Комплекс бирикма**-комплекс ҳосил қилувчи мусбат ионнинг манфий ионлар ёки нейтрал молекулалар билан координатлашуvidан ҳосил бўлган бирикма.

**Адденд ёки лиганд-комплекс** ҳосил қилувчи мусбат ион билан боғланадиган манфий ион ёки нейтрал молекула.

**Координацион сон**-лигандларнинг комплекс бирикма ички сферасидаги мусбат ион билан боғланишлар сони.

**Монодентантлар**-марказий атом билан битта боғ ҳосил қиладиган лигандлар.

**Полидентант лигандлар**-марказий атом билан икки ва ундан ортиқ боғ ҳосил қиладиган лигандлар.

**Хелат ёки ички комплекс бирикмалар**-полидентант лигандлар билан ҳосил қилинган комплекс бирикмалар.

**Беқарорлик константаси**-комплекснинг ионларга ажралиш (парчаланиш) константаси.

**Барқарорлик константаси**-беқарорлик константасига тескари бўлган катталиқ.

**Термодинамик барқарорлик константаси**-модданинг табиати ва ҳароратга боғлиқ бўлган ҳосил бўлиш мувозанат константаси.

**Ҳосил бўлиш функцияси**-лиганднинг комплексга боғланган қисми концентрациясининг металл иони умумий концентрациясига нисбати.

**Органик реагент**-таркибида металл иони билан комплекс ҳосил қилувчи битта ёки бир неча функционал гуруҳ тутган органик бирикма.

**Хелат эффекти**-полидентант лиганднинг металл иони билан бир ёки бир неча ҳалқали комплекс бирикма ҳосил қилиши. Бунда комплекс бирикманинг барқарорлиги ҳалқалар сони ортиши билан ортади.

**Лиганднинг дентантлилиги**-органик реагентнинг металл иони билан ҳосил қилган боғларнинг умумий сони.

**Нейтрал хелатлар**-ташқи сфераси бўлмаган комплекс бирикмалар.

**Аналогия назарияси**-бу айрим тур органик реагентлар таъсири билан сув, аммиак,  $\text{H}_2\text{S}$  каби аноорганик бирикмалар таъсирида ўхшашликнинг кузатилиши.

**Оксидловчи**-электрон қабул қиладиган заррача.

**Қайтарувчи**-электрон берадиган заррача.

**Электр юритувчи куч (Э.Ю.К.)**-берилган қайтарувчи электронларининг берилган оксидловчига ўта олиш қобилияти.

**Электрод потенциали**-берилган электрод ва стандарт водороддан тузилган элементнинг электр юритувчи кучи.

**Гальваник элемент**-ҳар бир ярим реакциянинг компонентларини алоҳида идишларга жойлаштириб, туз кўприги билан туташтирилган, ҳар бир идишдаги эритмага инерт электродлар туширилган система.

**Формал потенциал**-реакцияларда иштирок этган барча зарралар концентрацияси 1 моль/л бўлган системани характерлайди.

**Редокс система**-оксидланиш-қайтарилиш системаси.

**Стандарт потенциал**-ярим реакциянинг ҳамма иштирокчилари стандарт ҳолатда бўлган (активликлари 1 га тенг бўлганда), яъни эритилган моддалар гипотетик 1 моляр бўлгандаги системанинг потенциали.

**Ярим элемент**-берилган модданинг оксидланган ва қайтарилган шакллари системаси.

**Редокс жуфт**-оксидланиш-қайтарилиш жуфти.

**Эрувчанлик кўпайтмаси**-қийин эрувчан электролитнинг тўйинган эритмасидаги ионлар активлигининг кўпайтмаси ўзгармас ҳароратда доимий микдордир.

**Термодинамик эрувчанлик кўпайтмаси**-ўзгармас ҳароратда қийин эрувчан электролитнинг тўйинган эритмасидаги ионлар активлигининг кўпайтмаси.

**Концентрацион эрувчанлик кўпайтмаси**-ўзгармас ҳароратда қийин эрувчан бирикма ҳосил қилувчи ионлар мувозанат концентрациялари кўпайтмаси.

**Гетероген система**-икки ва ундан ортиқ жинсли система.

**Фаза**-гетероген системанинг бир-биридан чегара сиртлар билан ажралган айрим қисмлари.

**Экспресс анализ**-тез бажарилиши керак бўлган анализ

**Визуал метод**-асбоблардан фойдаланмай кўз билан кўриб натижа олиш

**Гравиметрик анализ**-анализланувчи моддани тарозида тортиб, унинг массасини аниқлаш

**Абсолют хато**-аниқланаётган модданинг ҳақиқий қиймати билан анализда олинган натижанинг фарқи.

**Нисбий хато**-абсолют хатонинг қийматини аниқланаётган модданинг ҳақиқий қийматига нисбати.

**Тортим**-анализ учун тарозида аниқ тортиб олинган намунанинг миқдори.

**Сууюклантириш**-анализга олинган модда кислота ёки асосларда эримаса баъзи қуруқ тузлар ёрдамида қиздириб, эрийдиган ҳолда келтирилиши.

**Кристалл чўкма**-аниқ шаклга эга бўлган модданинг агрегат ҳолати

**Аморф чўкма**-аниқ шаклга эга бўлмаган модданинг агрегат ҳолати

**Чўктириш шакли**-чўкмани чўктирилган шакли

**Тортиш шакли**-чўкмани тарозида тортиладиган шакли

**Агрегатланиш тезлиги**-модда чўктириляётганда заррачаларнинг бетартиб ҳолда чўкмага тушиш тезлиги.

**Ориентация тезлиги**-чўкмага тушган заррачаларнинг тартиб билан жойлашиш тезлиги.

**Биргалашиб чўкиш**-бир модда чўкаётган вақтда эритмада қолиши керак бўлган бегона ионнинг механик равишда қўшилиб чўкиши.

**Адсорбция**-бегона ионларнинг чўкманинг сатҳига жойлашиб олиши, чўкманинг ифлосланиши.

**Окклюзия**-чўкманинг тушиш жараёнида ва етиляётганида кристалл панжара орасидаги бўшлиқларга бегона ионларнинг кириб қолиши.

**Изоморфизм**-кимёвий формуласи ўхшаш бўлиб, бир хил геометрик шаклда кристалланувчи ва радиуслари бир-бирига яқин бўлган ионларда бирининг ўрнини иккинчиси эгаллаб олиши.

**Фиксанал** - Каттик ёки эритма ҳолидаги, аниқ ўлчанган , ампулага солиб кавшарлаб қўйилган реактив. Ундан турли концентрациядаги стандарт эритмалар тайёрланади.

**Стандарт эритма** -концентрацияси аниқ бўлган эритма.

**Аликвот қисм** -анализ учун аниқ ўлчаб олинган эритманинг ҳажми.

**Титрлаш**-концентрацияси аниқ бўлган эритмани иккинчи эритмага бюретка ёрдамида аста-секин қўшиб бориш жараёни.

**Эквивалент** - кислота асосли титрлашда бир водород иони билан бирикадиган ёки реакция давомида у билан ўрин алмашадиган шартли заррача миқдори. Оксидланиш-қайтарилиш реакцияларида эса, бир электрон бириктириб олувчи ёки уни чиқарувчи шартли заррача миқдори.

**Грамм-эквивалент**-эквивалентга тенг бўлган граммлар сони.

**Титр**-1мл эритмада эриган модданинг грамм миқдори.

**Хромофор**-индикатор таркибида мавжуд бўлган ва ранг ҳосил қилувчи аналитик гуруҳлар.

**Ауксохром**-таркибида хромофор гуруҳи бўлган органик бирикмаларга рангни янада қуюқлаштирувчи гуруҳлар (-OH, -NH<sub>2</sub>, -NHR, -NR<sub>2</sub>).

**Титрлаш эгриси**-титрлаш вақтида эритманинг рНини ўзгариб боришининг график ифодаси.

**Титрлаш сакрамаси**-титрлаш эгрисининг кескин ўзгариш соҳаси.

**Комплексон**-Титриметрик анализда кўп ишлатиладиган аминополикарбон кислоталарнинг ҳосилалари.

**Комплексон III**-этилендиаминтетраацетат кислотасининг динарийли тузи. Трилон-Б деб ҳам аталади.

**Аргентометрия, меркурометрия, роданометрия-Титрлаб** чўктириш методларининг номлари.

**Флуоресцеин, Эозин, Дифенилкарбазон-титрлаб** чўктириш методларида ишлатиладиган индикаторлар.