

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ  
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ  
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ  
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“ТАСДИҚЛАЙМАН”**

ТКТИ ўқув ишлари бўйича  
проректор доц. Муталов Ш.А.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2015 йил

**“Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг  
замонавий усуллари” модули бўйича**

**ЎҚУВ УСЛУБИЙ МАЖМУА**

Қайта тайёрлаш ва малака  
ошириш йўналиши:

Кимёвий технология (ноорганик  
маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳалари  
бўйича)

Қайта тайёрлаш ва малака  
ошириш мутахассислиги:

Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқариш  
технологиялари (ишлаб чиқариш соҳалари  
бўйича)

Тингловчилар контингенти:

Олий таълим муассасаларининг профессор-  
ўқитувчилари

Қайта тайёрлаш ва малака  
ошириш курси муддати

8 ҳафта (288 соат)

Техника олий таълим муассасалари таълим йўналишлари ва мутахассисликларининг умумқасбий ва махсус фанлари профессор-ўқитувчилари учун тузилган қайта тайёрлаш ва малака ошириш курсининг “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг замонавий технологиялари” модули маърузалар матни кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини кимёвий ва минералогик таркиби, ҳамда структурасини ўрганишда қўлланиладиган замонавий таҳлил усулларининг назарий асослари, кимё саноати маҳсулотларининг сифатини уларнинг таркиби орқали назорат қилиш, замонавий физик-кимёвий таҳлил усулларидаги асбоб ускуналар билан ишлашнинг ўзига хос хусусиятларига оид билим, кўникма ва малакаларини янгилаб боришга қаратилган.

**Тузувчилар:** **З.А.Бабаханова** - Тошкент кимё технология институти, “Силикат материаллар, нодир ва камёб металллар технологияси” кафедраси доценти, т.ф.н.;  
**З.Ч.Кадирова** - “Силикат материаллар, нодир ва камёб металллар технологияси” кафедраси доценти, к.ф.н.

**Такризчилар:** **А.М.Реймов** - ЎзРФА “Умумий ва ноорганик кимё” институти директор муовини т.ф.д.  
**М.Ю.Юнусов** - Тошкент кимё-технология институти илмий котиби т.ф.д. профессор.

Маъруза матни Тошкент кимё-технология институти илмий кенгашида тавсия қилинган (20\_\_ йил “\_\_” “\_\_” “\_\_” -сонли баённома).

## МУНДАРИЖА

ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ.....	4
МАЪРУЗА МАТНИ .....	12
1- мавзу. Материалларни тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлилни илмий аҳамияти. Материаллар структурасини ўрганишда замонавий микроскопик, комплекс электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал таҳлили (микрозонд таҳлили) имкониятлари. ....	12
2-мавзу. Инфрақизил спектроскопик таҳлил, замонавий жихозлари. ....	29
3-мавзу. Рентгенографик таҳлил, физикавий асоси. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар.....	39
4-мавзу. Термик таҳлил, дифференциал термик таҳлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик таҳлил усуллари. ....	47
ГЛОССАРИЙ .....	65
Фойдаланилган адабиётлар .....	66

## ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

### Дастурнинг асосий мақсади ва вазифалари:

Кимёвий технология (ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳалари бўйича) қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологиялари” мутахассислиги ўқув режасида махсус фанлар блокига киритилган “Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фани ўқув дастурининг *мақсади* – кимё саноати маҳсулотларини физик кимёвий таҳлил қилиш усуллари, материалларда керакли структура ва хоссаларни таъминлашда замонавий физик кимёвий усулларни ўрни ва моҳияти, асосий асбоб ускуналари тўғрисида назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш, касбий компетентликни ривожлантириш асосида таълим-тарбия жараёнларини самарали ташкил этиш ва бошқариш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

“Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фанининг *вазифаси* - замонавий физик кимёвий таҳлил усуллари ва амалий принциплари, кимёвий технологияда хом ашё ва маҳсулотларнинг кимёвий ва минералогик таркибини, структура тузилишларини, ҳарорат таъсирида намоён бўладиган жараёнларни аниқловчи микроскоп, рентген, электрон микроскоп, ИК-спектрометр, дериватограф каби жихозларни яратилиш тарихи ва ривожининг тенденцияси, замонавий физик кимёвий таҳлил усулларида ишлатиладиган аппаратура ва жихозларининг таснифи, тузилиши, ҳудудий муаммоларнинг кимё маҳсулотлар ишлаб чиқаришга таъсирини билиши даркор ва улардан самарали фойдаланиш усуллари ўрганишга йўналтиришдан иборат.

### Курс якунида тингловчиларнинг билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар:

“Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фани бўйича тингловчилар қуйидаги янги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларга эга бўлишлари талаб этилади:

#### *Тингловчи:*

- кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлил усуллари назарий асосларини ва қўлланилиш имкониятларини;
- микроскопик таҳлилнинг назарий асосларини;
- инфрақизил спектроскопик таҳлилнинг физикавий асосларини;

- термик таҳлилнинг назарий асосларини;
- рентгенографик таҳлилнинг физикавий асосларини *билиши* керак.

**Тингловчи:**

- кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлили босқичларини режалаштириш ва бажариш;
- кимё маҳсулотларини таркиби ва структурасини ўрганишда қўлланиладиган физик-кимёвий таҳлил усулларидан самарали фойдалана олиш;
- кристаллоптик, иммерсия ва металграфик таҳлил усулларидан фойдалана олиш;
- электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал (микрозонд таҳлил) усулларидан фойдалана олиш;
- инфрақизил спектроскопик таҳлил, моддаларнинг инфрақизил спектрлари билан модда таркибидаги комплекс группа ва радикаллар тузилиши орасидаги назарий боғлиқликни аниқлаш;
- рентгенографик таҳлил асосида текшириш усуллари ва рентгенографияда қўлланиладиган асосий ускуналардан фойдалана олиш;
- термик ва спектрал таҳлил усулларидан самарали фойдалана олиш *кўникмаларига* эга бўлиши лозим.

**Тингловчи:**

- кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотлари физик-кимёвий таҳлилининг усулларини танлаш ва иқтисодий жихатдан таърифлаш;
- кристалл моддаларни рентген-фазавий таҳлил қилиш ва кристалл панжарадаги текисликлараро масофани ҳисоблаш;
- аморф моддаларни ўрганишда инфрақизил таҳлилни бажариш, сифат (молекуляр, структура-гурухланиш) ва миқдорий таҳлилда инфрақизил спектрларни олиш ва ечиш;
- синтез қилинган кимё маҳсулотларини замонавий физик-кимёвий таҳлил қилиш ва натижаларни ўзлаштириш
- фан мавзуларни ўқитишнинг дидактик таъминотини яратиш ишларини олиб бориш *малакаларига* эга бўлиши зарур.

**Тингловчи:**

- технологик ишлаб чиқаришни режалаштириш ва ташкиллаштиришни;
- технологик жараёнлар ўтказилиши учун оптимал омиллар танлашни;
- ноорганик моддалар ишлаб чиқариш корхоналарида комплекс масалаларни ечиш;

- мутахассисликка мос янги илмий натижалар, илмий адабиётлар ёки илмий-тадқиқот лойиҳаларини таҳлил қилиш;
- ноорганик моддалар ишлаб чиқариш жараёнларидаги мавжуд долзарб амалий масалаларини ечиш учун янги технологияларни қўллаш;
- намунавий методикалар ва бошқалар бўйича экспериментал тадқиқотларни ўтказиш ва уларнинг натижаларига ишлов бериш;
- ноорганик моддалар, силикат материаллар, камёб ва нодир металллар хоссаларини аниқлаш ва йўналтирилган ҳолда бошқариш, хусусиятларининг сифатини назорат қилиш усулларини ишлаб чиқиш ва амалда қўллаш *компетенцияларига эга бўлиши лозим.*

### **Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фани қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологиялари” мутахассислиги бўйича киритилган “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг замонавий технологиялари” ва “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқаришдаги замонавий жиҳозлар ва ускуналар” билан узлуксиз боғлиқ бўлиб, ушбу фанларни ўзлаштиришда амалий ёрдам беради. “Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фанини тўлиқ ўзлаштиришда ва амалий вазифаларни бажаришда “Таълимда мультимедиа тизимлари ва масофавий ўқитиш методлари”, “Электрон педагогика асослари ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини лойиҳалаш”, ҳамда “Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари” фанлари ёрдам беради.

### **Фаннинг Олий таълимдаги ўрни**

“Ноорганик маҳсулотларни физик-кимёвий таҳлил қилишнинг замонавий усуллари” фани қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Ноорганик маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологиялари” мутахассислиги бўйича махсус фанлардан дарс берувчи профессор ўқитувчилар учун муҳим ўринни эгаллайди. Ушбу фан Олий таълим муассасаларида талаба ва педагоглар томонидан ўқув-илмий ишларини олиб бориш учун асосий назарий ва амалий билимларни беради.

## Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Мавзу	Назарий	Амалий	Кўчма машғулот	Тажриба алмашиш	Мустақил
<b>1</b>	Материалларни тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлилни илмий аҳамияти. Материаллар структурасини ўрганишда замонавий микроскопик, комплекс электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал таҳлили (микрозонд таҳлили) имкониятлари.	<b>2</b>	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>
<b>2</b>	Инфрақизил спектроскопик таҳлил, замонавий жихозлари.	<b>2</b>	<b>4</b>	-	-	
<b>3</b>	Рентгенографик таҳлил, физикавий асоси. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар.	<b>2</b>	<b>4</b>			
<b>4</b>	Термик таҳлил, дифференциал термик таҳлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик таҳлил усуллари.	<b>2</b>				
	<b>Жами</b>	<b>8</b>	<b>10</b>		-	<b>2</b>

### Маъруза машғулотларининг мазмуни

#### *1 –мавзу. Материалларни тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлилни илмий аҳамияти.*

Материалларни тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлилни илмий аҳамияти. Материаллар структурасини ўрганишда замонавий микроскопик, комплекс электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал таҳлили (микрозонд таҳлили) имкониятлари.

#### *2 – мавзу. Инфрақизил спектроскопик таҳлил, замонавий жихозлари.*

Инфрақизил спектроскопик таҳлил, физикавий асоси. Моддаларнинг инфрақизил спектрлари. Инфрақизил нурларни ютиш ва қайтариш спектрлари билан модда таркибидаги комплекс группа ва радикаллар тузилиши орасидаги назарий боғлиқлик. Усулнинг амалиётда кулланиши имкониятлари. Усулнинг афзаллиги ва камчилиги. Спектр аппаратлари-асбоблари, конструкциялари.

**3- мавзу. Рентгенографик таҳлил, физикавий асоси. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар.**

Рентгенографик таҳлил, физикавий асоси. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар. Сифат рентген фазавий таҳлил, кристалл панжарадаги текисликлараро масофани ҳисоблаш.

**4-мавзу. Термик таҳлил, дифференциал термик таҳлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик таҳлил усуллари.**

Термик таҳлил. Дифференциал термик таҳлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик таҳлил усуллари. Термография усулининг назарий таҳлили. Термография усулининг физик асослари- қайтар ва қайтмас жараёнлар. Эндотермик ва экзотермик эффектлар ва уларнинг моҳияти. Усулдан амалий фойдаланиш имкониятлари. Усулнинг афзаллиги ва камчилиги.

**Амалий машғулотлар мавзулари**

Амалий машғулотларда тингловчилар ўқув модуллари доирасидаги ижодий топшириқлар, кейслар, ўқув лойиҳалари, технологик жараёнлар билан боғлиқ вазиятли масалалар асосида амалий ишларни бажарадилар.

Амалий машғулотлар замонавий таълим услублари ва инновацион технологияларга асосланган ҳолда ўтказилади. Бундан ташқари, мустақил ҳолда ўқув ва илмий адабиётлардан, электрон ресурслардан, тарқатма материаллардан фойдаланиш тавсия этилади.

**1 –мавзу. Материаллар структурасини ўрганишда замонавий микроскопик, комплекс электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал микрозонд таҳлили.**

Кимё маҳсулотлари ва табиий минераллардаги кристаллларнинг ўлчамлари ва габитусини ўрганиш. Кимё маҳсулотлари ва табиий минераллар структураси ва кимёвий таркибини замонавий комплекс рентген-спектрал микрозонд таҳлили усули ёрдамида ўрганиш.

**2 –мавзу. Кимё маҳсулотларини инфрақизил спектроскопик таҳлили, моддаларнинг инфрақизил спектрлари.**

Моддаларнинг инфрақизил нурларни ютиш ва қайтариш спектрларини ўрганиш, ютиш ва қайтариш спектрлари билан модда таркибидаги комплекс группа ва радикаллар тузилиши орасидаги назарий боғлиқликни ўрганиш.



### **3 –мавзу. Рентген аппаратларининг тузилиши, асосий қисмлари ва уларнинг вазифалари. Берилган намунанинг рентгенографик тахлил асосида минералогик таркибини аниқлаш.**

Кимё маҳсулотларини рентгенографик тахлил қилиш, ДРОН-4 рентген аппаратининг тузилиши, асосий қисмлари ва уларнинг вазифалари. Берилган намунанинг рентгенографик тахлил асосида фазавий таркибини аниқлаш.

#### **Мустақил иш мазмуни**

##### **Мустақил таълимни ташкил этишининг шакли ва мазмуни**

Мустақил таълим тегишли ўқув модули бўйича ишлаб чиқилган топшириқлар асосида ташкил этилади ва унинг натижасида тингловчилар битирув иши (лойиҳа иши) ни тайёрлайди.

Битирув иши (лойиҳа иши) доирасида ҳар бир тингловчи ўзи дарс бераётган фани бўйича электрон ўқув модулларининг тақдимотини тайёрлайди.

Электрон ўқув модулларининг тақдимоти қуйидаги таркибий қисмлардан иборат бўлади:

Силлабус;

Кейслар банки;

Мавзулар бўйича тақдимотлар;

Бошқа материаллар (фанни ўзлаштиришга ёрдам берувчи қўшимча материаллар: электрон таълим ресурслари, маъруза матни, глоссарий, тест, кроссворд ва бошқ.)

Электрон ўқув модулларини тайёрлашда қуйидагиларга алоҳида эътибор берилади:

- тавсия қилинган адабиётларни ўрганиш ва тахлил этиш;
- соҳа тараққиётининг устивор йўналишлари ва вазифаларини ёритиш;
- мутахассислик фанларидаги инновациялардан ҳамда илғор хорижий тажрибалардан фойдаланиш.

Шунингдек, мустақил таълим жараёнида тингловчи касбий фаолияти натижаларини ва талабалар учун яратилган ўқув-методик ресурсларини “Электрон портфолио” тизимига киритиб бориши лозим.

#### **Тавсия этилаётган малакавий иш мавзулари:**

1. Ноорганик моддалар структурасини ва таркибини ўрганишда замонавий физик кимёвий тахлил қилиш усуллари.
2. Кимё маҳсулотлари ва кимёвий ишлаб чиқаришдаги хом ашёларни замонавий термик тахлил қилиш усуллари.
3. Кимё маҳсулотларини замонавий комплекс рентген спектрал тахлил қилиш усули, унинг афзалликлари ва камчиликлари, усул аппаратлари.

4. Кимё маҳсулотларини замонавий комплекс рентген-флуоресцент таҳлил қилиш усули.
5. Кимё маҳсулотларини замонавий сканерли микрозонд таҳлил қилиш усули.
6. Кимё саноати маҳсулотларини ўрганишда рентген таҳлил усулларидан фойдаланиш имкониятлари.
7. Материалларнинг инфрақизил спектрлари.
8. Кимё ва фармацевтика маҳсулотларини таҳлил қилишда замонавий инфрақизил спектроскопия усулини қўллаш.
9. Кристалл материаллар структурасини ўрганишда рентген таҳлилнинг ўрни ва ахамияти.
10. Рентген таҳлилнинг тарихи ва ривожланиш тенденциялари.
11. Ноорганик моддаларни ўрганишда магнит физик кимёвий таҳлил қилиш усуллари.
12. Кимё саноати маҳсулотларини ўрганишда спектрал таҳлил усулларидан фойдаланиш имкониятлари.

### **Дастурнинг ахборот-методик таъминоти**

Модуллари ўқитиш жараёнида ишлаб чиқилган ўқув-методик материаллар, тегишли соҳа бўйича илмий журналлар, Интернет ресурслари, мультимедиа маҳсулотлари ва бошқа электрон ва қоғоз вариантдаги манбаалардан фойдаланилади.

### **Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати**

#### **Асосий адабиётлар**

1. Каримов И.А. Асосий вазифамиз – ватанамиз тарраққиёти ва халқимиз фаровонлигини янада юксалтиришдир. Тошкент. 2010 йил.
2. Каримов И.А. “Мамлакатни модернизация қилиш ва кучли фуқоралик жамиятини барпо этиш –устувор мақсадимиздир. Тошкент. 2010 йил.
3. Исматов А.А. Силикат ва қийин эрийдиган нометалл материаллар физик-кимёвий таҳлилнинг замонавий усуллари. Тошкент: Фан ва технология, 2006. -272 бет.
4. Отақузиёв Т.А., Исматуллаев П.Р., Азизов Т.А. Аноорганик моддалар физик-кимёвий таҳлилининг замонавий усуллари. Тошкент: Тошкент кимё-технология институти, 2002.- 111 б.
5. Булах А. Общая минералогия. Санкт-Петербург: Университет, 2002.- 356 с.
6. Вегман Е.Ф., Руфанов Ю.Г., Федорченко И.Н. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография. – М.: Металлургия, 1990.– 262 с.
7. Минералогический справочник технолога – обогатителя. –Л.: Недра, 1985.-264с.

8. Зинюк Р.Ю., Балыков А.Г., Гавриленко И.В. ИК спектроскопия в неорганической технологии. –Л.: Химия, 1983.
9. Егунов В.П. Введение в термический анализ.- Самара, Самара ГУ, 1996. -270 с.
10. Васильев Е.К., Нахмансон М.М. Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск: Наука, 1986.
11. Кузяков Ю.Я., Семенов К.А., Зо-ров Н.Б., Методы спектрального анализа, М., 1990.

### Қўшимча

1. Михеев В.И., Сальдау Э.П. Рентгенофизический определитель минералов [Т.П]. – Л.: Недра, 1965.-364с.
2. Хамрабаев И.К., Раджабов Ф.Ш. Петрография асослари. Тош.: Ўқитувчи, 1984.- 184 б.
3. Азимов Ш.Ю., Тожиев Ф.Х. Анорганик моддаларнинг физик-химёвий анализи. Тошкент: Ўқитувчи, 1977.- 132 б.
4. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. Москва: Высшая школа, 1981.- 281 с.
5. Authier - Volume D. Physical properties of crystals / Отье А. - Том. D. Физические свойства кристаллов - 2003 г. (Kluwer Academic Publishers, 1е издание, 527 с., ISBN 1-4020-0714-0)
6. Sydney Hall, Brian McMahon - Volume G. Definition and exchange of crystallographic data / Сидни Холл, Брайан МакМэхон - Том G. Определение и обмен кристаллографическими данными - 2005 г. (Springer, 1е издание, 598 с., ISBN 0-4020-3138-6).
7. Hammond C. The Basics of Crystallography and Diffraction Oxford university press, 2009, 3ed edition.
8. [Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of Materials](#)Springler. 2005. 713 p.
9. [Hahn Th. \(ed.\) International tables for crystallography. Vol. A. Space-group symmetry](#) 5th rev. ed. – Springer, 2005. – 911 p.

## МАЪРУЗА МАТНИ

**1- мавзу. Материалларни тадқиқ қилишда физик-кимёвий таҳлилнинг илмий аҳамияти. Материаллар структурасини ўрганишда замонавий микроскопик, комплекс электрон микроскопик, рентген микроскопия ва рентген-спектрал таҳлили (микрозонд таҳлили) имкониятлари.**

### Режа:

1. Кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини тадқиқ қилишда микроскопик, инфрақизил спектроскопик, рентгенографик ва термик усулларнинг турлари. Физик- кимёвий, физикавий-механикавий ва термик жараёнларни ўрганишда бошқа усуллар.

2. Микроскопик таҳлилнинг назарий асослари. Микроскопик таҳлил қурилмалари. Микроскопик усулдан фойдаланишнинг амалий имкониятлари. Усулнинг афзаллиги ва камчиликлари.

*Таянч сўз ва иборалар: кимёвий технология, тегиши усуллари, физикавий, кимёвий таркиб, физик-кимёвий, фотокалориметрик, глинозем миқдорини аниқлаш, кремнезем миқдорини аниқлаш, микроскопия, оптика, кристаллооптика, кристаллооптик таҳлил, металлографик таҳлил, нур синдириши кўрсаткичи, симметрия, чўзиқ кристалларнинг сўниши, узайиш белгиси, оптик белги, габитус, қўшалокликлар, минерал ранги.*

### Блиц суров саволлари

№	Саволлар	Жавоблар
1	Физик-кимёвий таҳлил деганда нимани тушунсиз?	
2	Физик-кимёвий таҳлил таърифини келтиринг ва унинг технологик жараёнларни бошқаришдаги ролини ёритиб беринг.	
3	Физик-кимёвий таҳлилининг қандай асосий усуллари бор?	
4	Физик-механикавий, термик ва бошқа жараёнларни ўрганишда қўлланиладиган яна қандай усулларни биласиз?	
5	Нима учун илмий-тадқиқотлар олиб боришда бир нечта усулнинг бир вақтида қўлланилиши зарур?	

## **1. Кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини тадқиқ қилишда микроскопик, инфрақизил спектроскопик, рентгенографик ва термик усулларнинг турлари. Физик- кимёвий, физикавий-механикавий ва термик жараёнларни ўрганишда бошқа усуллар.**

Кимёвий технология йўналиши фанларидан дарс берувчи педагоглар малакасини ошириш курсининг ўқув режаси мутахассислик бўйича тайёргарлик фанлари блокига киритилган “Кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини замонавий таҳлил этиш усуллари” фани ўқув дастурининг *мақсади* – кимё саноати маҳсулотларини физик кимёвий таҳлил қилиш усуллари, материалларда керакли структура ва хоссаларни таъминлашда замонавий физик кимёвий усулларни ўрни ва моҳияти, асосий асбоб ускуналари тўғрисида назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш, касбий компетентликни ривожлантириш асосида таълим-тарбия жараёнларини самарали ташкил этиш ва бошқариш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

Ушбу дастур кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини физик кимёвий таҳлил қилиш усуллари, усулда ишлатиладиган аппаратуралар ва жихозларининг таснифи, тузилиши, хом ашёнинг кимёвий ва минералогик таркиби, структура тузилишлари, термик эффектларни аниқловчи жихозлар - микроскоп, рентген, электрон микроскоп, ИК-спекрометр каби жихозларини яратилиш тарихи ва ривожининг тенденцияси, истикболи ҳамда республикамиздаги ижтимоий - иқтисодий ислохотлар натижалари ва ҳудудий муаммоларнинг кимёвий технология жараёнидаги кимё маҳсулотларини ишлаб чиқариш соҳасида ишлаб чиқариладиган буюмларнинг истикболига таъсири масалаларини қамрайди.

### **1. Физик-кимёвий таҳлилнинг таърифи. Физик-кимёвий таҳлилнинг усуллари.**

Физик-кимёвий таҳлил бу - тайёр маҳсулот олиш учун ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланиладиган усул ва методлар (хом ашё, материал ёки ярим фабрикатларга ишлов бериш, аралаштириш, қолиплаш, қуриштириш, куйдириш каби жараёнлар орқали уларнинг ҳолати, шакли ва хусусиятини ГОСТ, ТУ каби техник шароитлар талаблари бўйича ўзгартириш) мажмуини тўла таъминловчи ва шу билан бирга технологик жараёнларнинг турли босқичларидаги назоратни ҳам ўз ичига олган кимёвий, физик-кимёвий ва физикавий омиллар йиғиндиси.

Физик-кимёвий таҳлилда шу кунга қадар инсониятга маълум бўлган барча асосий анализ методлари группасидан, масалан, кимёвий (вазн, ҳажм, колориметрик, газ ҳажмий ва бошқа), физик-кимёвий (электровазний, потенциометрик, амперометрик, полярографик, фотоколориметрик, хроматографик ва бошқа) ва физикавий (рентгеноспектрал, аланга фотометрияси, масса спектроскопик, лю-минесцент, активацион, магнит каби) анализ методларидан фойдаланилади.

Физик-кимёвий таҳлил кейинги вақтларда фан ва техниканинг турли соҳаларида кимёвий бирикма, минерал, тупроқ, қурилиш материаллари, керамика, шиша ва ситалл ҳамда боғловчи материаллар хом ашёлари, органик ва ноорганик ишлаб чиқариш маҳсулотларини текширишда кенг қўлланмоқда. Айниқса саноатда технологик жараёнлар назорати ва материаллар анализида у жуда ҳам қўл келмоқда.

Кимё саноатида маҳсулотлар, табиий ва сунъий минераллар ҳамда кимёвий бирикмаларнинг структуралари, фазовий таркиблари, микротузилиши, иссиқлик таъсирида структураларини ўзгартиришлари физик-кимёвий текширишлар орқали аниқланади. Кимёвий ишлаб чиқаришда олинган барча маҳсулот тури, масалан цемент кукуни, керамика буюми, шиша ва турли турдаги электрон материллари (цемент, шифер, гипс, оҳак, ғишг, оловбардош буюм, самарадор ғишг, кошин, қувур, дераза ойна, шишакристалл, диэлектрик, ўтказгич ва бошқалар) нинг структура ва хоссалари ҳам физик-кимёвий усулда текшириш орқали амалга оширилади.

Текширилаётган модда ёки минерални чуқур таҳлил этишда фақат бир ёки икки параметр маълумотлари бўйича чекланиб қолмасдан, балки уни комплекс равишда таҳлил этиш лозим. Олинган натижалар бир-бирини тўлдириб, текширилаётган объект ҳақида тўлиқ бир хулоса чиқаришга имкон беради. Илмий таҳлилни саноатда қўллаш орқали ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифати яхшиланади ва таннархининг арзонлашишига эришилади.

**Физик-кимёвий таҳлилнинг асосий усуллари.** Кимёвий модда, камёб, нодир ва тарқоқ металллар, силикатлар ва қийин эрийдиган нометалл материаллар, минерал ўғитлар, органик синтез маҳсулотлари, полимер ва пластмасса, композицион бирикмалар, табиий тоғ жинслари ва уларга ўхшаш сунъий маҳсулотлар жуда хилма-хил ва мураккаб. Шунинг учун уларнинг хусусиятлари ва таркиблари ҳам турличадир. Бундай материалларни текшириш усуллари ҳам турлича бўлиб, уларни икки катта группага ажратиш мумкин:

**1. Оптика усуллари.** Бу группага умумий номи кристаллооптика деб аталувчи иммерсион таҳлил, металлографик таҳлил, монокристаллар таҳлили кирган бўлиб, улар маҳсул оптик асбоблари - поляризацион ва металлографик микроскоплар орқали олиб борилади.

**2. Кимёвий ва физик-кимёвий усуллар.** Буларга петрографиянинг петрокимё, петрургия, петрофизика каби соҳалари киради. Бу усуллар ёрдамида материалларнинг таркибини мукамал ўрганиш ва уларнинг пайдо бўлиши, хосса-хусусиятларини физик-кимёвий қонунлар нуқтаи назаридан талқин этиш мумкин. Ҳозирги вақтда минералогик-геокимёвий текшириш усули номи билан аталувчи тадқиқотларни ўтказишда спектрал, рентген спектрал ва радиометрик анализ усулларидан фойдаланилади. Рентгеноэлектрон микроанализ методи ёрдамида эса минералларнинг таркиби тез ва сифатли аниқланади. Петрургия усулида сунъий маҳсулотлар ўрганилиб, уларнинг табиий минераллар генезисига ўхшаш-ўхшамаслиги аниқланади.

Кимёвий ишлаб чиқариш маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлилининг асосий усуллари қаторига киради: микроскопия; электрон микроскопия; рентгенография; термография; ИҚ спектроскопия; ядро магнит резонанси (ЯМР); электрон парамагнит резонанси (ЭПР); электронография; хромотография; магнетохимия; изотропия; кимёвий анализ; спектрал анализ; бошқа усуллар ёрдамида ўрганилади.

**Намуналарни фотокалориметрик усулда аниқлаш.** Фотокалориметрик таҳлил ФЭКН-57 типдаги жихозда олиб борилади. Бу экспресс таҳлил усули бўлиб, тортиш усулига қараганда турли хил кимё саноати маҳсулотлардаги муҳим компонентларни топишда қисқа вақтни олади.

Компонентларни аниқловчи фотокалориметрик усул эритмадан ўтадиган интенсив нурни камайиши даражасини моддадаги бўялган комплекс кўринишида аниқлашга асосланган.

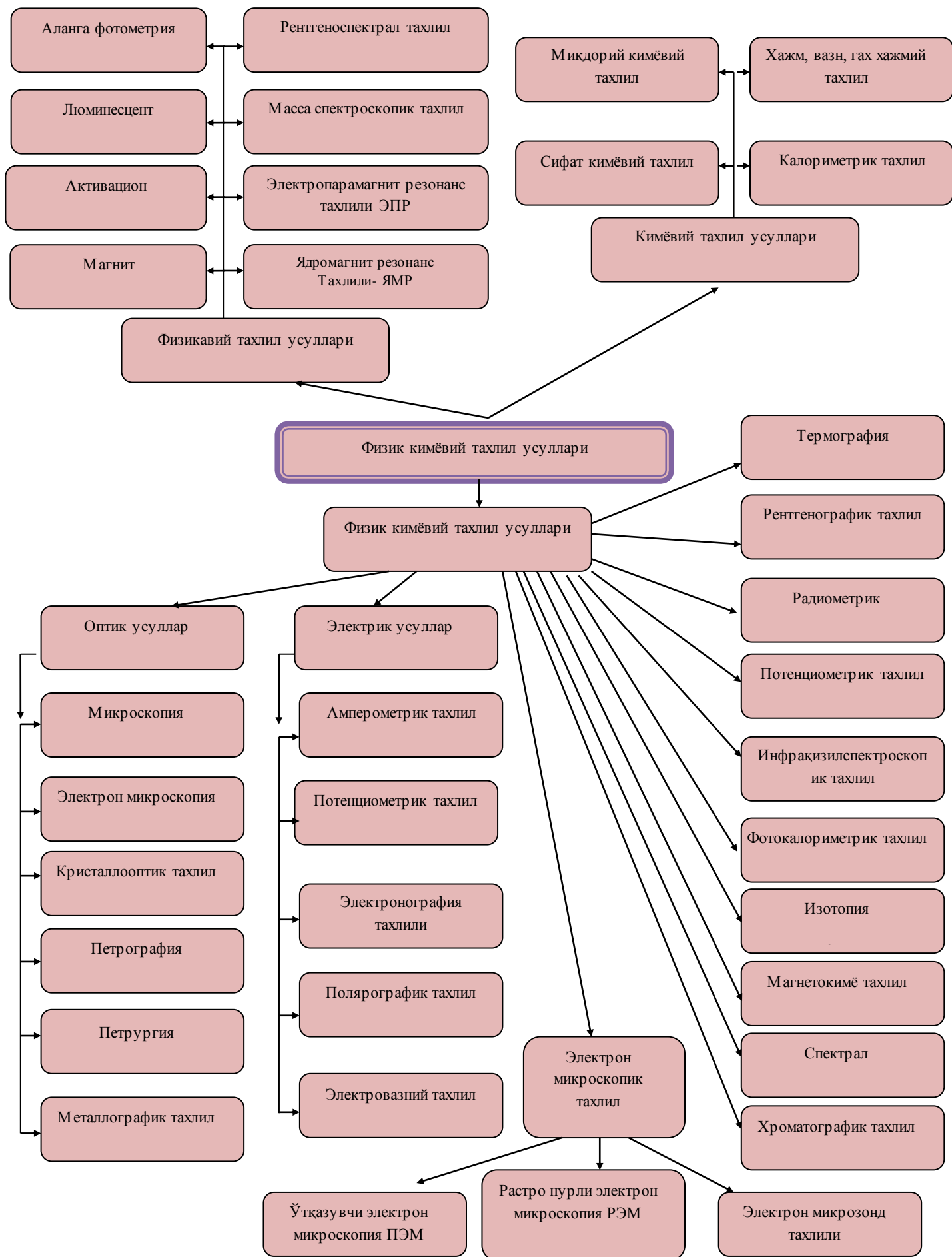
Фотокалориметрик усулда эритманинг қалинлиги ўзгармас ҳолатда бўлади, шунинг учун фақат оптик зичлик, яъни ундан чиқаётган интенсив нурни логарифми нисбати аниқланади. Ҳар хил концентрациясидаги (стандарт ва аниқланаётган) иккита бўялган эритмани ҳолати қуйидаги тенглама асосида ифодаланиши мумкин:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Бу ерда  $D_1$  – ва  $D_2$  - стандарт ва аниқланаётган эритманинг оптик зичлиги;

$C_1$  ва  $C_2$ - стандарт ва аниқланаётган эритманинг концентрацияси.

$D_1$  ва  $D_2$  аниқланиб  $C_1$  ни концентрациясини билган ҳолда  $C_2$  ни концентрациясини ҳисоблаб топиш мумкин. Шундай қилиб, стандарт (эталон эритма) эритмани концентрациясини билган ҳолда, текширилаётган эритманинг миқдорини аниқлаш мумкин.



Расм 1. “Физик кимёвий тахлил усуллари” мавзусига кластер диаграммаси.

Бу ҳолни аниқлаш учун градуировкалик график куриш аниқ натижаларни беради. Бунинг моҳияти концентрацияси аниқ бўлган текширилаётган стандарт эритмаларнинг концентрацияси билан оптик зичлиги орасидаги боғланиш графигини мг/л ёки % ҳисобида таъсирлашдан иборат. Эритманинг оптик зичлигини аниқлангандан сўнг, шу график ёрдамида текширилаётган эритма концентрациясини топилади.

## 2. Микроскопик таҳлил усулининг аҳамияти.

**Микроскопик текшириш усули аҳамияти ва ривож.** Ноорганик моддалар кимёси ва технологиясида кимёвий моддаларнинг хоссалари ва сифатини ўрганишда кенг қўлланиладиган қадимий усул микроскопик усулдир. Микроскопик усул илмий-текшириш ишлари олиб боришда микроскопни қўллаш ва микроскопик препаратлар ёрдамида жуда кичик, майда, фақат микроскоп билангина кўринадиган зарарчаларнинг специфик хосса-хусусиятларини аниқлашга қаратилган усулдир. У аниқ кимёвий методлардан фойдаланиб, жуда оз миқдордаги моддаларни анализ қилиш имконини беради.

Микроскопия усули оптика қонунларига асосланган бўлиб, у ҳақидаги илк маълумотлар эраимиздан аввалги IV-II асрларда яшаган Аристотел, Евклид ва Птолемей асарларида учрайди. Катталаштирувчи шиша ёки лупани эса бу усулнинг энг бирламчи ва ўта содда асбоби деб қараш мумкин. Эраимизнинг XI асрида яшаган ва Европада Альхазен номи билан аталган араб олими Ибн Аль-Хайтан, XIII асрда тадқиқотлар олиб борган Роджер Бэкон, XVI аср бошида яшаган италиялик rassom Леонардо да Винчи фотометрия назарияси ва амалиётига асос солишди. Оптика асбобларини кашф этиш ва яшаш эса XVII аср бошларига тўғри келади. Жумладан, 1609 йил италиялик олим Галилео Галилей томонидан катталаштирувчи труба - дурбин, 1611 йил немис олими Иоганн Кеплер томонидан телескоп, 1638 йил У. Гаскойн томонидан окулярли микрометр яратилди.

Майда объектларни кўрсатувчи маъносини англлатувчи “микроскоп” термини ҳаётга 1646 йил немис олими А. Кирхер ва поляк астрономи И. Гавелия томонидан тадбиқ этилди. Аммо микроскопия усулининг “отаси” сифатида бугун дунёда голландиялик А. Левенгук ва англиялик тадқиқотчи Р. Гук ҳисобланади. А. Левенгук ўз қўли билан ясаган микроскоп орқали инсоният тарихининг оламшумул ихтиросини яратади. У сув томчиларида шу давргача маълум бўлмаган жонли модда микроблар борлигини аниқлаб, янги фан “микробиология” га асос солди. Унинг тадқиқотлари француз олими Л.Пастор томонидан давом эттирилди ва натижада турли касалликларнинг пайдо бўлиши ва тарқалишида микроблар асосий сабабчи эканлиги исботлаб берилди. Гук эса ўзи яратган нурли микроскоп орқали ўсимлик ва хайвонларнинг хужайрали тузилишга эга эканлигини кашф этди. Умуман олганда юз йилча давом этган бу даврда микроскопдан кенгрок фойдаланилди. Микроскопик таҳлилнинг такомиллашиши кристаллографиянинг ривож топишига олиб келди.

**Кристаллооптика усули.** Табiiй ва сунъий кимёвий бирикмалар, хом-ашъё, материал ва буюмлар, минерал ва композицияларнинг оптик кўрсаткичларини уларнинг кристалл шакллари, таркиби ва симметрия қонуниятларига боғлиқ ҳолда ўрганувчи фан соҳаси кристаллооптика деб аталади. Бу соҳа физика, кристаллография ва минералогия фанлари билан боғлиқдир.

Кристаллооптикада кристалл тузилишига эга бўлган материаллардан нур тўлқинларининг ўтиши ходисалари ўрганилади. Унда тадқиқотлар нур ва унинг турли шароитда тарқалишини кузатиш ва тегишли хулоса чиқариш орқали олиб борилади.





Расм 2. Электромагнит тўлқинлар шкаласи.

Нур тўлқинлари электромагнит тўлқинларидан бирмунча қисқалиги билан фарқланади. Инсон узунлиги 400-760 мкм га тенг бўлган нур тўлқинларинигина кўра олади. Электромагнит тўлқинлари электр ( $E-E_1$ ) ва магнит ( $M-M_1$ ) тўлқинларидан иборат. Бу тўлқинлар бир-бирига ва шу билан бирга ёруғлик энергиясининг тарқалиш йўналишига перпендикулярдир. Мана шу ёруғлик энергияси тарқаладиган йўналиш нур деб аталади (2-расм). Кристаллооптика усулида нур тарқалишини кузатиш орқали олиб борилади.

Микроскопик таҳлилда нурнинг минераллардан ўтиши ва синиши ходисаси катта аҳамиятга эга. Булар орқали қуйидаги хусусиятлар аниқланади:

1. Нур синдирилиши ва синдирилиш кўрсаткичи -  $N_g$ ,  $N_m$  ва  $N_p$ ;
2. Нурни иккиланиб синдириш кучи -  $(N_g - N_p)$  ёки  $\Delta N$ ;
3. Нур поляризацияси - бир текис поляризацияланган нурларни ҳосил қилувчи ва микроскопик столчаси остидаги поляризатор орқали бажарилади;
4. Нур интерференцияси - интерференцион рангларнинг пайдо бўлиши;
5. Нисбий миқдорни аниқлаш - окуляр сетка ва интеграцион столча орқали;
6. Кимёвий бирикма ва минераллар рельефи - Бекке чизиғи;
7. Плеохроизм - модданинг ютиш (абсорбциялаш) қобилиятлари;
8. Минерал ўқлари -  $N_g$  ва  $N_p$  ўқлари;
9. Моддаларнинг узайиш белгиси - мусбат ва манфий узатиш;
10. Сўниш бурчаги - тўғри ва қия синиш ва бошқа хусусиятлар.

Микроскопик таҳлилнинг муваффақиятли амалга оширилиши қўлланиладиган аппаратларга кўп жиҳатдан боғлиқ. Тегишли аппаратларсиз илмий-тадқиқот иши, техника ва тиббиёт муаммоларини ҳал этиш мумкин эмас.

1617-1619 йилларда кашф этилган микроскоплар биологик, кимёвий ва бошқа текширишлар учун таалуқли поляризон микроскоплардир.

**МП-2, МП-3, МП-4, МИН-4, МИН-5 ва МИН-8 турдаги поляризон микроскоплар.** Улар ёруғлик остида ишлаш учун мўлжалланган замонавий аппаратлар каторига киради. Кичик ҳажмни катталаштиришда ёруғлик манбаи бўлиб оддий стол лампаси хизмат қилади. Ҳажмни жуда катталаштиришда эса ОИ-9 ва ОИ-19 каби сунъий ёриткичлар қўлланилади.

Одатда нур синдириш кўрсаткичи  $n$  ёки  $N$  -ни ўлчашда сариқ нурлар, яъни  $D$  - натрий буғлари чизиғи (тўлқин узунлиги  $\lambda = 5893 \text{ \AA}$ ) қўлланилади.

Объектив сифатида объектив ва окулярлар тўпламига кирган ва объектларни  $17,5 X$  дан то  $1350 X$  гача катталаштирувчи мосламалар қўлланилади.

Ҳозирги вақтда саноат корхоналари, илмий - текширув институтларида замонавий МИН-8 микроскопи ишлатилади (6- расм).

МИН- 8маркали полизацион микроскопнинг асосий деталлари қуйидагича:

1- микроскоп асоси - массив плитка. Унинг ичига конденсор линза ва буриш призмалари жойлаштирилган.

2-окуляр.У5X ,6X, 8X,15X ва 20X марта катталаштиришга имкон беради;



6-расм. МИН-8 маркали поляризацион микроскопнинг кўриниши.

3- тубус. У туггичнинг юқори қисмига қўзғалмас қилиб маҳкамланади. Тубус ўйиғига анализатор ёки бошқа компенсаторлар мосламаси ўрнатилган

4- опак-иллюминатор ОП-12 ни ўрнатиш салазкаси. Бу ўз навбатида микроскопда қайтган нурлар ёрдамида ҳам ишлашга имкон беради.

5- қия монокуляр мослама. Предмет столчасини доимо горизантал ҳолатда сақлаб объектни кузатиш учун хизмат қилади;

6- цилиндр шаклидаги металл труба. Унда кўриш учун катталаштириб берувчи система-окуляр ўрнатилган;

7- предмет столчаси. Унинг устига текширилаётган объект ўрнатилган бўлади. Предмет столчаси кронштейнга ўрнатилган бўлиб, катта тишли сил-житиш меха-низми ёрдамида юқорига-пастга ҳаракатланади;

8- конденсор. У ўрнатилиши ёки олиб қўйилиши мумкин;

9- силжитиш механизми. Унинг ёрдамида предмет столчаси юқорига-пастга ҳаракатлантирилади;

10-ҳаракатлантирувчи дасталар. Улар микроскоп асосининг икки томонидаги механизмни ҳаракатлантирадилар;

11- опак-иллюминатор ОП-12.У тубуснинг пастки қисмида жойлашган;

12- микроскоп дастаги;

13- марказлаш винтлари. Унинг ёрдамида ёритиш системасининг ҳолати ўзгартирилади;

14- линза ёритиш системасидан ташқарига чиқарилган даста;

15- диск. У анализаторнинг устига интерференцион ёруғлик фильтри сифатида ўрнатилган;

16- объектив. У 3X, 8X, 20X, 40X, 60X ва 90X марта катталаштиришни таъминлайди.

Нур синдириш кўрсаткичи кўпинча иммерсион суюқлик ёрдамида аниқланади. У текширилаётган объект ва мухит (суюқ ёки каттик)нинг нур синдириш кўрсаткичини таққослашга асосланган. МИН-8 каби поляризацион микроскоплар билан бир қаторда илмий-тадиқот ишларини олиб боришда металлографик микроскоплар ҳам кенг қўлланилади.

**Микроскопларнинг катталаштириш даражасини таъминловчи мосламалар.** Улар қаторига объектив (объектни катталаштирувчи линза, ёки бир нечта линзалардан ташкил топган муракаб оптик система) ва окуляр (кўриш учун катталаштириб берувчи

система, у цилиндр шаклидаги металл трубага ўрнатилган иккита линзадан ташкил топган) ларнинг тўплами киради. Объектнинг катталаштириш даражаси қуйидаги 1-жадвалда келтирилади.

1-жадвал

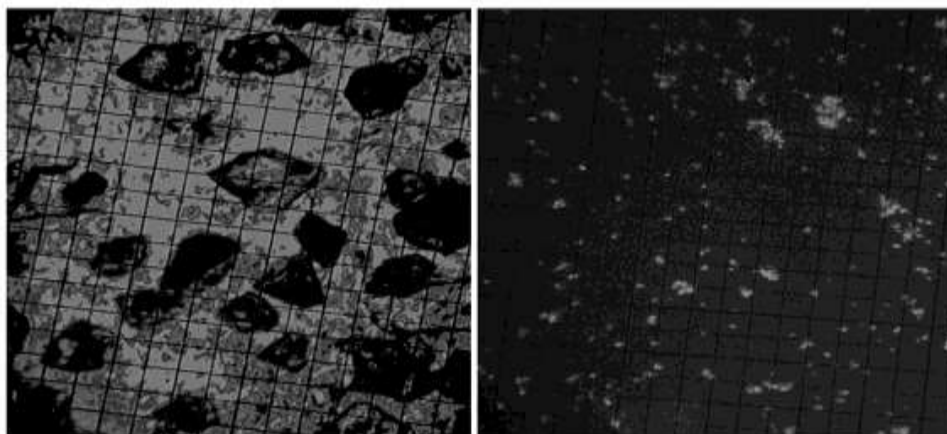
Объектнинг катталаштириш даражаси

Объектив	Окуляр ва катталаштириш						
	5 <sup>x</sup>	6 <sup>x</sup>	8 <sup>x</sup>	12 <sup>x</sup>	15 <sup>x</sup>	17 <sup>x</sup>	20 <sup>x</sup>
3 <sup>x</sup>	15	18	24	37.5	45	51	60
8 <sup>x</sup>	40	48	64	100	120	136	160
20 <sup>x</sup>	100	120	160	240	300	340	400
40 <sup>x</sup>	200	240	320	480	600	680	800
60 <sup>x</sup>	300	360	480	720	900	1020	1200
90 <sup>x</sup>	450	540	720	1080	1350	1530	1800

### Микрофотография намуналари.

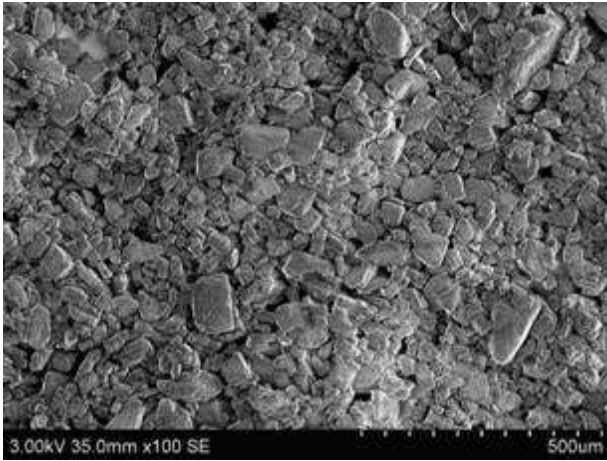
Микрофотография усули орқали тасвир хужжат мақомини олади. Шунинг учун магистрлик, номзодлик ва докторлик диссертация ишлари олиб боришда, солиштириш эталонлари ясашда ва корхона маҳсулотлари сифатини тасвир орқали белгилашда ишлатишда у бебаходир.

Барча микроскопларга фотоаппаратлар ўрнатиш мумкин. Тасвир қайтган ва ўтувчан нур асосида пайдо бўлиши ва олиниши мумкин. Қуйидаги расмларда ўзига хос кристалларнинг микрофотосуратлари берилган.

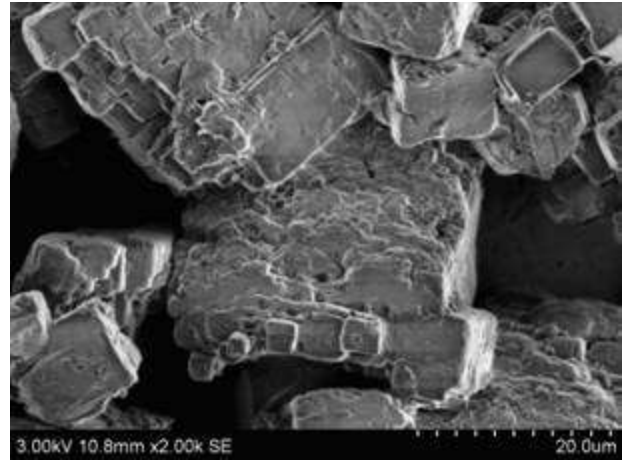


10-Расм. Цементнинг майдалик даражасини текшириш (1 клетка – 30 мкмни ташкил этади. Чап тарафда – шарли тегиронда майдаланган цемент, ўнг тарафда янги РИМ-500 тегирмонида). РИМ-500 ускунасида майдаланган цемент кукуни активлиги юқори кўрсаткичларга эга.

Ўғит сифатида кенг қўлланиладиган флотацион усулда олинган КС1 да 90% гачан майда заррачали фойдали компонент, ундан ташқари 0,013% (130 г/т) амин  $\text{RNH}_3\text{Cl}$  борлиги аниқланган. Ўғитни гранулулаш масаласи анча мураккаб ҳисобланади, чунки амин гидрофоб хусусиятга эга. Биринчи ўринда “Уралкалий” корхонасида ишлаб чиқарилган КС1 ни микроскопик усули ёрдамида ўрганилди – 11- расм А- оптик микроскоп «Axio Imager» («Carl Zeiss» фирмаси) ва 11-расм-Б электрон- сканерли микроскопе «S-3400N» («Хитачи» фирмаси). Расм А дан кўриниб турибдики минерал дончалари нотўғри шаклида (хўлланишни қийинлаштиради).

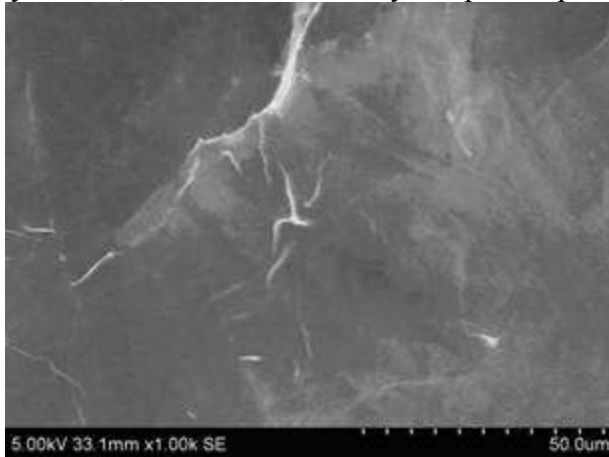


11-Расм. А. 100X катталаштирилган калий хлориди чанги минералларининг расми.

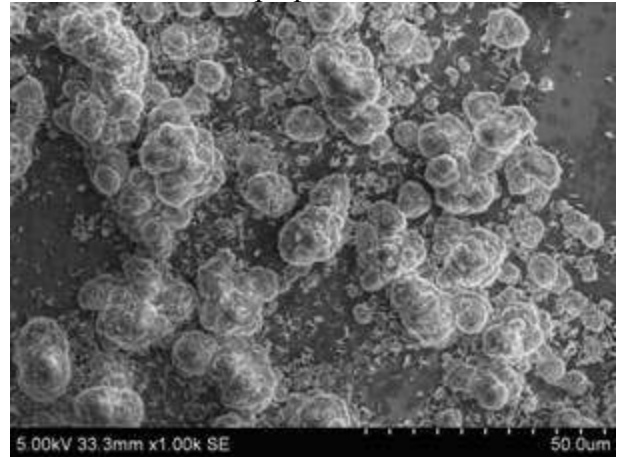


11-Расм Б. - 2000X катталаштирилган калий хлориди чанги минералларининг расми.

Гидрофоб аминнинг микроскопик усулда ўрганилганда – 12- расм А – унинг юзаси силлиқ қатламни ҳосил қилиши аниқланди, калий хлоридни натрий метасиликати билан ишланганда – 12-расм Б - амин у билан реакцияга киришади ва аминнинг қатлами бузилади, амин алоҳида глобулаларга ажралади ва КСl нинг гидрофиллиги кескин ошади.

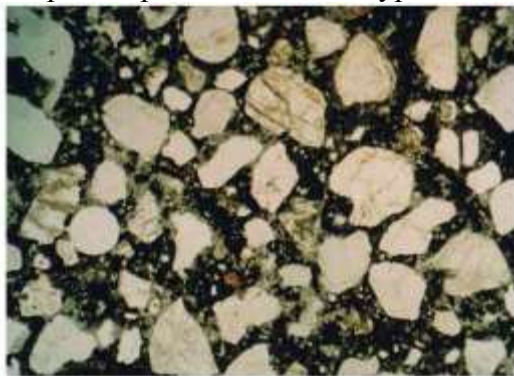


12-Расм А. – Тоza аминнинг микрофотографияси T=25°C (СЭМ, 1000Xкатталаштириш)



12-Расм Б. – Амин қатламини натрий метасиликати билан ишланганидан сўнг микрофотографияси T=25°C (СЭМ, 1000Xкатталаштириш)

Магнезиал цемент асосида олинган цементнинг микроскопик усулда ўрганиш. Каустик магнезит (боғловчи модда):кум (гўлдиргич)=1:3 миқдорида қўшилган цемент намуналари микроскопик таҳлил ўрдамида ўрганиш натижалари 13-расмда келтирилган.



13-Расм А. Цемент плиткасини микрорасмлари – қора рангдаги асосий масса – магнезиал цемент, йирик донали оқ рангли заррачалар – дала шпатлари, слюдалар таркибида тугтан кум



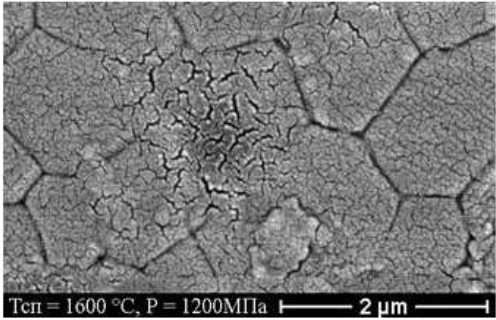
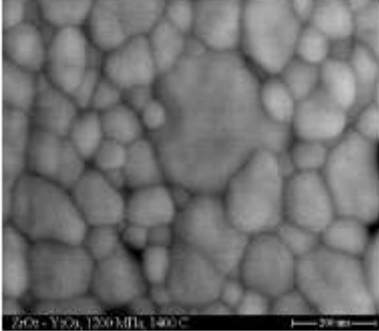

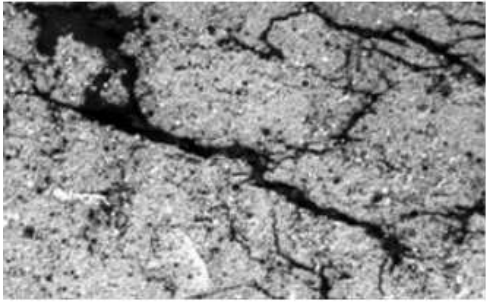
13-Расм Б . Цемент плиткасини микрорасмлари – қора рангдаги асосий масса – магнезиал цемент, йирик донали оқ рангли заррачалар – дала шпатлари, слюдалар



минераллари. катталаштириш даражаси  $25\times$ .  
Ўтказувчи нур, николлар параллел холда.

таркибида тугган кум минераллари.  
катталаштириш даражаси  $25\times$ . Ўтказувчи  
нур, николлар кесишга холда.

Цирконли техник керамика нуманалири микрокопик тахлили ёрдамида ўрганиш (14-  
расм):

	
<p>14-Расм А. 1600 °Cда синтез қилинган керамик намуналарни электрон микрокопик расмлари. (ЭВМ-100 электрон микрокопи)</p>	<p>14-Расм Б. 1400 °Cда синтез қилинган керамик намуналарни электрон микрокопик расмлари. (ЭВМ-100 электрон микрокопи)</p>
	
<p>14-Расм -В. Ультрадисперс 80% (<math>ZrO_2+3\% Y_2O_3</math>) - 20% <math>Al_2O_3</math> кукуннинг микрорасмлари- заррачаларнинг ўчамларини аниқлашга имконият беради: 2 % монолит кристаллитлар- ўлчамлари 2...5 мкм; 30 % - зич сфероидлар - диаметри 0,1...1 мкм; 20 % бўшлиқ сфероидов, диаметри 0,2- 1,2 мкм; 48 % майда агломератлар.</p>	<p>14-Расм- Г. Цирконли керамик намуналарида 1600 °Cда ёриқлар пайдо бўлиши намоён бўлади.</p>

## 1. Электрон-микрокопик тахлилнинг назарий асослари.

Турли техника ва фан сохаларида электрон-микрокопик тахлил услуи кенг қўлланилади. Юқори катталаштириш қобилиятига эга бўлганлиги сабабли (оддий микрокоплардан 100 баробар кучлироқ) элетрон микрокоплар микрообъектларни структурасини атом-электрон қатламлари даражасида ўрганишга имконият беради. Электрон микрокоплар икки асосий турга бўлинади:

1. Ўтказувчи электрон микрокоплар (просвечивающие - ПЭМ) – нур ўтказиш натижасида намуналар ўрганилади.

2. Растро нурли электрон микрокоплар (растровые РЭМ) – намунадан қайтган ёки иккиламчи электронлар ўрдамида.

Замонавий электрон микрокопик усулларга яна микродифракция ва электрон-зонд тахлили қиради.

Замонавий электрон микрокопик усуллари кимё махсулотларини ташкил этувчи минераллари ва агрегатларини нозик микроморфологиясини, материаллардаги турли

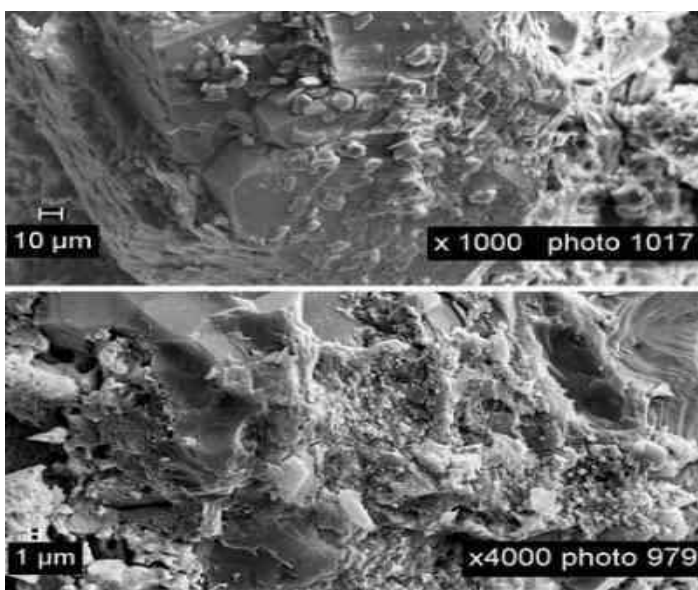
нуксон ва дислокацияларни, материал жинсларини бир хилмаслиги даражасини аниқлашда, турли фазаларнинг морфологик ва структура таркиби, кристалл панжаранинг периодиклиги ва нуксонларини ўрганишга имконият беради.

Электрон микроскопнинг тузилиши оддий микроскопга ўхшаш бўлиб, у электрон пушка, магнит ёки электростатик турли фокусловчи линзалар тўплами, предмет столи билан намуна жойлаштириш камераси, флуоресценция экрани ва фотокамера, электр қуввати блоки ва вакуум системасидан иборат. Электрон микроскоплар турлари - Ўтказувчи электрон микроскоп BS-613 “Tesla”, растро нурли электрон микроскоп S-405a “Hitachi”, JEM-400EX (JEOL, Japan) – расм .

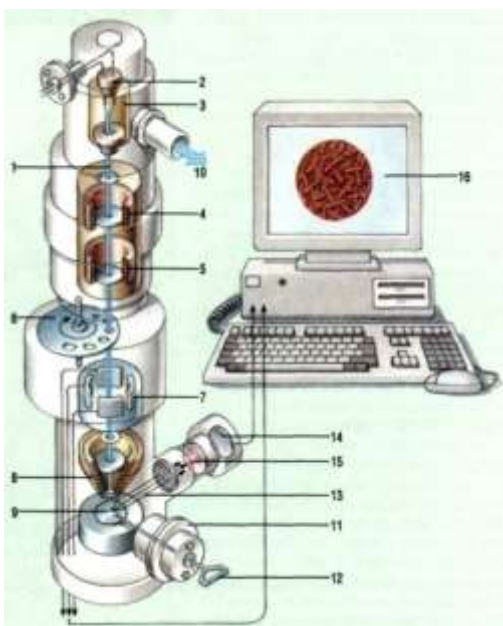


15-Расм. JEM-400EX (JEOL, Japan) электрон микроскопининг кўриниши ва техник кўрсаткичлари.

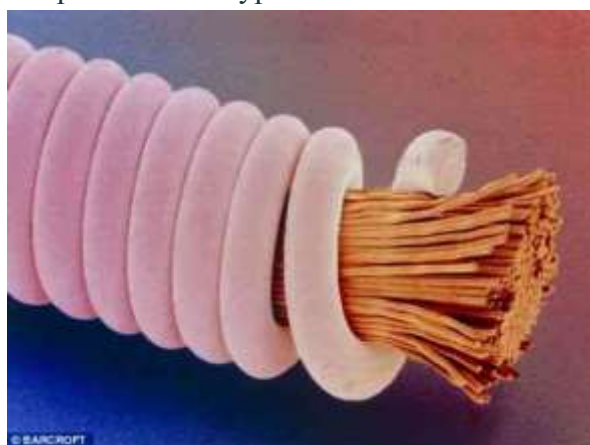
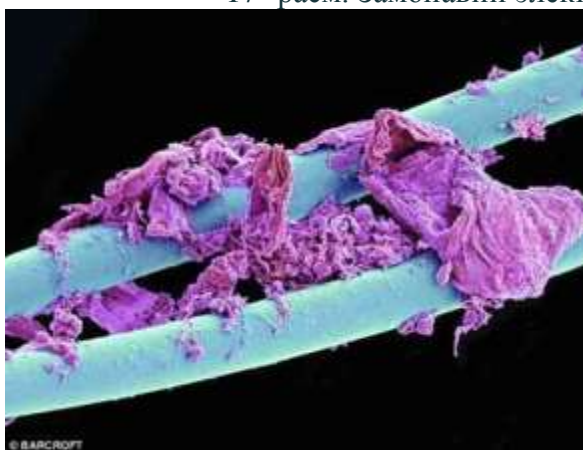
**1. Электрон микроскоплар.** Уларда катод нурларидан фойдаланиш орқали катта ютуқларга эришилди. Улар қаторига 1931 йили немис олимлари М.Кноллем ва Э.Руск томонидан яратилган электрон микроскопларида тортиб то ҳозирги замонавий интерференцион электрон микроскопларгача киради. Назарий жиҳатдан бундай микроскопларда  $100 \text{ \AA}$  гача, амалий жиҳатдан эса  $500\text{-}1000 \text{ \AA}$  бўлакча арни кўриш мумкин (20-22 расм).



16- расм . Электрон микроскопда олинган тасвир (Микроструктура материалов дольменов, электронный микроскоп: (photo 1017) - дольмен долины реки Пшад; (photo 979) - дольмен горы Нексис).



17- расм. Замонавий электрон микрокопнинг кўриниши.



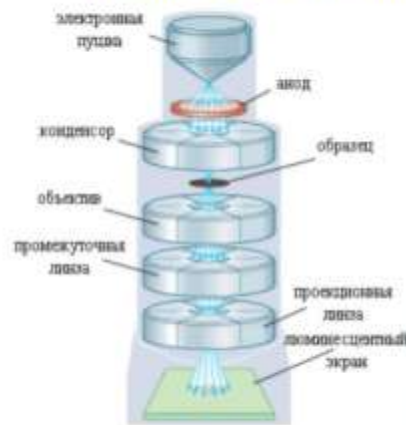
18- расм. Ип толаси ва гитаранинг ипи электрон микрокопда кўриниши.

**2. Растро нури электрон микрокоплар.** Улар қаторига растро нури микрокоп, массив объектларни тадқиқот қилишга мўлжалланган растро электрон микрокопи, кучланиши 150 кВ бўлган растро электрон микрокопи, катод-люминесцент объектларни текширувчи растро электрон микрокопи, телевизион тасвирли ультра товушли микрокоп ва бошқалар қиради.

**3. Рентген микрокопияси ва микрозонд тахлили.** Рентген проекцияли микрокоп, рентгенли топография, электрон-зондли рентген микроанализатори (19 расмлар), ион-зондли масс-спектрал микроанализатор ва бошқалар бу гуруҳга қиради.

**Современные методы и аппараты рентгенографического анализа.  
Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), Сканирующая  
электронная микроскопия (СЭМ), Сканирующий туннельный  
микроскоп (СТМ).**

**Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)  
Transmission electron microscopy (TEM)**



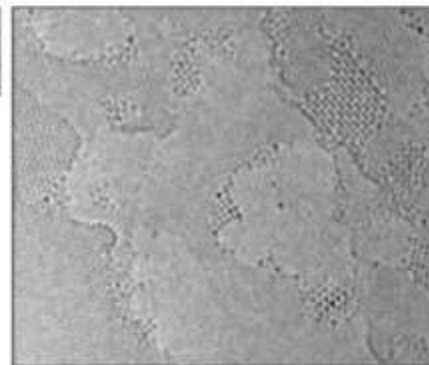
Электроны эмитируются в электронном микроскопе посредством термоэлектронной эмиссии из нити накала (например, вольфрамовая проволока) либо посредством полевой эмиссии. Затем электроны ускоряются высокой разностью потенциалов (от 100 кВ до 3 МВ) и фокусируются на образце электромагнитными или электростатическими линзами. Прошедший через образец луч содержит информацию об электронной плотности, фазе и периодичности, которые используются при формировании изображения.

Просвечивающие микроскопы с коррекцией сферических aberrаций  
(примеры использования – А.Л. Чувиллин, Ulm University, Germany)

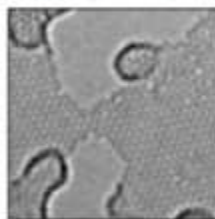
(Dy@C82)@SWNT



Ag @Graphene



Graphene





## Сканирующая (растровая) электронная микроскопия (СЭМ, РЭМ), Scanning electron microscopy (SEM)



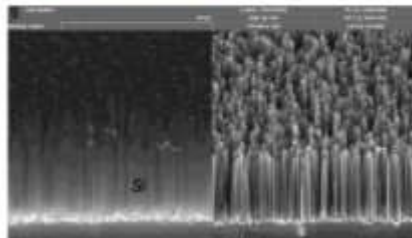
В зависимости от конкретного прибора и параметров эксперимента, может быть получено разрешение от 10 до 0.5 нм.  
Например, в микроскопе Hitachi S-5500 разрешение составило 0.4 нм (при напряжении 30 кВ)



Наилучшее разрешение может быть получено при использовании вторичных электронов при работе в высоком вакууме.

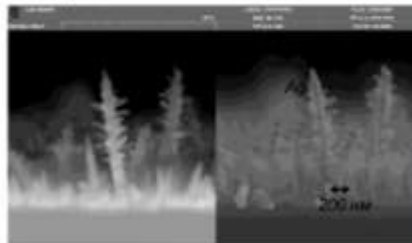
## Примеры использования СЭМ

Au/Si «нано-трава»

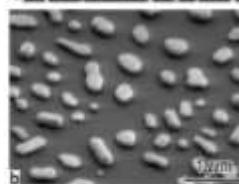
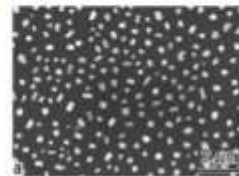


обратно-рассеянные электроны

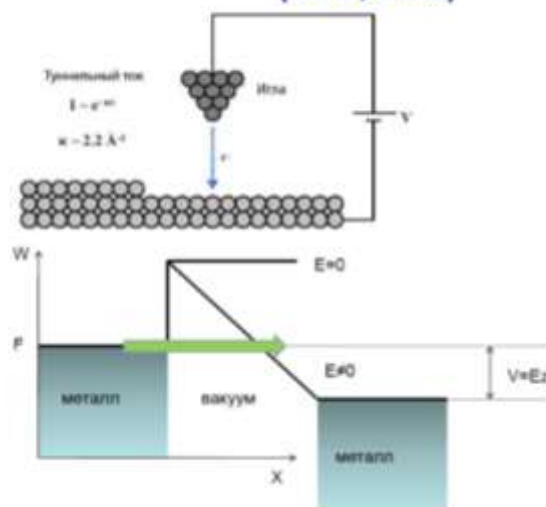
вторичные электроны



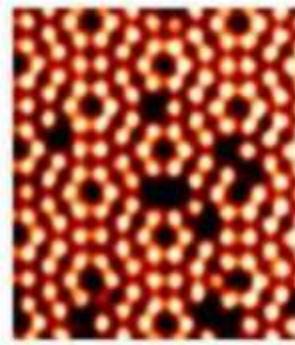
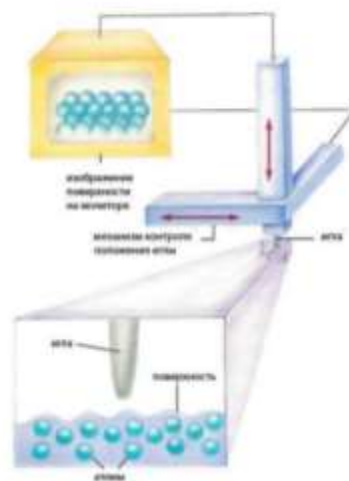
Островковая пленка золота (Au), измеренная при нормальном (а) и наклонном (б) падении электронного луча



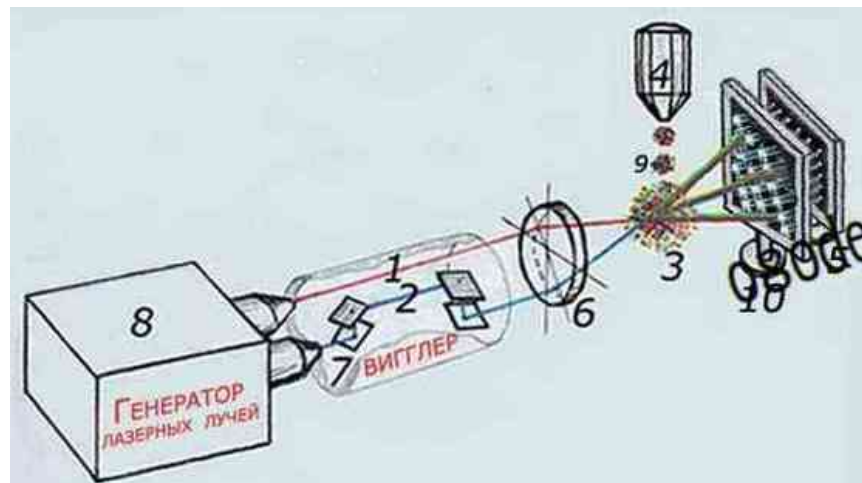
## Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ, STM)



## Пример использования СТМ

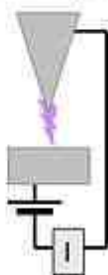


СТМ изображение поверхности кремния – видно упорядоченное расположение атомов и структурные дефекты (вакансии).



## Scanning Probe Microscopy (SPM)

Scanning Tunneling Microscopy (STM)

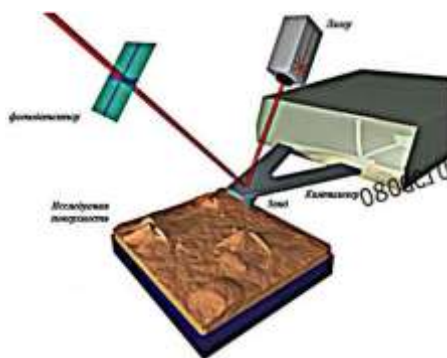
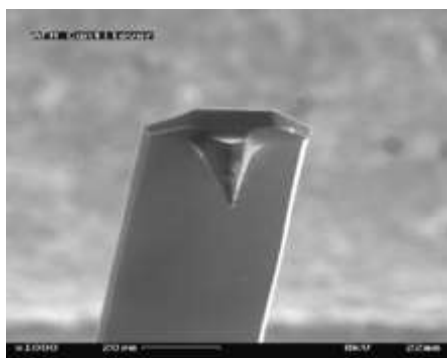


Atomic Force Microscopy (AFM)



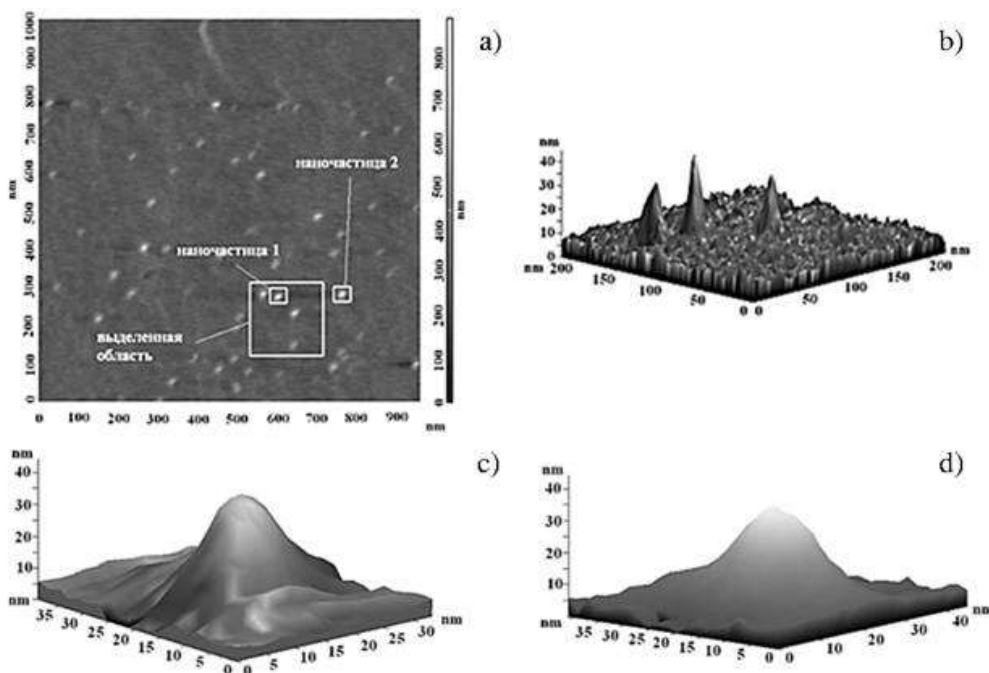
Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM)





23 расм. Микро -зонднинг кўриниши (А) ва ишлаш принципи (Б).

Микрозонд тахлили материал юзасини ва уни ташкил этувчи элементларни, кимёвий бирикмаларни аниқлашга имконият беради. Мисол тариқасида 24расмда келтирилган кварц қумидан олинган техник SiO<sub>2</sub> ни микрозонд билан текшириш натижалари келтирилган.



24-расм. Аморф SiO<sub>2</sub> (кварц қумидан олинган) юзаси: а) нанозаррачаларнинг гурухларини 2D текисликда кўриниши; б) нанозаррачаларнинг гурухларини 3D текисликда кўриниши; в), d) 1 ва 2-нанозаррачаларнинг 3D текисликда кўриниши. (Атом-кучланишли электрон микрозонди SOLVER P47).

### Мавзу бўйича назорат саволлар.

- 1.Микроскоп термини нимани англатади?
- 2.Тахлилда аниқланадиган асосий хусусиятлар – нур синдириш кўрсатгичи ва бошқалар қандай изоҳланади?
- 4.Минераллар, хом-ашъёлар, ярим маҳсулотлар ва тайёр маҳсулотларнинг оптик хусусиятлари қандай асбоблар ёрдамида аниқланади?
- 5.Кристаллооптика усулида табиий ва сунъий кимёвий бирикмалар, хом-ашъё, материал ва буюмлар, минерал ва композицияларнинг оптик кўрсатгич-лари қандай қонунларга бўйсинади ва аниқланади?
- 6.Микроскопнинг қандай турларини санаб бера оласиз?
- 7.Микроскоплар учун қандай мосламалар мавжуд?
- 8.МИН-8 маркали поляризацион микроскопнинг асосий деталлари номини айтиб беринг.

9.Микроскопия препаратларини тайёрлаш усулини келтиринг.

10.Корхона шароитида маҳсулотлар сифатини назорат қилишда микроскопия усулидан фойдаланиш мумкинми?

11.Усулдан фойдаланишнинг имкониятларига оид маълумотларни кел-тиринг.

12.Усулнинг афзаллиги ва камчиликлари ҳақида қандай фикрдасиз?

### **1-Мавзуга оид таянч сўз ва иборалар.**

**Физик-кимёвий таҳлил** бу - тайёр маҳсулот олиш учун ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланиладиган усул ва методлар мажмуини тўла таъминловчи ва шу билан бирга технологик жараёнларнинг турли босқичларидаги назоратни ҳам ўз ичига олган кимёвий, физик-кимёвий ва физикавий усуллар йиғиндиси.

**Фотокалориметрик усул** - компонентларни аниқловчи фотокалориметрик усул эритмадан ўтайдиган интенсив нурни камайиши даражасини моддадаги бўялган комплекс кўринишида аниқлашга асосланган.

**Оптика усуллари.** Бу группага умумий номи кристаллооптика деб аталувчи иммерсион таҳлил, металлографик таҳлил, монокристаллар таҳлили кирган бўлиб, улар маҳсус оптика асбоблари - поляризацион ва металлографик микроскоплар орқали олиб борилади.

**Кимёвий ишлаб чиқариш маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлилининг асосий усуллари** - микроскопия; электрон микроскопия; рентгенография; термография; ИҚ спектроскопия; ядро магнит резонанси (ЯМР); электрон парамагнит резонанси (ЭПР); электронография; хромотография; магнетохимия; изотропия; кимёвий анализ; спектрал анализ; бошқа усуллар.

**Микроскопик усул** - илмий-текшириш ишлари олиб боришда микроскопни қўллаш ва микроскопик препаратлар ёрдамида жуда кичик, майда, фақат микроскоп билангина кўринадиган зарарчаларнинг специфик хосса-хусусиятларини аниқлашга қаратилган усулдир. У аниқ кимёвий методлардан фойдаланиб, жуда оз миқдордаги моддаларни анализ қилиш имконини беради.

**Микроскоп** - майда объектларни кўрсатувчи асбоб.

**Кристаллооптика усули** - табиий ва сунъий кимёвий бирикмалар, хом-ашъё, материал ва буюмлар, минерал ва композицияларнинг оптик кўрсаткичларини уларнинг кристалл шакллари, таркиби ва симметрия қонуниятларига боғлиқ ҳолда ўрганувчи фан.

**Катталаштирувчи мосламалар** – микроскопларда объектив ва окуляр орқали бажарилади. Катталаштириш даражаси - 17,5 X дан то 1350 X гача.

**Нур поляризацияси** – бир текис поляризацияланган нурларни ҳосил қилувчи ва микроскопик столчаси остадаги поляризатор орқали бажарилади.

**Нур синдириш кўрсаткичи (n ёки N)**- Снеллиус ва Ньютон текширишлари бўйича нур тушиш бурчаги синусининг нур синиш бурчаги синуси нисбатига айтилади. У биринчи муҳитдаги ёруғлик тезлигининг иккинчи муҳитдаги ёруғлик тезлиги нисбатига тенг.

**Симметрия элементлари** - симметрия ўқлари, симметрия текислиги, симметрия маркази ёки инверсия.

**Габитус** – кристалларни ташки кўриниши бир-биридан тузилишига кўра фарқланади.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. Исмаатов А.А. Силикат ва зўрғасуюлувчан материаллар физик - кимёвий таҳлилининг замонавий усуллари. – Тошкент: Фан ва технология, 2006. -268 б.
2. Вегман Е.Ф., Руфанов Ю.Г., Федорченко И.Н. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография. – М.: Металлургия, 1990.– 262 с.
3. Минералогическая энциклопедия. – Л.: Недра, 1985.-512с.
4. Минералогический справочник технолога – обогатителя. –Л.: Недра, 1985.-264с.

5. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982.-632с.
6. Азимов Ш.Ю., Тожиев Ф.Х. Анорганик моддаларнинг физика - химиявий анализи. -Тошкент: Ўқитувчи, 1977.-132 б.
7. Козлова О.Г. Морфолого – генетический анализ кристаллов. – М.: МГУ, 1991. – 223 с.
8. Винчелл А.Н., Винчелл Г. Оптические свойства искусственных минералов. – М.: Мир, 1967.-526 с.
9. Ҳамробоев И.Х, Ражабов Ф.Ш. Петрография асослари. -Тошкент: Ўқитувчи, 1984.- 184 б.

## **2-мавзу. Инфрақизил спектроскопик таҳлил, замонавий жихозлари.**

### **Режа:**

1. Инфрақизил спектроскопик таҳлил, физикавий асоси.
2. Моддаларнинг инфрақизил спектрлари.
3. Инфрақизил нурларни ютиш ва қайтариш спектрлари билан модда таркибидаги комплекс группа ва радикаллар тузилиши орасидаги назарий боғлиқлик.
4. Усулнинг амалиётда қулланиши имкониятлари.
5. Усулнинг афзаллиги ва камчилиги.
6. Спектр аппаратлари-асбоблари, конструкциялари.

**Таянч сўз ва иборалар:** инфрақизил, спектр, спектрофотометр, нурланиш, ютилиш, қайтариш, валент тебранишлар, кимёвий боғ.

**Инфрақизил нурларининг табиати.** ИҚ нурланиш биринчи марта 1800 йилда инглиз олими Уильям Гершель томонидан очилган. У термометрни куёш спектри бўйлаб ҳаракат қилдирганда 0.86 мкм дан юқорироқда симоб столбининг юқорилаб кетганлигини аниқлаган. Бу ходиса рўй берган область инфрақизил нурланишнинг пастки чегараси эди холос. «Инфрақизил» термини Стокс томонидан 1852 йили киритилган «ультрабинафша» терминидан фарқли равишда Беккерель томонидан 1869 йили киритилади.

1834 йили Меллона томонидан ўтказилган тадқиқотлар натижасида инфрақизил нурларининг қайтарилиш ва синиш табиати ёруғлик нурларининг табиатига ўхшаш эканлиги тасдиқланди. Бундан биров кейинроқ Ампер ва Кноблаух томонидан янги кашф этилган нурларининг тарқалиши, қайтари-лиши, поляризация ва интерференцияси худди ёруғлик нурларидек кечиши, аммо улардан тўлқин узунлигининг катталиги билан фарқланиши исботланди.

Инфрақизил нурланиш спектрининг юқори чегарасига етиб бориш узоқ давом этган тадқиқотлар натижасида рўй берди. Бунинг учун жуда кўп нурланиш манбаалари текширилди, турли материаллардан ясалган призмалар ўрганилди. Натижада бу рақам 350 мкм атрофида бўлиб, у радиотўлқинлари билан чегарадош эканлиги тасдиқ топди.

Маълумки, электромагнит майдон билан муҳитнинг ўзаро таъсири нурланиш тўлқин узунликларида кучли тарзда ўзгаради. Масалан, ультрабинафша нурланиш фотохимёвий таъсирга, рентген ва  $\gamma$ -нурланиш- катта сингиш (кириб кетиш) хусусиятига эга. ИҚ нурланиш фақат молекула ёки молекуладаги атомларнинг алоҳида группалари билан мулоқотда бўлади, ҳамда моддадаги кучсиз боғланган ёки “озод” ташувчи зарядлар билан ўзаро таъсирлашади.

Юқоридагиларга асосланган ҳолда ИҚС усули асосида турли силикат тва қийин эрийдиган мода ва материлларнинг хоссаларини аниқлаш, нур ютилиши ёки нур қайтиши полосаларининг аниқ характеристикасини бериш устида ишлар олиб борилди. Характерли полосалар группаларнинг энергетик ўзгаришида тебранма ёки айланма даража орасидаги энергия ҳамда электронларнинг кузатилган ҳолатидаги валент ўзгаришига боғлиқлиги аниқланди.

ИҚ нурланиш- бу 0,76 дан 1000 мк гача тўлқин узунлигидаги (ёки тўлқин сонлари  $13160-10 \text{ см}^{-1}$ ) электромагнит нурланиш бўлиб - ёруғлик спектрлари (0,40 - 0,76 мк) ва радиотўлқинлар [ $\lambda > 1 \text{ см}^{-1}$  (1000мк)] оралиғидаги нурла-нишдир. Ҳозирги вақтда силикатларни ўрганишда кўпинча ИҚ нурланишнинг 2 дан 25-40 мк гача бўлган областлари қўлланилади.

Нормал ИҚ нур оқими силлиқланган, ясси модда юзасига тушганда:

- а) ундан қайтади;
- б) модда заррачаларида ютилади ва ёйилади;
- в) нур ўтказди.

ИҚ нурларини қайтариш спектрлари қуйидаги формула орқали топилади:

$$I_p = \rho \cdot I_o,$$

бу ерда,  $I_p$  - қайтган нурлар оқими;

$\rho$  - модданинг нур қайтариш коэффиценти;

$I_o$ - модда юзасига тушаётган нормал нур оқими;

ИҚ нурларнинг ўтказиш спектрлари қуйидагича топилади:

$$I = (1 - \rho^2) I_o \cdot e^{-kt},$$

бу ерда,  $k$  - модданинг нур ютиш коэффиценти;

$t$  - нур ютаётган қаватнинг қалинлиги

Нур қайтиш ва ўтказиш спектрларининг қиймати қуйидагиларга боғлиқ:

1) нур ютиш коэффиценти  $k$ , нур қайтариш коэффиценти  $\rho$  ва модда-нинг нур синдириш кўрсаткичи  $n$  га;

2) кристалл панжара сингонияларига;

3) структураларнинг массалар ва ион радиусларига, бунда масса қанча кўп бўлса, бир сингония кристаллари нур ютишининг асосий полосалари шунча кўп узун тўлқинли област тарафига силжийди;

4) панжарадаги изоморф қўшилмалар ва бошқа факторларга.

## 2. Моддаларнинг инфрақизил спектрлари.

ИҚ областида нур ютилиши асосан ИҚ нурланиш таъсирида модда молекулалари ёки ионларининг айланма ва тебранма ҳаракатини ўзгариши, баъзан уларнинг электрон қобиғларини деформацияга учраши билан характерланади.

Энг кўп ИҚ нурининг ютиши кристалл панжара ва унинг компонентлари (молекула, ионлар)нинг тебраниш частоталарига амалий жиҳатдан мос келади. Бу тебранишларнинг характери ва частоталари модданинг табиатига, молекулалари (ионлари)ни жойлашишига, улар орасидаги масофа ва бошқаларга боғлиқ.

Валент боғлар бўйича содир бўладиган тебранишлар валент тебранишлари, уларга перпендикуляр бўлганлари эса деформацион тебранишлар дейилади.

ИҚ нурларни ютиш спектрлари ёрдамида тузилишни ўрганиш ва текшириш усулларида келиб чиққан ҳолда қаттиқ моддалар икки синфга бўлинади:

1) Бир тартибли мураккаб бўлмаган группа компонентлари (ионлари, молекулалари) орасидаги масофа ва энергияга боғлиқ бўлган кристалл модданинг ИҚ нурларни ютиш спектрлари.

Масалан, кубик сингонияга эга кристаллар (Шефер, Матосси, 1935 й.) ўзининг биттадан тебраниш частотасига эга. Улар массасининг тебранувчи атомлари массаси қанча кўп бўлса, бу полоса шунча узун тўлқинли областда сурилган бўлади:

$$\text{MgO } \lambda = 14,2 \text{ мк (704 см}^{-1}\text{)} \quad \text{KCl} = 63 \text{ мк (159 см}^{-1}\text{)}$$

$$\text{CaO } \lambda = 22 \text{ мк (455 см}^{-1}\text{)} \quad \text{NaCl} = 52 \text{ мк (192 см}^{-1}\text{)}$$

Кубик сингонияга эга бўлган кристалларнинг бир қанчасида битта ўрнига иккита максимумли нур ютиш полосалари мавжуд (масалан, NaCl учун иккинчи нур ютилиш  $\lambda=39$  мк га мос келади (Лекопт, 1958 й.). Бу фақат шартли равишда Борннинг кристаллодинамик назариясининг тахмини бўйича - панжаранинг қўшимча тебранишлари, қўшни элементар ячейкаларнинг атомлари эквивалент ҳолатда қарши фазада тебраниши орқали тушунтирилади. Бундай тебранишлар сони катта бўлиши мумкин. Масалан, юқори панжарали кварц учун назарий жиҳатдан 189 тебраниш бўлиши мумкинлигини кўриш мумкин.

2) Ички кучларининг боғланиши группаларо боғланишга нисбатан кучли бўлган, ўзининг структурасида мураккаб группага (ионлар, молекулалар) эга бўлган кристалл моддаларнинг ИҚ нур ютиш спектрлари.

Агар панжарада анион ва катионлар комплекси ёки группа атомлари ўзаро мустақкам боғланган бўлса, интерпретация ва тебранишлар ҳисоби ёки уларга мос келувчи нур ютиш полосаларини аниқлаш ва модданинг тузилишини ИҚ спектрлар орқали ўрганиш жуда осон бўлади. Бу группаларни (масалан,  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ) етарли даражада изолировка қилинган ва уларни катта бўлмаган атомлар сонидан ташкил топган молекула деб қараш мумкин.

Мураккаб группадан ташкил топган моддаларни тебранишини:

а) ички тебраниш, яъни комплекс группа атомларининг ички тебраниши;

б) ташқи тебраниш, яъни бошқа группа ёки атомларига нисбатан ком-плекс группа тебраниши.

2 чи синф қаттиқ моддаларнинг тузилишини аҳамиятига кўра амалий жиҳатдан ИҚ нур ютиш спектрлари ўртасидаги боғланиши куйидагича белгиланади:

1) нур ютиш полосасининг сони группа симметрияси ва атомлари сонига боғлиқ;

2) группаларнинг нур ютиш полосалари ва уларнинг силжишлари ҳамда бошқа группалар (ёки катионлар ва нейтрал заррачалар) ва бир хил группа-ларнинг ўзаро жойлашишига боғлиқ.

Группаларнинг маълум даражада қонуний жойлашиши масаласига келсак, масалан бир турли сингония кристаллари учун, текшириладиган мураккаб группанинг нур ютиш полосаси ҳолати кўшни группа ўлчамлари ва массаси билан аниқланади. Бу ҳолат модданинг инденфикацияси ёки модда синфини (масалан, кислота, альдегидларнинг тузи, катионлар ва бошқалар) аниқлаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Баъзи минераллар (доломит, людвигит, гранат, хлорит) учун ИҚ нур ютиш полосаси изоморф группалар ҳолатига тўғри пропорционал равишда силжиши топилган (Архипенко, 1963 й.; Александров, 1965 й.; Ковалев ва бошқалар, 1965 й.). Бу шуни билдирадики, изоморф группа (ион) текшириладиган группа нур ютиш полосасини силжишини юзага келтиради. Минералнинг механик қўшилмалари эса текшириладиган модданинг нур ютиш полосаси ҳолатида ўзгаришлар содир этмайди. Кўринишидан нур ютиш спектри бўйича моддадаги компонентларнинг шаклини чиқиши ва полосанинг силжиш катталиги бўйича изоморф қўшимчалар сонини аниқлаш имконини беради.

Модданинг кристаллигини ИҚ нур ютиш спектрларига таъсири, баъзи группаларнинг нур ютиш полосаларини сони ва парчаланиши билан ифодаланади, чунки парчаланиш тавсифи кристалл панжара типи билан аниқланади. Аморф моддаларда парчаланиш полосаси кузатилмайди.

Кристалл ва аморф моддаларда группа (ион, нейтрал заррача)нинг ўзгариши (изоморфлиги)ни текшириладиган группанинг нур ютиш полосасини бироз силжишига



олиб келади. Бунда кўпинча ҳар бир полосанинг парчаланиш характери сақланади. Баъзан полосанинг интенсивлик нисбати ўзгаради.

Масалан, ютилиш полосалари таълуқли: силикатлар ва  $\text{SiO}_4$  га- 1100-900, 830-740 ва 500-400  $\text{см}^{-1}$ ; боратлар,  $\text{BO}_3$  ва  $\text{BO}_4$  ларига- 1300-1150, 1050-900 ва 780-660  $\text{см}^{-1}$ ; фосфатлар ва  $\text{PO}_4$  га-1100-1000,830-780 ва 650-500  $\text{см}^{-1}$ ; арсенат- лар ва  $\text{AsO}_4$  га – 900-780, 550-400 ва 350  $\text{см}^{-1}$ ;сульфатлар ва  $\text{SO}_4$  га–1250-1000,650-610 ва 450  $\text{см}^{-1}$ ; карбонатлар ва  $\text{CO}_3$  га-1450-1410,880-860 ва 740-680  $\text{см}^{-1}$ ;нитратлар ва  $\text{NO}_3$  га–1380-1350 ва 840-815  $\text{см}^{-1}$ ; вольфраматлар ва  $\text{WO}_4$  га- 930-810, 450-400 ва 320  $\text{см}^{-1}$ ; молибдатлар ва  $\text{MoO}_4$  га – 950-810, 450-400 ва 320  $\text{см}^{-1}$ ; ванадатлар ва  $\text{VO}_4$  га – 1150-730, 480-450 ва 350  $\text{см}^{-1}$ .

### 3. Таҳлил имкониятлари.

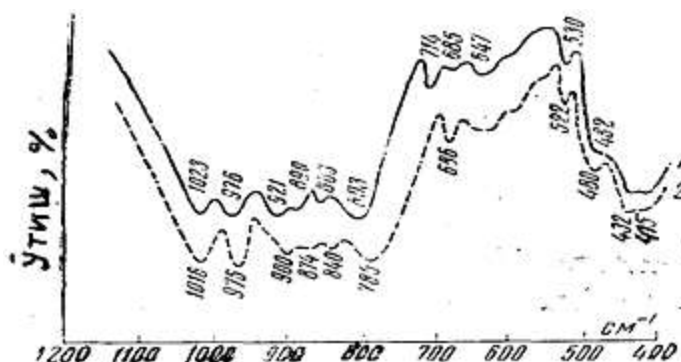
Инфракизилспектроскопик таҳлилдан қуйидагиларни текширишда фойдаланилади:

- а) кимёвий бирикмалар;
- б) минераллар;
- в) тупроқлар;
- г) қурилиш материаллари;
- д) силикат хом-ашъёлар ва бошқалар.

Текширишдан кузатилган мақсад:

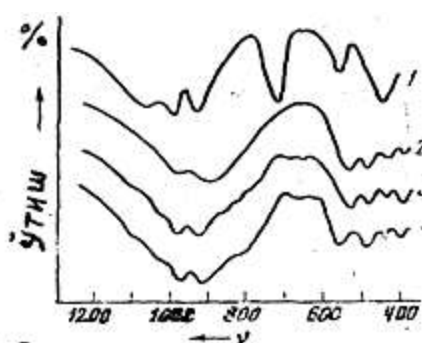
- 1) Бирикма, минерални диагностика қилиш учун (сони, парчаланиши ва полосаларининг ҳолати бўйича);
- 2) Ярим миқдорий кимёвий таркибни аниқлаш учун
- 3) Кристалл ёки аморф моддаларнинг кристалланиш даражасини аниқлаш учун.
- 4) Моддадаги мураккаб группаларнинг таҳлили
- 5) Моддаларнинг қиздириш ва бошқа турли реакцияларда ўзгариш жараёнини (янги модда пайдо бўлиши, фазалар аралашмаси, оралиқ маҳсулот-лар, диссоциация ва бошқалар) ўрганиш учун.
- 7) Минерал структурасидаги сувнинг ёки намликнинг шакли ва турини аниқлаш учун.
- 8) Структуранинг тартиблилиги ва тартибсизлиги (тартибсизлик ҳолатида полосалар чўзилган ва интенсивлиги пасайган бўлади)ни аниқлаш учун.
- 9) Фазалар ёки қўшимчаларнинг миқдорини аниқлаш (жуда ҳам аниқ эмас) учун.
- 10) Полиморф ўзгаришларни ва нукталарни ҳамда Кюри нукталарини (сегнетоэлектрик-  $\text{BaTiO}_3$  ) аниқлаш учун.
- 11) Кристалл фаза ёки шишани (масалан, оптик шишалар) бир таркиблилигини назорат этиш учун.

## ИҚС тахлил натижаларидан намуналар:



19-расм. Синтетик мелилитларнинг ИҚ нур ютиш спектрлари:

1- $\text{Ca}_2\text{SiAl}_2\text{O}_7$ ; 2- $\text{Sr}_2\text{SiAl}_2\text{O}_7$ .



20-расм. Кристалларнинг ИҚ нур ютиш спектрлари:

1- $\text{CaSiO}_3$ ; 2- $\text{La}_{9,34}(\text{SiO}_4)_6\text{O}_2$ ; 3- $\text{Ca}_{16}\text{La}_8\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{72}$ ; 4- $\text{Ca}_{16}\text{Nd}_8\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{72}$ .

### 4. Инфрақизил спектроскопия усули аппаратлари.

Бу усулда қўлланадиган жихозлар спектрометр ёки спектрофотометр деб аталади. Ушбу приборлар ёрдамида нур чиқиш интенсивлиги ўлчанади ва улар детекторли қурилмага фокусировка қилинади. Диспергирлашган элемент-нинг турига қараб улар уч асосий классларга ажралади:

1. Призмали;
2. Дифракционли;
3. Комбинировкалашган призма-дифракционли.

Группа ёки радикалларга оид маълумотлар, катионларнинг анионлар билан берадиган валент тебранишларини аниқлашда инфрақизил спектроскопик тахлил яхши натижа беради. Инфрақизил нурларни ютиш ва қайтариш спектрлари билан қаттиқ модда таркибидаги комплекс группалар ва радикаллар тузилиши орасида назарий боғлиқлик бор. Шу боғлиқлик текшириладиган модда билан эталон инфрақизил спектрларини солиштириш ва бошқа усуллар орқали амалга ошади.

**Текшириш учун ускуналар.** ИҚ нурларини ўтказиш, нур қайтарилиши ва нур ютиши спектрлари  $0,76\div 25$  мк тўлқинлари оралиғида махсус ИҚ спектро-фотометрларда олинади.



21 расм. Фурье-ИҚ спектрометри Bruker Vertex 70.

Ҳозирги кунда ИҚС-12 (бир каналли, бир нурли), ИҚС-14 ва ИҚС-21 (икки каналли) жихозлари мавжуд.

Чет эл жихозларидан: UR лар, айниқса UR-20 (Германия) моделига оид Бекман спектрометрлари қўлланилади. Бу аппаратларининг ютуғи: 1) ёпиқ система; 2) частоталарни тез беради.

Мавжуд жихозларнинг ҳаммаси маълум текшириш диапазонида, кўпинча 1-2 мк ( $10000-5000$  см<sup>-1</sup>) дан 25-40 мк ( $400-250$  см<sup>-1</sup>) гача ва 50 мк дан 300 мк ва ундан каттарок ( $200$  см<sup>-1</sup> ундан кичик)ларда ишлашга мослаштирилган.

Турли фирмаларнинг жихозлари бир-биридан ИҚ спектрларини аниқ тарзда бериши, ишининг стабиллиги, спектр олишдаги автоматик жараёнлари билан фарқ қилади. Турли жихозларда олинган ИҚ спектрларни фақат фотометр характеристикаси бир-хил бўлса ёки жихозий хатолар таъсири ҳисобга олинган бўлсагина таққослаш мумкин.

### **5. Усулнинг афзаллиги ва камчиликлари.**

#### **Афзаллиги:**

1. Текширув учун жуда оз миқдорда (1-10 мг) модда олиш;
2. Қатлам қалинлиги бир неча микрондан иборат бўлиши;
3. Текширув учун олинган намунада йўқотишлар содир бўлмайди;

4. ИҚ нурланишдан текширилаётган моддада кимёвий ва физикавий ўзга-ришлар содир бўлмайди;

5. Маълум группалардаги атомларнинг жойлашиши, фазавий ҳолати ва умуман жуда нозик структура тахлилини олиб бориш имконияти;

6. Тажриба натижаларининг автоматик равишда фотоқоғозга тушириш;

7. Тез парчаланиб кетувчи, ўзгарилишнинг кичиклигидан кристаллооптик ва рентгенографияда тутиб бўлмайдиган баъзи номаълум кристалларни топиш;

8. Моддаларни ИҚ спектрининг ҳамма тўлқин узунлигида нур синдириш кўрсаткичини аниқлашга имкон беради;

#### **Усулнинг камчиликлари:**

1. Жуда оз миқдордаги қўшимча (1-5 % дан кам) ва баъзи жуда ҳам кам группировкаларни намоён этмайди;

2. Миқдорий анализ натижаларининг юқори даражада эмаслиги;

3. ИҚ нурларини қайтариш спектрларини олишни бироз кийинлиги;

4. Решетканинг ички тебранишлари билан анионлар тебраниши ўрта-сидаги боғлиқликни кўрсата била олиши;

5. Кристаллнинг майдон кучланишини характерловчи коэффицентлар тўпламини етарли даражада ишончли эмаслиги;

6. Қиймати жиҳатидан яқин ва изоморф ўзгарувчан атомларнинг тебра-ниш частоталарини идентификациясидаги қийинчилик.

7. Моддаларни механик майдалашда ва КВг билан таблеткалар прес-слашда структура ўзгариши эҳтимолдан ҳоли эмас. Яна текширилаётган модда кристалларининг КВг билан аралашиб кетиши;

8. Кукуннинг баъзи қисмларида нурланишнинг ҳар хил ўтириши нати-жасида нур қайтариш ва ютилишида ноаниқ эффектларнинг пайдо бўлиши.

#### **Мавзуга оид назорат саволлар.**

1. ИҚ нури ким томонидан ва қачон кашф этилган?

2. Инфрақизил нурларининг тўлқин узунлигини ўлчов бирликларида келтиринг.

3. ИҚ нурларини қайтариш ва ўтказиш миқдорлари қандай формулалар билан ифодаланади?

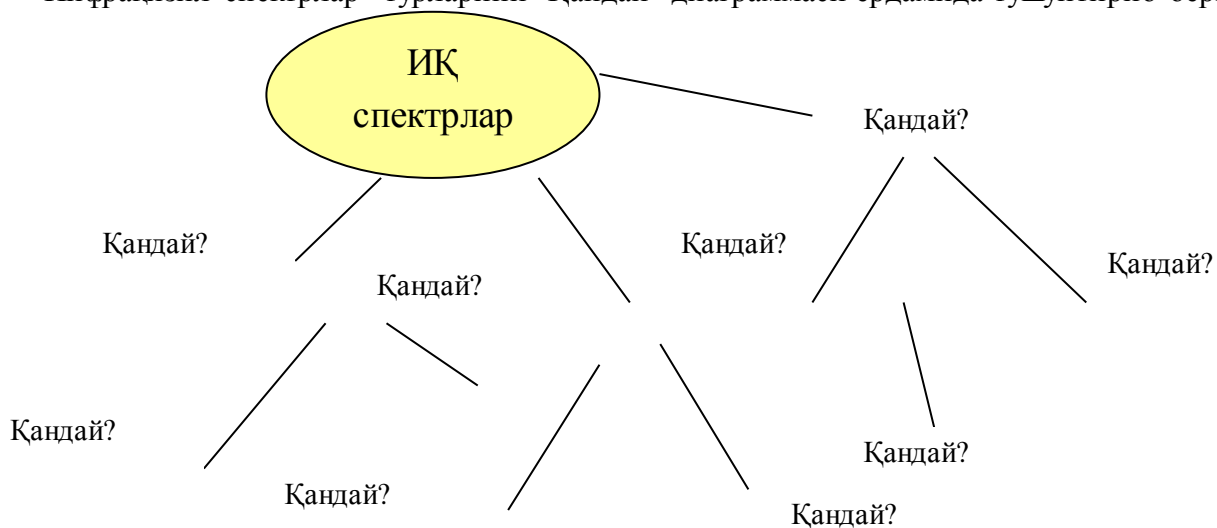
4. Моддаларнинг инфрақизил спектрлари нима билан характерланади?

5. ИҚ нурларни ютиш, ўтказиш ва қайтариш спектрлари қандай ифодала-нади?

6. Нур ютиш полосалари ҳақида тушунча беринг.

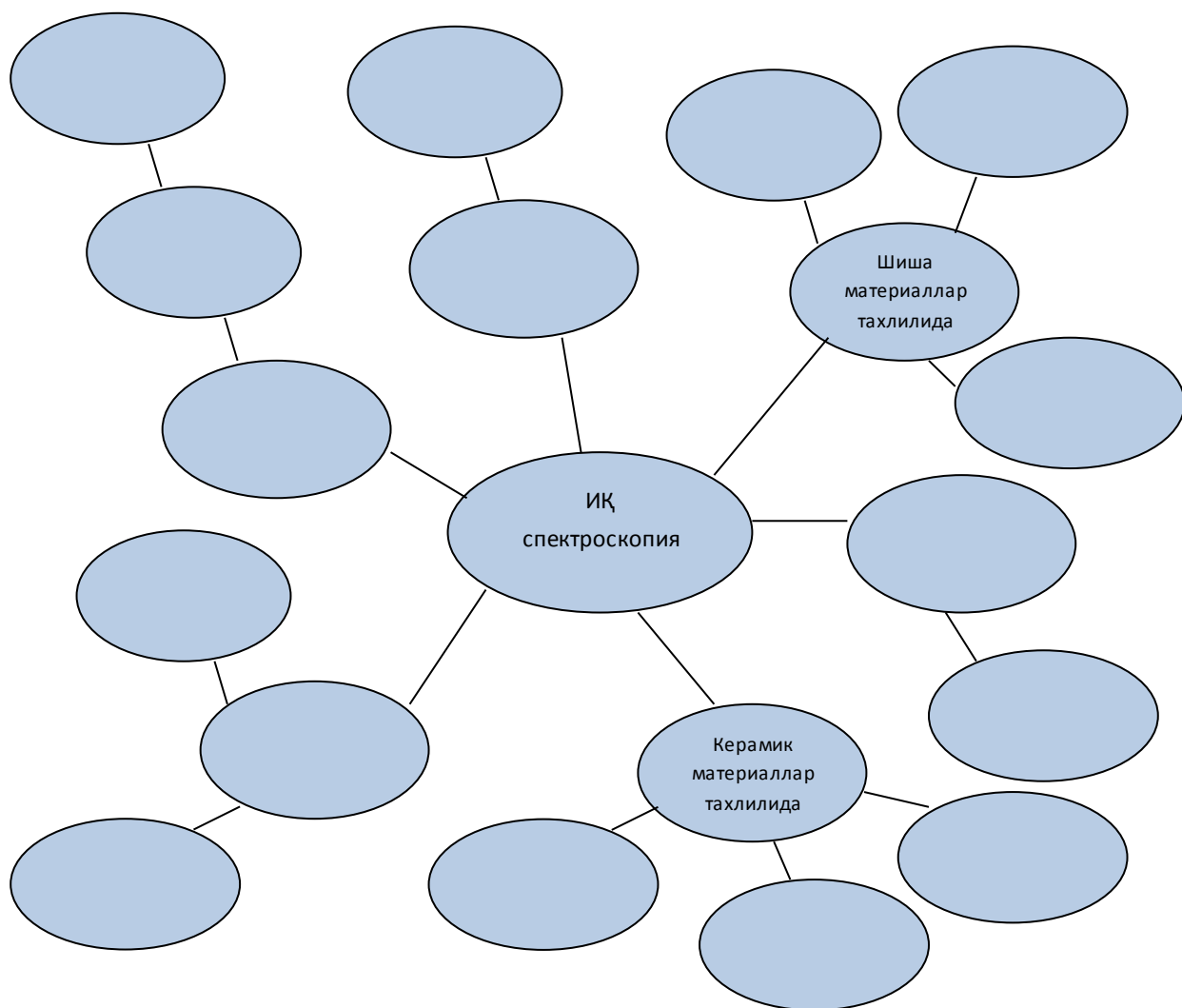
**5-илова**

“Инфрақизил спектрлар” турларини “Қандай” диаграммаси ёрдамида тушунтириб беринг.



**6 илова**

“Силикат ва қийин эрийдиган материалларнинг тахлил қилишда инфрақизил спектроскопия усулининг имкониятлари” мавзусига “Кластер” диаграммасини тузинг.



## МАВЗУГА ОИД ТАЯНЧ СЎЗ ВА ИБОРАЛАР.

**Инфракизил нурланиш**- бу 0,76 дан 1000 мк гача тўлқин узунлигидаги (ёки тўлқин сонлари  $13160-10 \text{ см}^{-1}$ ) электромагнит нурланиш бўлиб - ёруғлик спектрлари (0,40 - 0,76 мк) ва радиотўлқинлар [ $\lambda > 1 \text{ см}^{-1}$  (1000мк)] оралиғидаги нурла-нишдир. Ҳозирги вақтда силикатларни ўрганишда кўпинча ИҚ нурланишнинг 2 дан 25-40 мк гача бўлган областлари қўлланилади.

Нормал ИҚ нур оқими силлиқланган, ясси модда юзасига тушганда: а) **ундан қайтади; б) модда заррачаларида ютилади ва ёйилади; в) нур ўтказди.**

**Инфракизилспекроскопик таҳлилнинг қўлланилиши** - а) кимёвий бирикмалар; б) минераллар; в) тупроқлар; г) қурилиш материаллари; д) силикат хом-ашъёлар ва бошқаларнинг таҳлили.

**Инфракизилспекроскопик таҳлилнинг мақсади** - 1) Бирикма, минерални диагностика қилиш учун (сони, парчаланиши ва полосаларининг ҳолати бўйича); 2) Ярим миқдорий кимёвий таркибни аниқлаш учун; 3) Кристалл ёки аморф моддаларнинг кристалланиш даражасини аниқлаш учун. 4) Моддадаги мураккаб группаларнинг таҳлили. 5) Моддаларнинг қиздириш ва бошқа турли реакцияларда ўзгариш жараёнини (янги модда пайдо бўлиши, фазалар аралашмаси, оралик маҳсулот-лар, диссоциация ва бошқалар) ўрганиш учун. 7) Минерал структурасидаги сувнинг ёки намликнинг шакли ва турини аниқлаш учун. 8) Структуранинг тартиблилиги ва тартибсизлиги (тартибсизлик ҳолатида полосалар чўзилган ва интенсивлиги пасайган бўлади)ни аниқлаш учун. 9) Фазалар ёки қўшимчаларнинг миқдорини аниқлаш (жуда ҳам аниқ эмас) учун. 10) Полиморф ўзгаришларни ва нукталарни ҳамда Кюри нукталарини (сегнетоэлектрик- $\text{BaTiO}_3$ ) аниқлаш учун. 11) Кристалл фаза ёки шишани (масалан, оптик шишалар) бир таркиблилигини назорат этиш учун.

**Спектрометр ёки спектрофотометр – ИҚ спектроскопия** усулида қўлланадиган жихозлар ёрдамида нур чиқиш интенсивлиги ўлчанади ва улар детекторли қурилмага фокусировка қилинади.

**ИҚС-12 (бир каналли, бир нурли), ИҚС-14 ва ИҚС-21 (икки каналли) ИҚ спектрофотометрлар** - ИҚ нурларини ўтказиш, нур қайтарилиши ва нур ютиши спектрлари  $0,76 \div 25$  мк тўлқинлари оралиғида махсус ИҚ спектрофотометрларда олинади.

**Чет эл жихозларидан:** UR лар, айниқса UR-20 (Германия) моделига оид Бекман спектрометрлари қўлланилади. Бу аппаратларининг ютуғи: 1) ёпиқ система; 2) частоталарни тез беради.

**Текшириш диапазони** - мавжуд жихозларнинг ҳаммаси маълум текшириш диапазониغا, кўпин-ча 1-2 мк (10000-5000 см<sup>-1</sup>) дан 25-40 мк (400-250 см<sup>-1</sup>)гача ва 50 мк дан 300 мк ва ундан каттарок (200 см<sup>-1</sup> ундан кичик)ларда ишлашга мослаштирилган.

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. Исматов А.А. Силикат ва зўрғасуюлувчан материаллар физик - кимёвий тахлилининг замонавий усуллари. – Тошкент: Фан ва технология, 2006. -268 б.
2. Таблица физических величин. Справочник / Под. ред. И.К.Кикоина.- М.: Атомиздат, 1976.-106 с.
3. Плюснина И. И. Инфракрасные спектры силикатов. - М.: МГУ,
4. 1967.-189с.
5. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов. –Л.:Наука,1968.-347 с.
6. Плюснина И. И. Инфракрасные спектры минералов. - М.: МГУ,
7. 1977.-174с.
8. Зинюк Р.Ю., Балыков А.Г., Гавриленко И.В. ИК спектроскопия в неорганической технологии. –Л.: Химия, 1983.

### **3-мавзу. Рентгенографик тахлил, физикавий асоси. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар..**

#### **Режа:**

1. Рентгенографик тахлил, физикавий асоси.
2. Рентген нурлари, замонавий текшириш усуллари ва асосий ускуналар.
3. Сифат рентген фазавий тахлил, кристалл панжарадаги текисликлараро масофани ҳисоблаш.

*Таянч сўз ва иборалар. Рентген, рентген нурлари, Вульф-Брегг дифракцион эффекти, қаттиқ рентген нури, юмшоқ рентген нури, монохроматик нурланиш, рентген аппарати, рентген камераси, ренген трубкаси, ионли рентген трубкаси, электронли рентген трубкаси, кеногрон, чўгланиш реостати, юқори волтлытли трансформатор, чўглаш трансфарматоридифрактометр, нурланиш детекторлари.*

#### **1. Рентгенографик тахлил, физикавий асоси.**

1895 йили физика фанида оламшумул воқеа руй берди. Шу йили улуғ немис физиги, Нобель мукофотининг биринчи лауреати, профессор В.К. Рентген томонидан кўз илғамайдиган янги нур “X” борлиги қайд этилди. Бу нурлар кейинчалик олим шарафига рентген нурлари деб аталди.

1912 йили Лауэ ва унинг ҳамкасабалари томонидан рентген нури дифракцияси кашф қилинди. Натижада фазаларни тўғридан-тўғри идентификация қилишга имкон берадиган энг ишончли рентгенофазовий анализ усули яратишга муваффақ бўлинди.

Рентген нурларини регистрация қилувчи ионизацион ва сцинтиляцион счетчикларнинг пайдо бўлиши ва такомиллаштирилиши, фотография усули яратилиши ва унда фокусловчи камера-монохроматорларнинг таракқий этирилиши орқали фазовий анализ чегаралари кенгайтирилди.

Рентген нурларининг кашф этилиши, яратилган турли усул ва жихозларнинг қўлланилиши физика, кимё, тиббиёт ва айниқса техника фанлари (металлар технологияси, металлургия, машинасозлик)га имкониятлар очиб берди.

Рентген нурлари  $0,01 \div 0,00001$  мк ёки  $10^2 \div 10^{-1}$  А тўлқин узунлигига эга бўлиб, улар ёруғлик нурлари каби электромагнит табиатга эга. Улар ижобий ядро ва салбий электронлардан ташкил топган атомга доимий осцилловкаланувчи кучи каби таъсир этади. Электрон ва ядро бир яқинлашади, бир узоклашади. Натижада атомнинг ўзи тушаётган рентген нури тўлқин узунлигига нурланади. Алохида атомлардан чиқарилаётган нур тўлқинлари ёйи бир-бирига қўшилади ва ёйилган тўлқинлар фронтини ҳосил қилади. Атомларнинг панжараларидан ёйилган кўпгина тўлқинлар ичида фақат кузгудан қайтарилиш қонунига бўйсинувчиги сақланиб қолади. Айнан қайтган нур ва атомли занжир ўртасидаги бурчак худди занжир ва тушаётган нур орасидаги бурчак сингари бўлиш керак. Хажмий кристаллар учун бу картина мураккаблашади.

Рентген нурлари биринчи марта Рентген томонидан иккита электрод кавшарланган шиша найчадан иборат ҳавони  $10^{-5}$  мм симоб устуни босимида сўриб олиниши ва ундан электр токи ўтказилиши орқали ҳосил қилинган. Ўрнатилган электродлардан ўзига хос, кўзга кўринмайдиган нурлар чиқиши қайд этилган.

Рентген нурлари квант нурлари қаторига киради, таъсири гамма нурлари каbidир. Бу нурларнинг хиди йўқ. Улар рангсиз бўлиб, буюмлар ичига кириши, сингиш, тарқалиш, ёритиш, фотокимёвий ион ҳосил қилиш, биологик таъсир кўрсатиш каби хосса - хусусиятларга эга.

Рентген нурининг турли модда ва жисмлар ичига кириш хусусияти нур тўлқинларининг узунлигига боғлиқ. Агар нур таркибида “қаттик”, яъни тўлқин узунлиги кичик нурлар кўп бўлса, ичига кириш “юмшоқ” (тўлқин узунлиги узун) нурларга нисбатан кўпроқ бўлади.

Рентген нурларининг интенсивлиги турли модда ва жисмлардан ўтаётганда ўзгаради. Бу уларнинг қалинлиги, қаттиқлиги, солиштира оғирлиги ва кимёвий тузилишига боғлиқ. Газ ва ҳаво рентген нурларини сингдирмай ҳаммасини ўтказиб юборади. Лекин барий сульфат ёки қўрғошин кўп нур ўтказмайди. Шунинг учун улар рентген нурларидан сақланиш учун тўсиқ сифатида ишлатилади.

Рентген нурлари модда ёки жисм томонидан ютилганда, улар иккинчи даражали рентген нурларини чиқарадиган манбага айланиб қолади.

Рентген нурларини олиш замонавий турлича тузилган аппаратларда амал-га оширилади, лекин уларнинг пайдо бўлиши бир хил принципга – рентген трубкасида катодга юқори кучланиш берилганда ўзидан электронлар – гамма нурлари чиқарилиши, уларнинг кутбланган антикатодга куч билан урилиши натижасида катта тезликда заррачалар отилиб чиқишига асосланган.

### **Рентген нурларининг дифракцияси.**

Рентгенография – рентген нурлари ва уларни металл, металл қотишмалари, кимёвий бирикма, минерал ва турли хом ашёларни тадқиқот қилиш фани. У юқорида санаб ўтилган моддаларнинг атом, суб-, микро- ва макро-структуралари ҳамда кимёвий таркибини аниқ билишга хизмат қилади. Кимёвий модда ёки минерал атом даражасидаги тузилишини текширилаётганда кристалл пан-жараларининг тури ва параметрларини аниқлаш имконини беради. Унинг асосий ютуқлари кристалллар, кристалл сингониялари, кристалл панжаралари каби терминларга келиб тақалади.

Рентген нурларининг кристалл моддалар атомларига урилиб тарқалиши Москва университетининг профессори Г.В. Вульф ва инглиз физиклари ота-бола Г. ва Л. Брегглар томонидан биринчи мартаба ўрганилган. Қайтган нурларни олимларнинг фикрича кристаллдаги атомлар текислигидан қайтган деб ҳисоблаш мумкин.

Кристаллардаги рентген нурлари дифракцияларини баён этишнинг қулай усулини ота-бола Г. ва Л. Брегглар топишган. Уларнинг формуласи

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$$

бўлиб, бу ерда  $n$ -яҳлит сон бўлиб,  $y$  1,2,3... нурларининг қайтиш тартибини беради;

$\lambda$ -рентген нурлари тўлқин узунлиги,  $\text{Å}$ ;

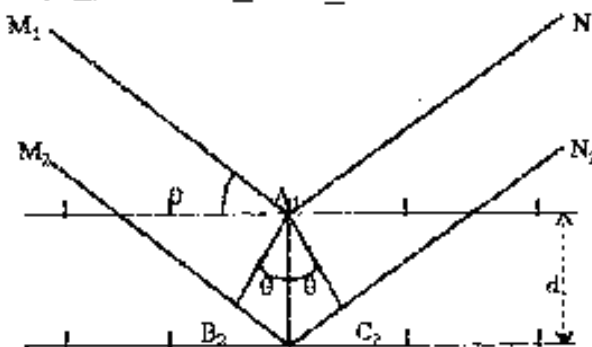
$d$ -кристалл панжарадаги атомлар юзаси орасидаги масофа;



$\theta$ - атом юзасига тушаётган рентген нурлари тушиш бурчаги.

Юқорида берилган тенглама рентгеноструктуравий ва рентгеноспектрал анализлар учун асосий ҳисоблаш формуласи бўлиб, у дифракция натижасида оған нурларнинг йўналиши кристалл панжара тузилишига ўта боғлиқ эканлигидан далолат беради.

Рентген нурларининг синдириш кўрсаткичи бирга тенг деб қабул қилинган. Бу рақам рентген нурининг кристалл ташқарисидagi ва унинг ичидаги йўналишлари бир хил бўлади деган хулосани келтириб чиқаради.



29-расм. Вульф-Бреглар тенгламаси ечимига оид.

Бу ҳолда рентген нурларининг интерференцияси содир бўлади. Дифракцион анализ, қайси усулда (кўпинча фотоленкада) қайд этилганидан қатъий назар, қаттиқ моддаларни атом тузилишини ўрганишга имкон беради.

## 2. Кристалл панжара текисликлар-аро масофани ҳисоблаш.

Турли бирикмаларни кристалл панжара юзаси орасидаги масофани Вульф-Брегг формуласи ёрдамида ҳисобланади. Бунда модданинг ҳамма атомлари кристалл юза бўйлаб бир-бирдан параллел ва тенг узокликда жойлашганлигини намоён қилади.

Умуман олганда рентгенография усулларида кристалл панжара текислик-лариаро масофа роли катта. Усулнинг асосида ҳам рентген нурларининг шу кристалл панжарасига тушганда дифракцияланиши ётади. Бундай нурлар кристалл ёки аморф қаттиқ модда орқали ўтганда унинг атомларидаги электронларга катта таъсир кўрсатади. Бу таъсир кристалл тузилиши моддалар учун ўта сезиларлидир. Натижада электронлар тебранма ҳаракати вужудга келади ва улар иккиламчи тўлқин манбаига айланади.

Дифракциянинг кристалл панжарасидаги ҳолати ва ҳисоботи кристаллар ҳолатининг параллель юзалар системаси кўринишида талқин қилинишига келиб тақалади. Ҳар бир бундай юза ёки текислик панжаранинг кўп сонли болғовчи нуқталари орқали ўтади ва улар сеткасимон юза деб аталади. Сетка- симон юза уларнинг устига тушаётган рентген нурлари ёки тўлқинларини кўзгусимон қайтишини таъминлайди. Дифракцион максимумларнинг пайдо бўлиши параллель сеткали юзалардан қайтаётган тўлқинларнинг бир-бирини интерференция ходисаси орқали кучайтиришига боғлиқ. Бу талаб дифракцияланувчи тўлқин узунлиги ( $\lambda$ ) ва сеткали юзага тушаётган нур бурчаги ( $\theta$ ) нинг орасидаги маълум даражада боғланишга боғлиқ.

## 3. Текшириш усулари ва рентгенографияда қўлланиладиган асосий ускуналар. Текшириш усуллари.

Рентген нурлари ёрдамида бажариладиган рентгенографик текшириш усуллари жуда кўп. Моно- ва поликристаллик силикат моддаларини текширишда асосан қуйидаги усуллар қўл келади:

1. Жойидан кўзгалмайдиган монокристалларни текшириш усули - бунда тасвир фотоленкали касетага қора нуқталар шаклида қайд этилади. Бу усул адабиётда Лауэ усули ҳам деб аталади. Одатда текшириш учун ўлчами 0,2-1 мм бўлган монокристалл олинади;

2. Айланувчан монокристаллни текшириш усули ёки Лауэ методи - фотоленкада доғлар шаклида тасвир олинади. Намуна текшириш пайтида камеранинг ўқи атрофида 1 минутда 0,2-2 маротаба айланади. Бу ҳолатда элементар ячейканинг ўлчамлари ва шаклини аниқ топиш имконияти пайдо бўлади;

3. Кукун усули - фотопенкали цилиндрик касетага махсус эгри чизиклар ҳолида қайд этилади. Ионизацион рентгенограмма ҳолида олиниши ҳам мумкин. Бу ҳолда фотопенка ролини дифрактометрдаги счетчик тешиги бажаради. Дифракцион шакл секин – аста, счетчик айланишида пайдо бўлувчи ва кетма-кет келувчи чизиклар ҳолида олинади.

4. Рентгенодефектоскопия - газли ғоваклик, дарз кетиш каби ҳолатлар қайд этилади.

Тиббиётда қўлланиладиган асосий усуллар қаторига қуйидагилар киради:

1. Рентгеноскопия - бемор экран билан рентген трубкаси оралиғида туради. Натижа зичланган жойни қорайтириш ҳолатида қайд қилиш билан тугайди;

2. Рентгенография - текширилаётган аъзонинг сояси рентген пленкасида тасвирланишига асосланган;

3. Флюорография - аъзо тасвири махсус аппарат билан суратга олинади, бунда пленка автоматик ҳолатда сурилади;

Рентгенографик анализни паст хароратда ҳам олиб бориш мумкин:

ДРОН-серияли аппаратлар: ДРОН-1, ДРОН-1,5, ДРОН-2, ДРОН-4, ДРОН-УМ1-0,1 ва хоказо. Рентген дифрактометри умумий вазифаларни бажаришга мўлжалланган бўлиб, у ионизацион шакли электрон ҳисоблаш машиналарига уланган перфолентага ҳам тушуриши мумкин. Бундай аппаратлар юқори унумдорликка эга. Рентген трубкасидаги максималь кучланиш 50 кВ, макси-маль ток эса 60 мА.

**Аппаратларнинг асосий қисмлари.** Рентген аппаратларининг асосий қисмларига киради: рентген трубкаси, тўғриловчи лампа - кенотрон, чўғланиш реостати, юқори вольтли трансформатор, чўғланиш трансформатори, бошқарув пулти ва унинг зинапояли автотрансформатори ва бошқалар.

**1. Рентген трубкалари БСВ-2, БСВ-4, БСВ-6 ва бошқалар.** Б-химояли қопламада, хавфсиз; С-структура тахлили учун; В-сувли совитиш маъноларини англатади. Рентген трубкаси рентген нурлари манбаи бўлиб, у тез учувчан электронларнинг йўлида жойлашган анод билан тўқнашуви натижасида юзага келади. Рентген трубкаларида рентген нурларини юзага келиш учун қуйидагилар таъминланиши керак:

а) Озод электронларни ҳосил қилиш;

б) Озод электронларни катта кинетик энергия билан таъминлаш (бир неча мингдан то 1-2 млн электронвольтгача);

в) Анод атомлари билан тез учувчан электронларнинг ўзаро таъсири.

Рентген трубкалари белгиларига қараб қуйидагича таснифланади:

1) Озод электронлар олиш усули бўйича.

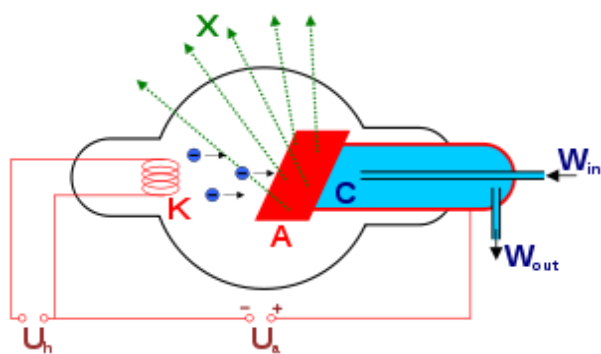
2) Вакуумни ҳосил қилиш ва уни ушлаб туриш усули бўйича.

3) Ишлатилиши бўйича. Трубка материални ёритиш, структура тахлили ва тиббий мақсадларда (диагностика ва даволаш мақсадида) қўлланилади.

4) Фокусни катталиги (майдони) бўйича. Трубкалар нормал ( $6-7\text{мм}^2$ ) ва ўткир ( $\text{мм}^2$ нинг бир неча юз ёки мингнинг улуши қисмича) фокус билан тайёрланади.

Структура тахлили учун қалайланган электрон трубкалар ишлатилади (14-расм). У шиша баллондан ташкил топган, унга иккита электрод киритилган: катод - қиздириладиган вольфрам симли спирал шаклида ва анод- тўла мисли трубка шаклида. Шиша баллонда юқори вакуум ( $10^{-5}\div 10^{-7}\text{мм}$  симоб устуни) ҳосил қилинади. Унда электронларнинг катоддан анодга бориш эркин харакати таъминланади. Катод иссиқлик ва кимёвий таъсирдан ҳамда электронлар орасидаги газли муҳитда чакмоқ ҳосил бўлишидан химояланган.

Вольфрам спирал  $2100-2200^\circ\text{C}$  гача токда қиздирилганда электронларни чиқаради. Трубка полюсига юқори кучланиш қўйилганлиги туфайли анодга катта тезлик билан интилади. Анод (анод кўзгуси) майдонига урилиб, электронлар тормозланади. Тахминан 1% атрофида кинетик энергия рентген нурларининг электромагнит энергияси тебранишига ўзгаради; колган энергия аноддан ажралаётган иссиқликка сарфланади.



30 расм. Рентген трубканинг схематик тасвири.

X — рентген нурлари, К — катод, А — анод (баъзиларда антикатод деб аталади), С — теплоотвод,  $U_h$  — напряжение накала катода,  $U_a$  — ускоряющее напряжение,  $W_{in}$  — совутивчи сувни кириши,  $W_{out}$  — совутивчи сувни чиқиши.



31 расм. ДРОН-7 рентген дифрактометри, Санкт-Петербург

### **Рентгенографик тахлидан фойдаланиш имкониятлари.**

Усулни қўллашни амалий имкониятлари жуда катта. Қуйида улардан асосийлари келтирилади:

1. Табiiй ва сунъий минераллар ва кимёвий бирикмаларнинг диагностикаси учун (кимёгар, кристаллокимёгар, кристаллограф, геохимёгар, геолог, геофизик, физик, металлург, оптик ва бошқалар томонидан):

а) Минераллар турини аниқлаш (слюда, пироксен, дала шпати, гранат, кварц, алунит, мелилит, волластонит, муллит, титанат, карбонат, сульфат ва бошқалар);

б) Бир турли минералларни турли типларини аниқлаш (биотит, флогонит, мусковит; натрийли -, калийли- ва кальцийли дала шпатлари; каолинит, галлуазит ва бошқа тупрок минераллари);

в) Структура турларини аниқлаш (дала шпатининг моноклин ёки триклин шакли, пироксенларнинг моноклин ва бошқа турлари, нефелиннинг ромбик ва гексагональ шакллари ва хоказо);

г) Минерал таркибини сифат ва миқдорий баҳолаш (ион ўлчамлари ва бошқаларга боғлиқ холда).

2. Структура тахлили учун:

а) Моддаларнинг симметрияларини аниқлаш;

б) Симметрия фазовий группаларини-элементар ячейкада молекула, ион, атомларни симметрик жойлашиши;

в) Элементар ячейка ўлчамлари – параметралар: а, б ва с; бурчаклар:  $\alpha$ ,  $\beta$  ва  $\gamma$  кийматлари;

г) Панжарадаги атом, ионларнинг координати ва атомлар орасидаги масофа;

д) Модданинг кристаллик структурасини баёни, структурани ташкил қилувчи атомлар орасидаги масофа, координацион рақам ва бошқалар.

3. Аниқлаш учун:

а) Модданинг монокристаллиги - монокристални структуравий етуқлиги, қўшалокларнинг мавжудлиги, ўлчами, сифати ва бошқа диагностик параметраларини баҳолаш имкони;

б) Модданинг поликристаллиги – поликристаллар кимёвий таркиби, поликристалл заррачалари ўлчами ва хоказо.

4. Минерал структурасидаги у ёки бу элементлар ва уларнинг шаклини аниқлаш - минерал, рудадаги қўшилма (изоморф, механик) ларнинг қандай аралашмаллиги ва эрувчанлигини ўрганиш учун.

5. Тоғ жинслари ва рудаларини сифати ва миқдорини фазовий рентгенографик тахлили.

6. Минералларнинг дисперслиги ва кристалларининг катталикларини баҳолаш.

7. Минераллар структуралари тузилиши, нуқсонлар-Шотки, Френкель ноаниқликлари ва дислокацияларни баҳолаш.

8. Минерални текстураларини аниқлаш.

9. Рентгеноаморф ва коллоид минералларни ўрганиш;

10. Минералларнинг барқарорлиги ва турли таъсирлардан фазовий ўзгари-шини ўрганиш;

11. Зичлик, иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари, Кюри нуқтаси, қаттиқ эритмаларнинг идеаллиги ёки дефект структурага эга эканлиги каби физик хосса - хусусиятларини аниқлаш;

12. Хона хароратидан 1500°C ли харорат таъсирида рўй берувчи физик-кимёвий ўзгаришларни аниқлаш;

13. Минус 190°C гача тадқиқотлар олиб бориш, совуқлик таъсирида рўй берган ўзгаришларни аниқлаш;

14. Рентгенографик тахлилни хаво шароитида олиб бориш ва олинган натижалар турғунлигини таъминлаш;

15. Рентгенографик тахлилни юқори босим остида махсус камералардан фойдаланган ҳолда олиб бориш;

16. Шиша, канифоль, гудрон каби ноорганик ва органик моддаларни ки-чик рентген бурчаклари остида текшириш ва уларда бор бўлган фрагментлар-ни аниқлаш.

### **Рентгенографик тахлил афзаллиги.**

Жуда кўп афзалликлари бор. Улардан асосийлари қаторида қуйидагилар-ни қайд этиш мумкин.

1. Флуоресцент нурланишни филтрлаш мақсадида монохроматлардан фойдаланиш имконияти беради.

2. Интенсивликни юқори аниқликда ўлчаш мумкинлиги (чегаралар фотографик усулда 5-7 %, электрик усулда ўлчашда 0,5-1%).

3. Текшириш натижаларини хужжатлилиги. Иккиламчи нурланишни фото-график қайд этишда рентгенограмманинг хамма линиялари бир вақтнинг ўзида қайд этилади. Дифрактометр ёрдамида турли чизиқларнинг интенсивлиги ҳисобга олинади, сўтчик айлиниши ёки ионизацион камеранинг ўзиёзар машинкасида ёзилади.

4. Кристалларнинг ўлчамларини аниқлаш имконияти. Поликристалл ўлчами ( $10^{-3}$ - $10^{-5}$  см оралиғида ётган бўлса рентгенограммада узлуксиз ва нозик чизиқлари қайд этилади.  $10^{-5}$  см дан кичик ўлчамли кристалларнинг мавжудлиги чизиқларнинг “дифракцион кенгайиш”га олиб келади. Агар кристаллар йирик донали ва  $10^{-3}$  дан катта бўлса,

рентгенограмма донадор, яъни алоҳида нукталардан ташкил топади. Чизикларда кузатилаётган иккала ўзгаришни ҳам кристаллларнинг ўлчамларини аниқлашда ишлатиш мумкин.

5. Кичик бурчак остида кичик ўлчамли объект рентгенограммаларини олиш имконияти (масалан, қаттиқ эритмаларнинг тузилиши бир хилда эмас-лиги, шиша ва бошқалар).

6. Текстурани аниқлаш имконияти (майда кристалл - агрегатларнинг йўналтириш қонуниятлари).

7. Усулнинг юқори даражада унумдорлиги (дифрактометрия);

8. Кристаллнинг керакли йўналиши бўйича қўйиши ва рентгенограмма-сини олиш имконияти.

9. Рентгенография усулининг таъсирида электронография ва нейтроно-графия усулларининг пайдо бўлиши ва такомиллашиши. Уларда электронлар ёки нейтронлар боғларининг намунага таъсири қайд этилади.

**Усулнинг камчиликлари.** Рентгенография усулининг афзалликлари жуда кўп, лекин камчиликлари ҳам бор. Олимларнинг аниқланган камчиликларини бартараф этиб, усул имкониятларини ошириш устида фаол ишламоқдалар. Булар қаторига қуйидагилар киради:

1. Усулни аморф моддалар (шиша, канифол, смола, ях ва бошқалар) структурасини аниқлашдаги заифлиги. Хосил бўлган рентгенограмма ё тўғри чизикдан иборат, ёки жуда паст интенсивли пиклар йиғиндисидан иборат бўлади. Бу камчилик рус олими проф. Парой-Кошиц фикрича рентген нурлари кичик бурчак остида намунага таъсир эттирилишини таъминлаш прецизион усули орқали бартараф этилиши мумкин. Бу усул шишаларнинг тузилишидаги микрооаниқликларни текширишнинг тўғри усули ҳисобланади.

2. Поликристалл моддалари структураларини рентгенографик расшиф-ровка қилишнинг қийинлиги. Уларда атом структураларини аниқловчи маълумотлар кўпинча етарли миқдорда эмас.

#### **Мавзу бўйича саволлар:**

1. Рентген нури қачон ва қим томонидан кашф этилган?

2. Рентген нурларининг тўлқин узунлигини ўлчовини келтиринг.

3. «Қаттиқ» ва «юмшоқ» рентген нурлари деб қандай тўлқин узунлигига эга бўлган нурларга айтилади?

4. Ота-бола Бреглар томонидан тақдим қилинган рентген нури дифракциясига оид формулани ёзиб беринг.

5. Рентген нури ёрдамида бажариладиган рентгенологик текшириш усулларини санаб беринг.

6. Нурланишни ионизацион қайд этиш тахлили аппаратларини номи ва маркасини келтиринг.

7. Рентген аппаратларининг асосий қисмлари номлари ва тузилиши ҳақида маълумотлар беринг.

8. Рентген трубкаси рентгенографик аппаратларда қандай ролни бажаради, улар конструктив қандай деталлардан ташкил топган?

9. Кенотрон, чўғланиш реостати, юқори қолтири трансформатор каби рентген аппарати қисмларининг тузилиши ва вазифалари ҳақида маълумотларни келтиринг.

10. Рентгенографик тахлилдан фойдаланиш имкониятлари қандай?

11. Рентгенографик тахлил афзалликлари?

12. Рентгенографик усул камчиликлари?

#### **4-Мавзуга оид таянч сўз ва иборалар.**

**Рентген нурлари** -  $0,01 \div 0,00001$  мк ёки  $10^2 \div 10^{-1}$  А тўлқин узунлигига эга бўлиб, улар ёруғлик нурлари каби электромагнит табиатга эга. Улар ижобий ядро ва салбий электронлардан ташкил топган атомга доимий осцилловкаланувчи кучи каби таъсир этади. Электрон ва ядро бир яқинлашади, бир узоқлашади. Натижада атомнинг ўзи

тушаётган рентген нури тўлқин узунлигига нурланади. Рентген нурлари квант нурлари қаторига киради, таъсири гамма нурлари кабидир. Бу нурларнинг хиди йўқ. Улар рангсиз бўлиб, буюмлар ичига кириши, сингиш, тарқалиш, ёритиш, фотохимёвий ион ҳосил қилиш, биологик таъсир кўрсатиш каби хосса - хусусиятларга эга.

**“Қаттиқ” рентген нурлари** - тўлқин узунлиги кичик нурлар - 0,6-0,06 А°, моддаларнинг ичига онсонроқ ва кўпроқ киради.

**“Юмшук” рентген нурлари** - тўлқин узунлиги узун нурлар- 6-60 А°.

**Рентгенографик таҳлил** – рентген нурлари ва уларни металл, металл қотишмалари, кимёвий бирикма, минерал ва турли хом ашёларни тадқиқот қилиш фани. У юқорида санаб ўтилган моддаларнинг атом, суб-, микро- ва макроструктуралари ҳамда кимёвий таркибини аниқ билишга хизмат қилади. Кимёвий модда ёки минерал атом даражасидаги тузилишини текширилаётганда кристалл панжараларининг тури ва параметрларини аниқлаш имконини беради.

**Вульф-Брегг формуласи** - турли бирикмаларни кристал панжара юзаси орасидаги масофани Вульф-Брегг формуласи ёрдамида ҳисобланади. Бунда модданинг ҳамма атомлари кристалл юза бўйлаб бир-биридан паралелл ва тенг узокликда жойлашганлигини намоён қилади.

**Кукун усули** - фотоленкали цилиндрик касетага махсус эгри чизиклар ҳолида қайд этилади. Ионизацион рентгенограмма ҳолида олиниши ҳам мум-кин. Бу ҳолда фотоленка ролини дифрактометрдаги счетчик тешиги бажара-ди. Дифракцион шакл секин – аста, счетчик айланишида пайдо бўлувчи ва кетма-кет келувчи чизиклар ҳолида олинади.

**Рентгенодефектоскопия** - газли ғоваклик, дарз кетиш каби ҳолатлар қайд этилади.

**Дифрактограмма** - нур қайтариш бурчаги қиймати ва уларнинг интенсивлигини тўғридан-тўғри беради. Кукун рентгенограммаларида нур қайтаришга боғлиқ бўлган, нур қайтариш бурчаги кўрсаткичидан юзалар аро масофа кўрсаткичига ўтишда, юзаларо масофа турли тўлқин узунликлари бўйича ҳисобланган ва справочникларга йиғилган нурланишни жадвалларидан фойдаланиш орқали бўлади.

### Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Исматов А.А. Силикат ва зўрғасуюлувчан материаллар физик - кимёвий таҳлилининг замонавий усуллари. – Тошкент: Фан ва технология, 2006. -268 б.
2. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982.-632с.
3. Азимов Ш.Ю., Тожиев Ф.Х. Анорганик моддаларнинг физика - химиявий анализи. -Тошкент: Ўқитувчи, 1977.-132 б.
4. Таблица физических величин. Справочник / Под. ред. И.К.Кикоина.- М.: Атомиздат, 1976.-106 с.
5. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961.-863 с.
6. Михеев В.И., Сальдау Э.П. Рентгенофический определитель минералов [Т.П]. – Л.: Недра, 1965.-364с.
7. Васильев Е.К., Кашаева Г.М., Ушаповская З.Ф. Рентгенографический определитель минералов. –М.: Наука, 1974.
8. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. –М.: МГУ, 1976.

## **4-мавзу. Термик тахлил, дифференциал термик тахлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик тахлил усуллари.**

### **Режа:**

1. Термик тахлил.
2. Дифференциал термик тахлил, дифференциал термогравиметрик, комплекс термик тахлил усуллари.
3. Термография усулининг назарий тахлили. Термография усулининг физик асослари-қайтар ва қайтмас жараёнлар.
4. Эндотермик ва экзотермик эффектлар ва уларнинг моҳияти.
5. Усулдан амалий фойдаланиш имкониятлари. Усулнинг афзаллиги ва камчилиги.

**Таянч сўз ва иборалар:** термография, дифференциал-термик, гравиметрия, калориметр, термограмма, Курнаков, иссиқлик, термопара, дериватография, температура, эталон, жараён, қайтар, қайтмас.

### **Термография усули табиати.**

Термография ноорганик моддалар, силикат ва қийин эрийдиган нометалл материалларни қиздириш жараёнида содир бўладиган жараёнларни ўргатади. Улар одатда иссиқлик эффектлари билан боғлиқ.

Термография усулининг турлари жуда кўп. Энг асосийлари қаторига киради:

1. Термик анализ;
2. Дифференциал термик анализ (ДТА);
3. Комплекс термик анализ;
4. Дериватография;
5. Тензиметрия;
6. Газоволюметрия;
7. Дилатометрия.

Биринчи марта қиздириш эгриликлари француз олими Ле-Шателье томонидан 1887 йилда олинган, у температурани платина - платина-родийли тер-мопараларда ўлчаш оққали термографик эгри чизикларни ҳосил қилиш мумкинлигини кўрсатди.

Узоқ йиллар давомида тадқиқотчилар қиздириш эгрилигини вақт ва температура боғлиқлигини координата чизигида қайд этганлар. Бироқ кичик эффектларни бу эгриликларда топиш қийин. 1899 йилда Робертс-Остин диф-ференциал термопара қўллади, бу термопаралар кичик миқдордаги иссиқликни сезувчандир.

1904 йилда француз муҳандиси Саладин Ле-Шателье билан биргаликда координатада термик эгриликларни олувчи аппарат яратдилар. Аппаратга қуйидаги икки фактор асос қилиб олинди:

- 1) Эталон ва намуна температураси фарқи;
- 2) Намуна температураси.

Бу усулни янада ривожлантиришга рус олимлари ҳаракат қилдилар. Россияда термик таҳлил асосчиси Н.С. Курнаков бўлиб, у 1904 йилда ҳозирги кунда ҳам қўлланилаётган пирометрни яратди.

МДХ давлатларида илмий-тадқиқот ишларини ривожланиши натижа-сида системаларни физик-кимёвий ва минерологик таркибларини ўрганиш бўйича қиздириш эгриликлари усулидан силикатлар, руда тузлари ва қотишмаларни ўрганиш учун фойдаландилар.

Термик таҳлилдаги дифференциал ёзувларни киритилиши усулни сезувчанлигини янада орттирди. Икки турдаги термик таҳлил-дифференциал ва оддий эгриликлар ёзила бошлади. Қиздириш эгриликларини ёзиш учун приборга иккита ўта сезувчан кўзгули гальванометр ўрнатилган. 1943 йилда Ф.В. Сыромятников тажриба вақтида дифференциал қиздириш эгрилигига температура шкалаларини суртиш (тушириш) усулини таклиф қилганидан сўнг, термик таҳлил учун аппаратга иккинчи кўзгули гальванометри уланиши ва оддий қиздириш эгрилигини ёзишни ҳожати бўлмади. Янги функциялар билан термик таҳлил физик-кимёвий таҳлил рамкасини яна кенгайтди. 1939 йилда И.В. Танаев термик таҳлилни термография деб аташни таклиф этди.

Термография деганда текширилаётган модданинг ихтиёрий нуктасидаги ҳароратни (ёки ҳароратдаги бирор функцияни) аниқ программа бўйича моддани узлуксиз равишда қиздирилганда ёки совитилгандаги ҳолатини қайд этиш тушунилади.

Усулнинг физик моҳияти: физик ва кимёвий жараёнларнинг катта қисми иссиқликни ажралиши ёки ютилиши билан боради. Баъзи бир жараёнлар тўғри ва қайтар йўналишида, баъзилари эса фақат бир йўналишда содир бўлади.

Қайтар жараёнларга киритиш мумкин: эриш-кристалланиш, қайнаш-конденсация, полиморф ўзгаришлар, мураккаб бирикмаларнинг ҳосил бўлиши ва парчаланиши, диссоциация.

Қайтмас жараёнларга киритиш мумкин: кам барқорор ҳолатдан юқори барқорор ҳолатга ўтиш реакциялари, каттиқ эритмаларнинг парчаланиши, аморф ҳолатдан кристалл ҳолатга ўтиш, ўзаро таъсир реакциялари, монотроп ўзгариш ва бошқалар.

Ҳамма жараёнлар иссиқликни ютилиши ёки ажралиши билан боради, буни ҳароратни ўлчаш йўли билан ўрганиш мумкин. Жараённи боришини ўлчовчи приборлар ёрдамида қайд этилади. Тажриба натижаларини эгри чизиқлар орқали ифодалаш мумкин, бунда вақт ва ҳароратни боғлиқлиги ифодаланади. Агар текширилаётган моддада бирорта фазовий ўзгариш ёки кимёвий реакция содир бўлса, қиздириш режими бузилади. Унинг бузилиши қиздириш эгриликларида ёки майдонда пайдо бўлиш бирга боради.



Қуйида температура ўзгаришига асосланган термик анализ тури, температура ўзгаришига боғлиқ физик параметр ва бу ўзгарувчан параметрни қайд этувчи асбоб схематик равишда қайд этилади: термик анализ (ТА) → энтальпия → калориметрлар; дифференциал термик анализ (ДТА) → намуна ва эталон ўртасидаги температуралар фарқи → ДТА аппаратлари; термогравиметрик анализ → масса → термоторозлар; дифференциал йўналувчан калориметрик анализ → намунага ўтказилган иссиқлик → дифференциал калориметр; солиштирма иссиқлик сиғими ўзгариши анализи ва бошқалар.

### Термик таҳлил.

Системанинг бирорта кўрсаткичининг катталиги мавжуд фазаларни аста-секин миқдорий нисбатда ўзгаришида бирор фазанинг йўқолиб кетиши ёки янги фазанинг сакраб ўзгаришида пайдо бўлади. Бу эгрилигини термик усули орқали олинади. Бунда координата ўқларида модда температураси ва унга жавобан температура ва обдесса ўқларида вақт қайд этилади.

Масалан: I - эффект:  $MgCO_3 - MgO + CO_2$  ёки полиморфизм;

II - эффект:  $CaCO_3 - CaO + CO_2$  ёки эритиш.

Қиздириш вақтида фазовий ўзгаришлар рўй бериши ва унинг бошланиши аниқ нуқтадан бошланади. Модданинг қиздириш эгрилиги бу вақтда тезлашиши ёки секинлашиши мумкин. Масалан,  $\alpha-Al_2O_3$  да қиздириш жараёнида ҳеч қандай фазовий ўзгаришлар содир бўлмайди. Шунинг учун у эталон сифатида ишлатилади. Бу инерт модда ҳам печга жойланади ва худди текшириляётган намуна тезлигида қиздирилади.

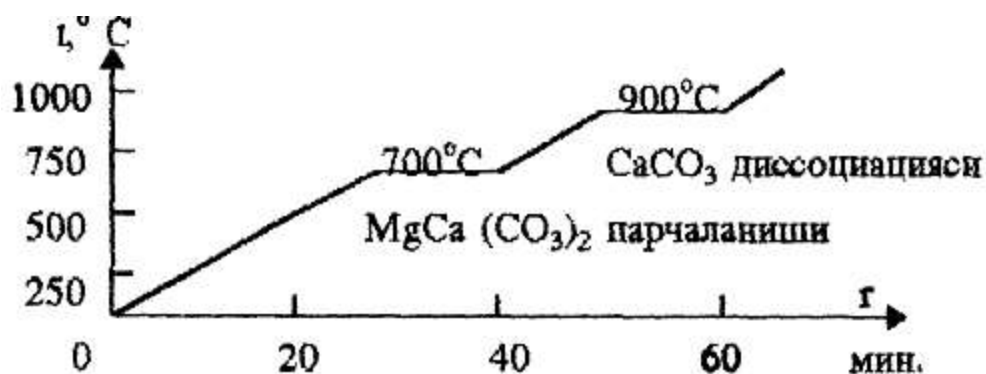
Ҳароратнинг ўзгариши эгриликларнинг горизонтал участкаларида кўринади (23-расм).

Карбонатларнинг диссоциацияси ва гидратларнинг сувсизлантиришдаги қиздириш температурасини аниқлаш муҳим аҳамиятга эга. Шунинг ҳам назарда тутиш керакки, олинаятган температура эффектлари қиймати қиздириш тезлиги, намуна оғирлиги ва бошқа параметрларга таъсир этади.

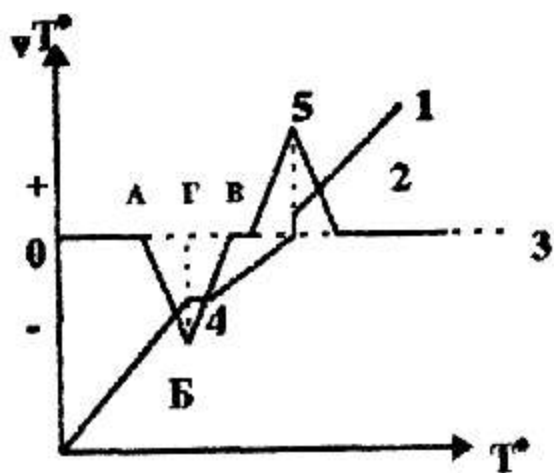
Қиздиралаётган ёки совитилаётган модда температурасини гальванометрнинг кўрсаткичида ёки автоматик тарзда ёзиш мумкин. Қиздириш ёки совитиш эгриликларини автоматик тарзда ёзишда автоматик ўзи қайд этувчи акад. Н.С. Курнаков системасидаги пирометрлар қўлланилади (24 расм).

Курнаков пирометрларида термопара кўзгули гальванометрга уланади, бунда бир меъёр тезлик билан ҳаракатланувчи барабанга ёруғлик нури тушади. Барабан ёруғликни сезувчан қоғозга ўралган бўлиб, унда автоматик тарзда термик эгриликлар ёзилади.

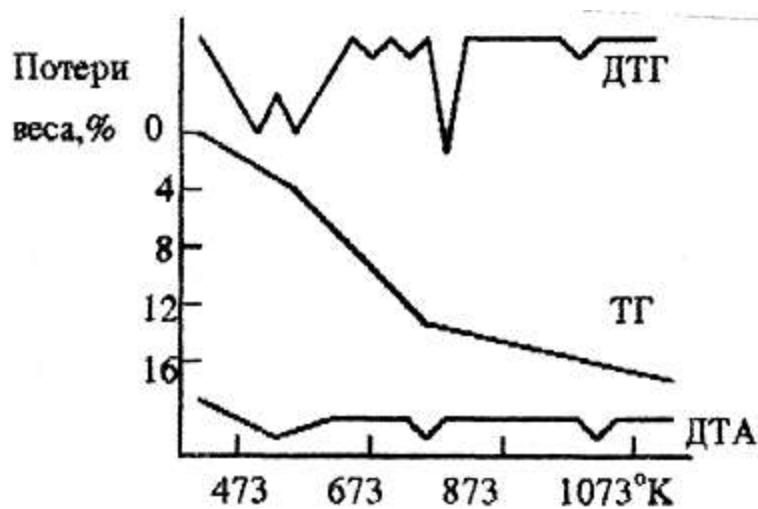
Узоқ вақт давомида акад. Н.С. Курнаков томонидан яратилган пирометрлар термография усулининг асосий асбоби вазифасини ўтади.



23-расм. Доломит минералининг термик тахлили диаграммаси.



24-расм. ДТА табиатини очиб берувчи диаграмма: 1-қиздириш эгрилиги (термик тахлил); 2-дифференциал эгрилик (ДТА); 3-нул линияси; 4-эндотермик эффект; 5-иссиқликни ажралишига оид экзотермик эффект; АБВ-эндотермик эффект чўққиларини ўлчамлари; АВ-чўққининг кенглиги; ГВ-чўққининг чуқурлиги ёки баландлиги-термик реакция интенсивлигини кўрсатгичи.



25-расм. Тоза цемент хамирининг дериватограммаси.

## Дифференциал термик тахлил (ДТА).

Кўпгина холларда реакцияларнинг термик эффекти жуда кичик, шунинг учун унга мос эгриликлар кам сезиларли. Бундай холларда термопаранинг сезувчанлигини дифференциал схема қўллаш билан катталаштирилади (24-25 расмларда келтирилган).

Берилган ушбу холатда дифференциал термопара бир вақтнинг ўзида иккита температурани ўлчайди: 1) текшириляётган модданинг температураси; 2) температура фарқи ёки қиздириляётган модданинг текшириляётган температура интервалида эталон моддага нисбатан ўзгариши.

ДТА чизиғи ёки эгриликларида эндотермик эффектлар қуйидаги холларда рўй беради:

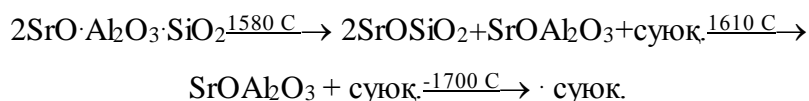
1) Термик бузилиш ёки текшириляётган моддадан газсимон фаза ажралиши билан. Масалан, тупроқ минерали  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$

$2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (дегидратация); оҳактош  $\text{CaCO}_3 - \text{CaO} + \text{CO}_2$  (декарбонизация);

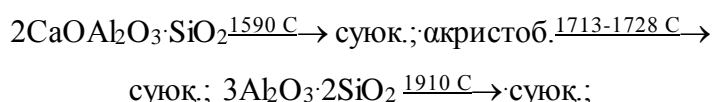
2) Термик парчаланиш, яъни газсимон фаза ажралмасдан модданинг парчаланиши билан. Масалан, алит минералининг парчаланиши:

3) Энантиотрон характерли полиморф ўзгариш билан. Масалан,  $\alpha$ -кварц  $\rightarrow$   $\alpha$ -тридимит (кенгайиш 16%);

4) Модданинг инконгруэнт эриши билан, янга таркибнинг суюқ ва қаттик фазаларини ҳосил бўлиши билан биргалиқда,



5) Модданинг конгруэнт эриши билан:



$\text{MgO} \xrightarrow{2800\text{ C}} \text{суюқл.}; \text{CaO} \xrightarrow{2570\text{ C}} \text{суюқ}; \alpha\text{-}2\text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2 \xrightarrow{2130\text{ C}} \text{суюқ}.$

6) Қайнаш – буғланиш ва возгонка;

7) Қайтар реакциялар.

Моддаларнинг дифференциал термик анализ шакларида экзотермик эффект қуйидаги сабаблар туфайли содир бўлади:

1) Оксидланиш реакцияларида  $\text{Fe} + \text{O} \rightarrow \text{FeO}; \text{Ce}_2\text{O}_3 + \text{O} \rightarrow 2\text{CeO}_2;$

2) Монотроп характерли полиморф ўзгариш, берилган температурада берқарор модификациядан барқарорга ўтиш билан биргалиқда  $\alpha \square 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (белит)  $\xrightarrow{725-20\text{ C}} \gamma \text{C}_2\text{S}$  (2,97 г/см<sup>3</sup>);

3) Берқарор аморф холатидан кристал холатига ўтиш билан  $\text{SiO}_2$  шиша  $\rightarrow \alpha \square$ -кристобалит; коллоидлар кристаллизацияси;

- 4) Бирикма реакцияси билан. Масалан, алитни хосил бўлиши.
- 5) Абсорбция жараёни рўй берганида;
- 6) Адсорбция жараёнида;
- 7) Кристалларнинг йириклашиш жараёни ва бошқаларда.

Юқорида қайд этилган эффектлар табиатига кўра 2 группага ажралади – физик ва кимёвий ўзгаришлар.

Физик термоэффект берувчиларга киради: абсорбция, адсорбция, поли-морф ўзгариш, кристаллар йирикланиши, десорбция, эриш, аморф ҳолатидан кристалл ҳолатига ўтиш, сублимация ва бўғланиш.

Кимёвий термоэффект берувчи жараёнлар сафига химосорбция, бўлиниши реакциялари, дегидратация, газли мухитда оксидланиш, молекулалар камайиши билан рўй берадиган оксидланиш реакциялари, оксидланиш – қайтарилиш реакциялари, газли мухитда қайтарилиш, қаттиқ фазада рўй берувчан реакциялар, бириктириш ва ўринолмошиш реакциялари, изомеризация ва бошқалар киради.

#### **Комплекс термик анализ.**

Усул Г.Н. Воронков (1953 й.) ва Э.К. Келер (1955 й.) томонидан керамик хом-ашъёларни текшириш учун ишлаб чиқилган. Унда Келер бўйича қуйидагилар бор: 1) одатдаги ДТА; 2) қиздириш жараёнида материални узайиши ёки қисқаришини аниқлаш; 3) қиздиришда материал оғирлигини йўқолишини аниқлаш.

Воронков бўйича КТА га киради: 1) ДТА эгриқлари; 2) оғирликни ўзга-риши эгрилиги; 3) ҳажми ўзгариши эгрилиги; 4) электрқаршилик эгрилиги.

Фотоқайд этиш қурилмаси сифатида Курнаков пирометри ишлатилган: барабаннинг фотоқоғозида бир вақтнинг ўзида термик эффектлар, намунанинг оғирлиги ва ҳажми ўзгариши қайд этилади. Намунанинг чизиқлари ўлчамини ўзгариши (тажрибадан олдин қўйилган белги) фото қайд этиш учун оптик системада берилган.

Термогравиметрик чизиғи олишда, шу жумладан комплекс термик анализ-да ҳам худди бошқа термография методларида рўй берадиган ҳолатдагидек кўп факторлар мавжуд. Улар тажриба натижаларининг аниқлиги ва қайта тикланишига гоҳ ижобий, гоҳ салбий таъсир ўтказди. Уларни икки асосий группага бўлиш мумкин:

1. Ўлчовчи асбоблар (термотарозлар) тузилиш ва ишлаши билан боғлиқ бўлган факторлар:
  - а) печь қиздирилиш тезлиги;
  - б) ёзиш тезлиги;
  - в) печь атмосфераси;

- г) намуна ушлагич шакли;
- д) ёзув қурилмаснинг сезгирлиги;
- е) намуна контейнери материали кимёвий таркиби.

## 2. Намуна характеристикаси:

- а) намуна массаси;
- б) намунада ажралиб чиқарилаётган газнинг қайта эриши;
- в) намуна бўлакчалари ўлчами;
- г) реакция иссиқлиги;
- д) намуна бўлакчаларининг зич жойлашиши;
- е) намунанинг кимёвий таркиби;
- ж) иссиқлик ўтказувчанлик ва хоказо.

### **Дериватографик анализ.**

Бу усулга К.Хонда 1915 йили асос солган ва илк бор термотарозлар яратган. 1915-1920 йиллар давомида усулнинг термогравиметрия қисми Гайчар томонидан ривожлантирилган. Ўтган асрнинг 1940-1950 йилларида Дюваль усул афзалликларини амалда синаб кўрсатган. 1950-чи йилларда эса юқори сифатли саноат термотарозлари пайдо бўлди. Бу эса дериватографияни пайдо бўлишига олиб келди.

Дериватографиянинг анъанавий ДТА дан фарқи шундаки, бир намунанинг ўзида энтальпия ва оғирликни йўқотиш қайд этилади. Оддий ҳолдаги дифференциал термотахлилда температура намунада, термогравиметрияда эса-печдаги муҳитда ўлчанади. Бу эгриликларни мос равишда қўйишда қийинчиликларни юзага келтиради ва хатоларга йўл қўйишга олиб келади.

1955 йилда венгер фуқаролари Ф.Паулик, И.Паулик ва Л.Эрдан дериватография усули бўйича тақлиф киритишган. Бу усул бўйича автоматик равишда тўртта эгрилик қайд этилади: 1) температура эгрилиги; 2) ДТА эгрилиги; 3) термогравиметрик эгрилик (ТГ); 4) дифференциал термо-гравиметрик эгрилик (ДТГ).

ДТГ бўйича қиздириш жараёнида оғирлик тезлигининг ўзгариши аниқланади. Бу эса ўз навбатида термографик эгрилик ТГ устига устма-уст тушган жараёнларни ажратишга имкон беради.

Бунга эришиш учун дериватограф торозиси чашкаларидан бирига пермагнет-магнит ўрнатилган бўлиб, у чўлғам ичида вертикал ўқда жойлашган. Материални қиздириш билан оғирлигини ўзгаришида магнит қиздириш тезлигига пропорционал равишда сурилади. Магнит майдонида ҳосил бўлган ток магнит узатиш тезлигига пропорционал бўлади ва унинг кучланиши приборда фотографик йўл билан қайд этилади.

Мисол тариқасида юқорида тоза цемент хаамири (юза кўрсаткичи 4000 см<sup>2</sup>/г, колиплаш температураси 293 К ва ёши 28 суткага тенг)ни киздиришда хосил бўладиган дериватограмма юқорида берилган.

### **Термик тахлилда фойланиладиган усқуналар.**

Термография усулларининг имконияти катта. Энг аввало улар ёрдамида текширилаётган моддада содир бўладиган эндо- ва экзотермик эффектларни қайси температура нуқтасида бошланиши ва қайси температурада тугаши ҳақида ўта аниқ хулосага эга бўламиз. Бу эса биринчи ҳарорат нуқтасининг пасти ва иккинчи ҳарорат нуқтасининг тепа томонларида рентгенографик, ИҚ спектроскопик ва микроскопик тадқиқотлар ўтказиб, фиксация қилинган эффект моҳиятини англашга олиб боради.

Термограф тадқиқотларни ўтказишда танланган аппаратура, тигел ва термопаралар роли нихоятда катта. Айниқса, тажрибаларни 1500°С ва ундан юқори ҳароратда олиб борилганда намуна ва термопара симларининг учмаслигини таъминлаш, тигел тозалаш жараёнини осонлаштириш ва ҳоказо талаб қилинади.

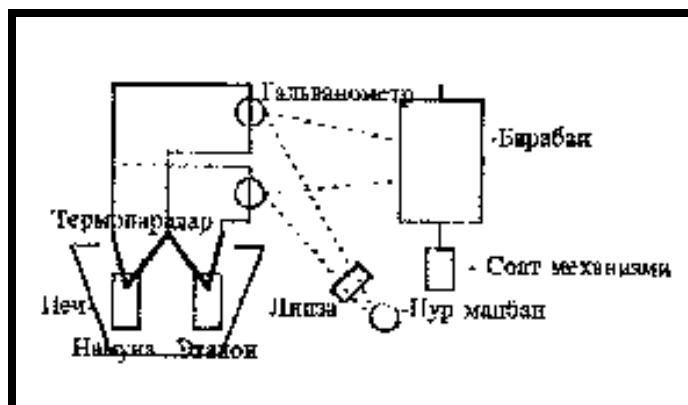
Агар тадқиқотларда термик тахлил усули қўлланмаса, у холда жуда кўп марта намуналарни куйдириш, жуда кўп рентгенограммалар олиш ва уларни расшифровка қилиш, кўп сонли шифлар ясаш ва тадқиқотлар ўтказиш керак бўлур эди. Термография эса олимлар ишини систематикага солди ва тадқиқотлар сони максимал камайтириш имконини берди.

Замонавий термик жихозлар учун қуйидагилар талаб қилинади (26-расм):

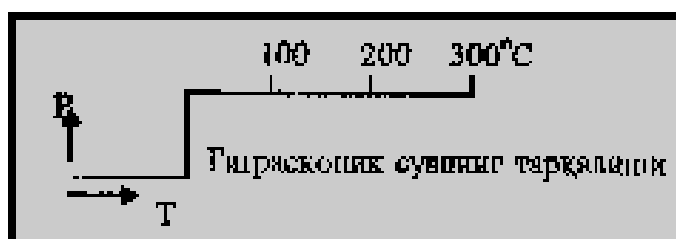
1) Вольфрам (2800°С гача), электрографит (2000°С гача), родий (1800°С гача), силит (1500°С гача), 10-20% родийли платина (1500°С гача), глобар (1500°С гача), платина (1400°С гача), тантал (1330°С гача), молибден (1200°С гача), хромель (1100°С гача), нихром (1000°С гача) каби киздирилишларга эга бўлган электрик печлар;

2) Потенциал-регулятор ёки бошқа турдаги печ температурасини бир меъёрда кўтарилишини таъминловчи жихоз. Булар қаторига атоматик ползун-кили реостатлар, автотрансформаторлар ва потенциал-регуляторлар киради. Контактли гальванометр ва потенциометрларни ҳам ишлатиш мумкин.

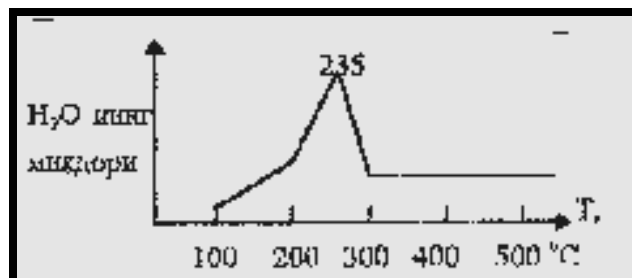
3) Эталон ва намуна солинадиган тигеллар (платинали, корундли, графитли ва бошқалар);



26-расм. Дифференциал термопарали Курнаков пирометрининг схемаси.



27-расм. Гипснинг  $2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  нинг тензиметрик (P, t) чизиғи.



28-расм. Табиий гиббсит минералининг дифференциал тензиметрия чизиғи.

4) Платина – платинородийли (20%Rh), платина-платинородийли (10%Rh), хромел-алюмелли, вольфрам-молибденли, никель-хромникелли, темир-конс-тантан, мис-константан ва бошқа оддий ва дифференциал термопаралар. Темир-константан термопара 185-370°C оралиғида, хромель-алюмелли термопара 1200°C гача, платина-платинородийли эса 1400 °C гача ишлатилади. 1400°C дан юқорироқ температурада эса вольфрам, молибден, рений, тантал, ниобий ва уларнинг қотишмаларидан ясалган термопаралар ишлатилиши керак.

5) Натижаларни ёзувчи автоматик ёзув қурилмаси (фотоқайд этиш- ёзиш ёки потенциометр).

Қуйида номи қайд қилинган жихозлар устида батафсил тушунтириш берилади:

1. Печлар: металл корпусли химояланган, ичига қиздириш элементлари ўрнатилган жихоз. Қиздириш элементи сифатида диаметри 0,5-1 мм бўлган нихромли симлар (1273 К гача), қотишма Б-2 (1473 К гача), платина (1773 К гача), силитли ( $\text{SiC}+\text{C}$ , 1773 К гача) ва корборундли стерженлар ( $\text{SiC}$ , 1773 К гача) ишлатилади.

2. Печнинг терморегуляторлари сифатида автоматик силжувчи реос-татлар, автотрансформаторлар ва программа билан бошқариладиган потенциал регуляторлари қўлланади.

3. Тигеллар - калин деворли металл ёки керамика блоки, думалоқ ёки тўғрибурчак шаклда тайёрланган. Платинали тигелларни кислотада тозалаб, кўп вақт ишлатиш мумкин.

4. Термопаралар - энг катта талаб - модда билан ўзаро таъсирлашмаслик. Шунинг учун кўпинча 1773 К гача Pt-PtRh ва 2273 К гача вольфрам - молибден ишлатилади.

5) Ўзи ёзувчи ёки регистрация қилувчи система. Электрон ўзи ёзувчи қурилмалар - ЭПП-09, ЭПД-09 типдаги потенциометрлар.

### **Дериватографлар**

Чет элда чиқариладиган, МДХ мамлакатларида қўлланиладиган жихозга дериватограф номи билан аталувчи ва Будапештнинг “Метримпэкс” фирмаси-нинг 1966 йилда Паулик Ф. ва бошқалар томонидан чиқарган модели жихоз бўлиб, унинг маркази ОД-102 дир.

Комплекс термоаналитик жихоз дифференциал термоаналитик аппаратлар, термотарози ва дифференциал термотарозидан иборат. Дериватограф шу текшириладиган кукунда бир вақтнинг ўзида оғирликни ўзгариши (ТГ), оғирликни ўзгариш тезлиги (ДТГ), температуралар фарқини ўзгариши (ДТА) ва температурани ўзгариши (Т) ни аниқлашга имкон беради.

Кўрсатилган тўрт хил ўлчаш тўла таҳлил шароитида - комплекс текширувни таъминлайди. Температура печда эмас, балки намунада ўлчанади, демак модданинг температура таъсирида ўзгариши юқори аниқликда ўлчанади.

Намуна учун тигеллар шундай ясалганки, унда содир бўладиган қаттиқ фаза ва суюқ фазадаги реакцияларни ўрганиш мумкин. Дериватографнинг платина тигелидаги намунани температураси электрик печ қизиши тезлиги билан бир хилда кўтарилади. Модданинг кукуни 50 дан 5000 мг. гача бўлади. Электропечнинг қизишини бошқарув программаси бўйича минутига 0,5° дан 20°С тезлик билан кўтарилиши таъминланади. Печнинг энг қизиган мухитидаги максимал температура 150, 300, 600, 900, 1200°С. Максимал ҳато  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Фотоқайд этувчи барабаннинг бир марта тўлиқ айланиши 25, 50, 100 ва 200 мин. да содир бўлади. Термограммалар 25, 50, 100, 200 минутда ёзилиши мумкин. Термограммадаги миллиграммлардаги оптик шкала намунани оғирлигини камайишини аниқлаш учун қуйилган. Термограммалар инерт газда олиниши мумкин. Жихоз тўла автоматлаштирилган.



Паулик Ф. ва бошқалар томонидан яратилган «ОД-102» дериватографи конструктив 16 элемент, деталь ва жихоздан ташкил топган: 1-намуна солина-диган тигель; 2-инерт модда солинадиган тигель; 3-чинни трубка; 4-термопара-лар; 5-электр токи билан ишлайдиган печь; 6-ғижимланиб кетмайдиган сим; 7-тарозлар; 8-катушка; 9-магнит; 10-ТГП учун гальванометр; 11-ҳароратни ўлчовчи гальванометр; 12-ДТА гальваномтери; 13-лампалар; 14-оптик тешикча; 15-фоторегистрация цилиндри; 16-фотоқоғоз.

МДХ мамлакатларида мавжуд бўлган жихозлар қаторига қуйдагилар киради:

1) СГМ-8 полярографи билан комплексдаги ТП-1 типдаги термик мослама. У Москвадаги Геология-қидирув аппаратлари ва жихозлари заводида 1959 йилда чиқарилган. Бу жихоз 15 минут давомида 20° дан 1000°С гача ДТА ни олиши мумкин. Қиздириш тезлиги минутига 70°С, модда миқдори 0,05 дан 0,1 г. гача;

2) ТУ-1 типдаги термик қурилма: 20° дан 1400°С гача ДТА ни 15 минут давомида олади. Қиздириш тезлиги 75-100° бўлиб, текшириладиган модданинг миқдори 0,02-0,09 г ни ташкил этади.

3) УТА-1 термоогирлик анализи қурилмаси. У бир вақтнинг ўзида иккита эгриликни ёзади: ДТА ва ТГ. Иссиқлик оралиғи 20° дан 1000°С гача. Қиздириш тезлиги минутига 15, 30, 45, 60. Текшириладиган намуна миқдори макро- ва микро тарзида бўлиши мумкин. Бу жихоз Ленинграддаги “Геологқидирув” заводида ишлаб чиқарилади;

4) Паст частотали термографик регистратор НТР-62. Россия ФА “Нодир жихозлар конструктив бюроси маркази” томонидан чиқарилган. Жихоз программали - қизиш учун бошқарув пультага эга бўлиб, қиздириш печи ва ўзи ёзувчи қурилмалардан ташкил топган. Хар икки минутда автоматик тарзда вақтни белгилаб борилади ва термограмма қоғозининг пастки қисмига туширилади. Автоматик тарзда бошқариш ток бўйича бўлмай, балки температура бўйича олиб борилади. Барабаннинг айланиш тезлиги турлича. Барабани бир марта тўлиқ айланиши 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 минут ва 24 соат давомида этиши мумкин. Ўзи ёзувчи қурилма бир вақтнинг ўзида моддани қиздириш жараёнидаги турт хил хоссаларни ўзгаришини қайд этади.

### **Тензиметрия, газоволюметрия ва дилатометрия асбоблари.**

**Тензиметрия.** Минерални қиздириш жараёнида таркибда бор бўлган учувчан компонентларининг қайишқоқлигини қайд этишга асосланган.

Тенземетрия приборлари Хюттинг (1920 й.), Краусс ва Шривер (1930 й.), Сиромятников (1940 ва 1957 й.) томонидан яратилган. Бу приборлар газни қиздириш жараёнида унинг босими (Р), ҳажми (V) ни ўзга-ришини ўлчаш имкониятини беради.

**Газоволюметрия** - аниқ температурада минераллардан  $H_2O$ ,  $CO_2$  ва бошқа газсимон фазаларни ажралишига асосланган. Л.Г. Берг томонидан 1952 й. ажралаётган газ хажми ўзгаришини ўлчаш газли бюреткада амалга оширилган.

Газоволюметрия температуралари ва ажралиб чиққан газ хажмини билиш орқали аралашмадаги минерални дастлабги миқдорини айтиб бериш мумкин.

Шунинг учун бу усулда кўпроқ 50-200 мг, тензометрия усули бўйича эса 1-2 мг миқдорида модда олинади.

**Дилатометрия** - жисмнинг кенгайишини ўлчайдиган усул. Бундай усулда текширишни дилатометр приборида амалга оширилади.

Дилатометрия термик анализнинг бир тури бўлиб, бунда қаттиқ ҳолатдаги кимёвий модда, минерал, шиша, хом ашё ёки саноат чиқиндисининг юқори температура таъсирида кенгайиши аниқланган. Бундай кенгайиш чизиқли кенгайиш коэффициентини ( $\alpha$ ) ва ҳажмий кенгайиш коэффициентини ( $\beta$ ) номли параметрлар билан характерланади.

Чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha$  деб текшириладиган модда температура-тураси  $1^\circ C$  га кўтарилганда намуна ўлчамининг нисбий узайишига айтилади:

$$\alpha = \Delta l / l \cdot \Delta t \text{ ёки } \Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

бунда  $l$  - текшириладиган модда намунасининг узунлиги;

$\Delta l$  – температураси  $\Delta t$  ° га оширилганда намуна узунлигининг ортиши;

$\Delta t$  – бошланғич ( $t_1$ ) ва охириги температура ( $t_2$ ) лар фарқи.

### **Тахлил учун препарат тайёрлаш усуллари.**

Тахлил учун керак бўлган материал миқдори олиб бориладиган текширув турига боғлиқ:

- а) Минералларни тахлили учун - 30-100 мг;
- б) Термоаналитик эгрилик олиш учун - 350-500мг модда зарур;
- в) Ялли бир турли аниқлашлар учун - 100 мг модда кифоя.

Намуна тайёрлаш усули:

Узоқ муддатли майдалаш орқали намуна кукун холига келтирилади (кукун катталиги 0,0043 мм). Таркибида конституцион  $H_2O$  ва осон оксидланувчи элементлар бўлмаслиги керак.

Термография усуллари билан тадқиқотлар ўтказиш чоғида текшириладиган модда намунасида 0,05-0,3 г дан 10-12 г гача олинади. Олинган намуна чинни ёки агат ховончада 1-3 мм ли бўлакчалар холигача майдаланади. Майдаланган материалдан 1-2 г олиб бюксга солинади, устига абсолют спирт қуйилади ва 10-20 соат тинч қўйилади. Кейин материал қоғоз фильтрига тўкиб сувсизлантирилади. Сўнгра материал 4900-10000

тешикли элакларда эланади. Шундан кейин ундан ўртача намуна 0,3-0,5 г миқдорида олинади ва термо-графнинг платина ёки корунддан тайёрланган тигелига солинади.

Анализ учун олинadиган намуна миқдори гилсимон минераллар учун 0,3-2 граммга тенг бўлади. Бу ҳолда печдаги қиздириш тезлиги 5-10 град/мин атрофида бўлади. Агар қиздириш тезлиги 50-60 град/мин бўлса, у ҳолда намуна миқдори 0,1 г гача камайиши мумкин. Натижаларнинг аниқ бўлишига текшириладиган модда билан эталоннинг бир хил зичликга эга бўлиши даркор.

### **Усулнинг имкониятлари, афзаллиги ва камчиликлари.**

Усулдан амалий жиҳатдан фойдаланиш имкониятлари. Уларга қуйидаги-ларни кўрсатиш мумкин:

1) Бу усулсиз илмий-тадқиқот иши олиб боровчилар микроскопия, рент-ген каби усуллар билангина ишлаганда ўнлаб, ҳатто юзлаб экспериментлар ўт-казишлари зарур эди. Термография усули қўлланиши билан экспериментлар сони камайди, биргина эксперимент ўтказиш билан керакли эффектлар ва уларнинг чегаралари ҳамда табиати ҳақида аниқ фикр юритиш имкони пайдо бўлди;

2) Хом-ашъё материаллари, минераллари, жинсларни минералогик тарки-бини уларнинг термик эгри чизикларини бошқа эталон термограммаларга тақ-қослаш йўли билан илк бор ахборотга эга бўлиш имконияти яратилди;

3) Минерални турини, айниқса бир группага таалуқлисини тахлил қилиш-га имконият беради. Айниқса карбонатлар, сувли бирикмаларда уларнинг пар-чаланиши, сувни учиб чиқиб кетишини систематик аниқлашга муваффақ бў-линди;

4) Модданинг теплофизик ҳолати, айниқса кимёвий реакциялар давомида уларнинг иссиқлик ютиши ёки чиқарилиши масалаларини аниқлаш имконияти пайдо бўлди;

5) Модданинг термоинерт ёки термоактивлигини аниқлайди. Масалан, корунднинг термоинертлиги ва кремнеземнинг термоактивлиги;

6) Иссиқлик эффекти содир бўладиган температура оралигини аниқ-лайди. Термографиядан бошқа усул қўлланганда бу масалани ечиш жуда қи-йин кечади, жуда кўплаб тажрибалар ўтказилиши талаб этилади;

7) Минерал турини табиатдаги кимёвий ўзгаришини аниқлашга имкон беради;

8) Физик-кимёвий жараёни тезлиги ва вақт бўйича унинг характерини аниқлашга хизмат қилади;

9) Жараёнда ҳосил бўладиган модда миқдорини аниқ ўлчашга имкон яратади.

**Усулнинг афзаллиги.** Унинг афзал томонлари кўп. Уларга қуйидагилар киради:

1) Усулнинг аморф, майда дисперс ва магматик минералларни ўрганиш учун қўллаш имконияти мавжудлиги;

2) Усулнинг объективлиги ва яққол қоғозга термограмма ёки деривато-грамма ҳолатида туширилиши;

3) Бажариш техникасининг соддалиги, ишлатилган тигелларнинг тозалаб қайта ишлатиш имконияти мавжудлиги;

4) Усулни тез бажарилиши. У 15 дан то 45-60 мин гача талаб қилади. Шу билан бирга кўп анализ – термоэффектлар, оғирликлар ва бошқаларга оид тажрибаларни бир вақтда ўтказиш имконияти мавжудлиги;

5) Моддани кам миқдорда, яъни 0,1 дан 0,5 г гача олиш имконияти мавжудлиги;

6) Минерал турини термоаналитик характеристикасини аниқлаш имко-нияти;

7) -190° дан то +3000° гача температураларда ДТА эгрилигини олиш имкони.

**Усулнинг камчиликлари.** Маълум даражада камчиликлар ҳам мавжудлиги:

1) Термография орқали маълум бир температурада термоэффект содир бўлганлиги, модданинг миқдори ўзгара бошлаганлиги қайд этилади, лекин у нима асосида рўй берганлиги аниқланаолмайди.

2) Рентгенография, ИК спектроскопия, микроскопия, кимёвий ва бошқа турдаги анализларни жалб этгандан кейингина хулоса чиқариш мумкин бўлади.

3) Термограмма олиш экспериментал шароитга боғлиқлиги (қиздириш тезлиги, намуна оғирлиги, дифференциал термopара занжиридаги ўзгарувчанлик, тигелдаги модданинг зичлиги, эталоннинг хоссаси, печнинг атмосфераси, термopара қотишмасининг намуна ва эталонга ўрнатилиши, дисперслик даражаси ва бошқалар).

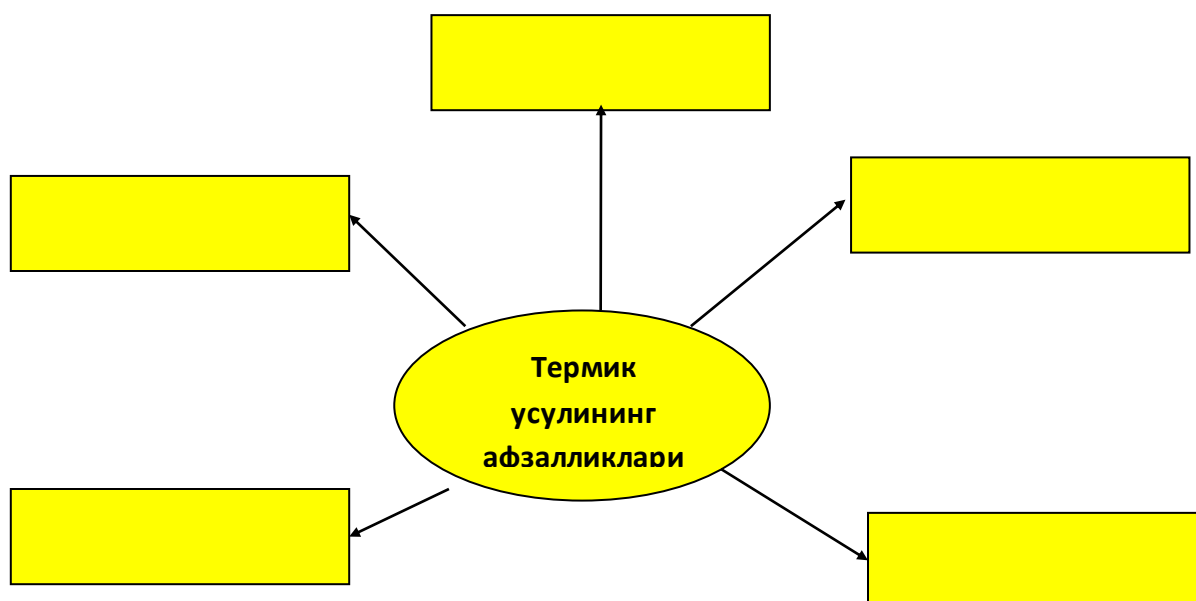
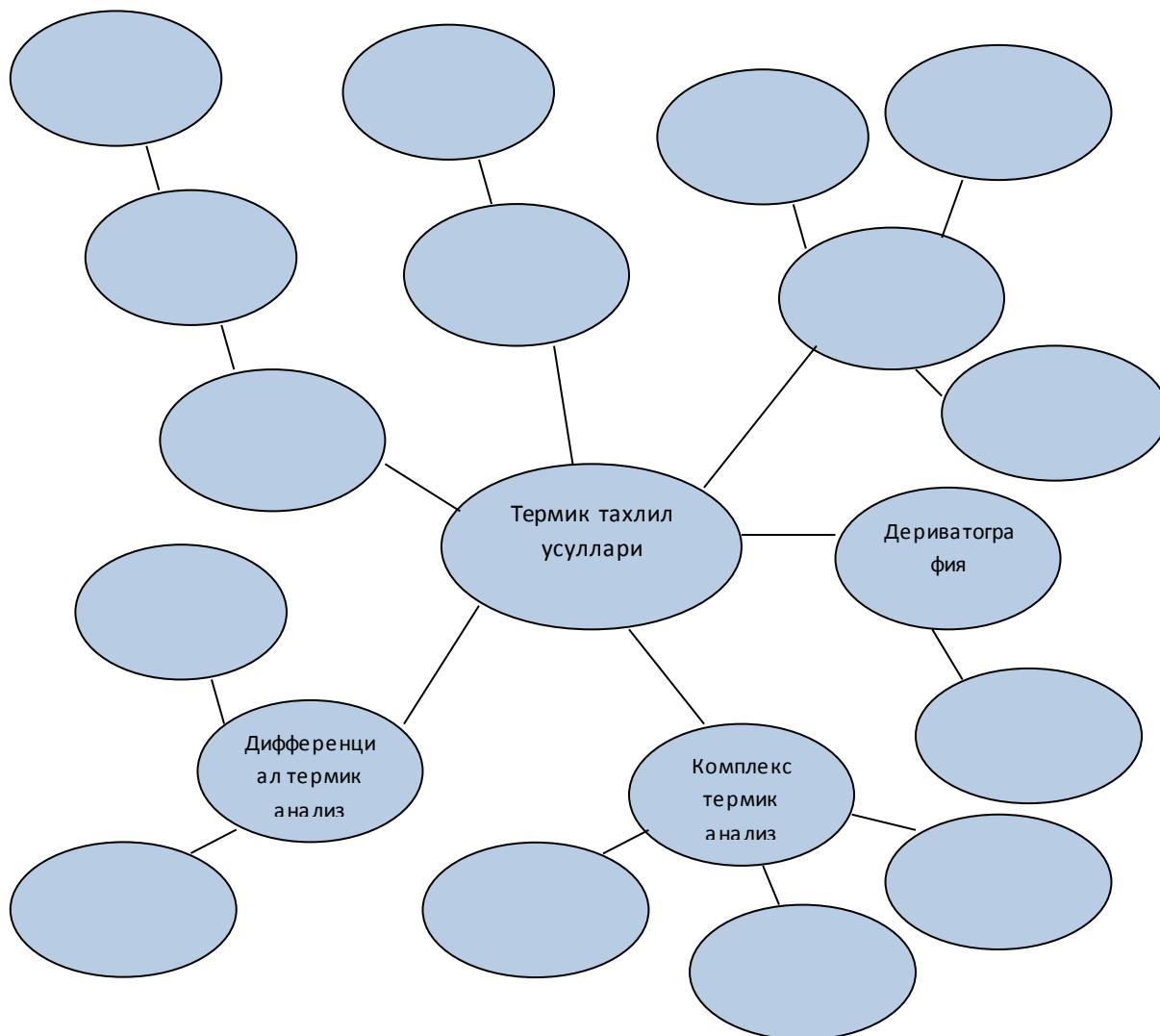
## 5-илова

“Дифференциал термик тахлил” ва “Термик тахлил” тушунчаларининг ўхшашлик ва фарқли белгиларини Венна диаграммаси ёрдамида тушунтириб беринг.

Умумий жихатлари



“Термик тахлил усуллари” мавзусига “Кластер” диаграммасини тузинг.



“Жараён”, “Эндотермик”, “Экзотермик”, “Парчаланиш”, “Иссиқлик”,  
“Термограмма”, “ДТА” сўзларига Синквейн тузинг.

1. Жараён
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

1. Эндотермик жараён
2. ....
3. ....
4. ....
5. ....

**Мавзуга оид таянч сўз ва иборалар.**

**Термография** - ноорганик моддалар, силикат ва қийин эрийдиган нометалл материалларни қиздириш жараёнида содир бўладиган жараёнларни ўргатади. Улар одатда иссиқлик эффектлари билан боғлиқ.

**Термография усулининг турлари** - Термик анализ; Дифференциал термик анализ (ДТА); Комплекс термик анализ; Дериватография; Тензиметрия; Газоволюметрия; Дилатометрия.

**Термографик эгри чизиқлар** - биринчи марта қиздириш эгриликлари француз олими Ле-Шателье томонидан 1887 йилда олинган, у температуранинг платина - платина-родийли термопараларда ўлчаш орқали термографик эгри чизиқларни ҳосил қилиш мумкинлигини кўрсатди. Агар текшириладиган модда қиздирилганда бирорта фазовий ўзгариш ёки кимёвий реакция содир бўлса, қиздириш режими бузилади. Унинг бузилиши қиздириш эгриликларида ёки майдонда пайдо бўлиш бирга боради.

**Термография деганда** текшириладиган модданинг ихтиёрий нуқтасидаги хароратни (ёки хароратдаги бирор функцияни) аниқ программа бўйича моддани узлуксиз равишда қиздирилганда ёки совитилгандаги ҳолатини қайд этиш тушунилади.

**Қайтар жараёнлар** - эриш-кристалланиш, қайнаш-конденсация, полиморф ўзгаришлар, мураккаб бирикмаларнинг ҳосил бўлиши ва парчаланиши, диссоциация.

**Қайтмас жараёнлар** - кам барқорор ҳолатдан юқори барқорор ҳолатга ўтиш реакциялари, қаттиқ эритмаларнинг парчаланиши, аморф ҳолатдан кристалл ҳолатга ўтиш, ўзаро таъсир реакциялари, монокристалл ўзгариш ва бошқалар.

**Системада иссиқлик ўзгариши** - ҳамма жараёнлар иссиқликни ютилиши ёки ажралиши билан боради, буни хароратни ўлчаш йўли билан ўрганиш мумкин. Жараённи боришини ўлчовчи приборлар ёрдамида қайд этилади. Тажириба натижаларини эгри чизиқлар орқали ифодалаш мумкин, бунда вақт ва хароратни боғлиқлиги ифодаланади. Агар текшириладиган моддада бирорта фазовий ўзгариш ёки кимёвий реакция содир бўлса, қиздириш режими бузилади. Унинг бузилиши қиздириш эгриликларида ёки майдонда пайдо бўлиш бирга боради.

Термик анализ (ТА) → энтальпия → калориметрлар; дифференциал термик анализ (ДТА) → намуна ва эталон ўртасидаги температуралар фарқи → ДТА аппаратлари; термогравиметрик анализ → масса → термоторозлар; дифференциал йўналувчан калориметрик анализ → намунага ўтказилган иссиқлик → дифференциал калориметр; солиштирма иссиқлик сизими ўзгариши анализи ва бошқалар.

**Термик таҳлил** - системанинг бирорта кўрсаткичининг катталиги мавжуд фазаларни аста-секин миқдорий нисбатда ўзгаришида бирор фазанинг йўқолиб кетиши ёки янги фазанинг сақраб ўзгаришида пайдо бўлади. Бу эгрилигини термик усули орқали олинади. Бунда координата ўқларида модда температураси ва унга жавобан температура ва обҷисса ўқларида вақт қайд этилади.

**Дифференциал термик тахлил (ДТА)** - еўпгина холларда реакцияларнинг термик эффекти жуда кичик, шунинг учун унга мос эгриликлар кам сезиларли. Бундай холларда термопаранинг сезувчанлигини дифференциал схема қўллаш билан катталаштирилади. Берилган ушбу холатда дифференциал термопара бир вақтнинг ўзида иккита температурани ўлчайди: 1) текширилаётган модданинг температураси; 2) температура фарқи ёки қиздирилаётган модданинг текширилаётган температура интервалида эталон моддага нисбатан ўзгариши.

**Физик термозффект** берувчиларга киради: абсорбция, адсорбция, поли-морф ўзгариш, кристаллар йирикляниши, десорбция, эриш, аморф холатидан кристалл холатига ўтиш, сублимация ва бўғляниш.

**Кимёвий термозффект** берувчи жараёнлар сафига химосорбция, бўляниши реакциялари, дегидратация, газли мухитда оксидляниш, молекулалар камайиши билан рўй берадиган оксидляниш реакциялари, оксидляниш – қайтарилиш реакциялари, газли мухитда қайтарилиш, қаттиқ фазада рўй берувчан реакциялар, бириктириш ва ўринолмошиш реакциялари, изомеризация ва бошқалар киради.

**Комплекс термик анализ** - усул Г.Н. Воронков (1953 й.) ва Э.К. Келер (1955 й.) томонидан керамик хом-ашъеларни текшириш учун ишлаб чиқилган. Унда Келер бўйича қуйидагилар бор: 1)одатдаги ДТА; 2) қиздириш жараёнида материални узайиши ёки қисқаришини аниқлаш; 3)қиздиришда материал оғирлигини йўқолишини аниқлаш.

**Дериватограф** - чет элда чиқариладиган, МДХ мамлакатларида қўлланиладиган жихозга дериватограф номи билан аталувчи ва Будапештнинг “Метримпэкс” фирмасининг 1966 йилда Паулик Ф. ва бошқалар томонидан чиқарган модели жихоз бўлиб, унинг маркаси ОД-102 дир. Дериватограф текширилаётган кукунда бир вақтнинг ўзида оғирликни ўзгариши (ТГ), оғирликни ўзгариш тезлиги (ДТГ), температуралар фарқини ўзгариши (ДТА) ва температурани ўзгариши (Т) ни аниқлашга имкон беради. Комплекс термоаналитик жихоз дифференциал термоаналитик аппаратлар, термотарози ва дифференциал термотарозидан иборат.

**Тензиметрия.** Минерални қиздириш жараёнида таркибда бор бўлган учувчан компонентларининг қайишқоқлигини қайд этишга асосланган. Тензиметрия приборлари Хюттинг (1920 й.), Краусс ва Шривер (1930 й.), Сиромятников (1940 ва 1957 й.) томонидан яратилган. Бу приборлар газни қиздириш жараёнида унинг босими (Р), ҳажми (V) ни ўзга-ришини ўлчаш имкониятини беради.

**Газоволюметрия** - аниқ температурада минераллардан  $H_2O$ ,  $CO_2$  ва бошқа газсимон фазаларни ажралишига асосланган. Газоволюметрия температуралари ва ажралиб чиққан газ ҳажмини билиш орқали аралашмадаги минерални дастлабги миқдорини айтиб бериш мумкин. Шунинг учун бу усулда кўпроқ 50-200 мг, тензиметрия усули бўйича эса 1-2 мг миқдориди модда олинади.

**Дилатометрия** - жисмнинг кенгайишини ўлчайдиган усул. Бундай усулда текширишни дилатометр прибориди амалга оширилади. Дилатометрия термик анализнинг бир тури бўлиб, бунда қаттиқ холатдаги кимёвий модда, минерал, шиша, хом ашъё ёки саноат чиқиндисининг юқори температура таъсирида кенгайиши аниқланган. Бундай кенгайиш чизикли кенгайиш коэффициенти ( $\alpha$ ) ва ҳажмий кенгайиш коэффициенти ( $\beta$ ) номли параметрлар билан характерланади.

### **Мавзу бўйича назорат саволлар.**

- 1.Термография усулининг назарий асослари ким томонидан ишланган?
- 2.Термография усулига оид термик анализ усуллари ни санаб беринг.
- 3.Термик анализ деб қандай тахлил турига айтилади?
- 4.Доломит минералининг термик тахлилига оид вақт-температура диаграммасини чизинг ва ундаги эгри чизиклар холатини тушунтиринг.
- 5.Моддаларда содир бўлаётган қандай жараёнлар комплекс термик анализ орқали аниқланади?

6. Моддаларни қиздириш жараёнида дериватографик анализ орқали қандай параметрлар аниқланади.
7. Эндотермик эффект қандай рўй беради?
8. Моддаларда экзоэффект қандай рўй беради?
9. Термография усуллари қандай амалий имкониятлари мавжуд?

### **Фойдаланилган адабиётлар рўйхати**

1. Исматов А.А. Силикат ва зўрғасуюлувчан материаллар физик - кимёвий тахлилининг замонавий усуллари. – Тошкент: Фан ва технология, 2006. -268 б.
2. Азимов Ш.Ю., Тожиев Ф.Х. Анорганик моддаларнинг физика - химиявий анализи. -Тошкент: Ўқитувчи, 1977.-132 б.
3. Таблица физических величин. Справочник / Под. ред. И.К.Кикоина.- М.: Атомиздат, 1976.-106 с.
4. Егунов В.П. Введение в термический анализ.- Самара, Самара ГУ, 1996. -270 с.
5. Берг Л.Г. Введение в термографию. -М.: АН СССР, 1961



## ГЛОССАРИЙ

**Физик-кимёвий таҳлил** бу - тайёр маҳсулот олиш учун ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланиладиган усул ва методлар мажмуини тўла таъминловчи ва шу билан бирга технологик жараёнларнинг турли босқичларидаги назоратни ҳам ўз ичига олган кимёвий, физик-кимёвий ва физикавий усуллар йиғиндиси.

**Фотокалориметрик усул** - компонентларни аниқловчи фотокалориметрик усул эритмадан ўтадиган интенсив нурни камайиши даражасини моддадаги бўялган комплекс кўринишида аниқлашга асосланган.

**Оптика усуллари.** Бу группага умумий номи кристаллооптика деб аталувчи иммерсион таҳлил, металлографик таҳлил, монокристаллар таҳлили кирган бўлиб, улар маҳсус оптика асбоблари - поляризация ва металлографик микроскоплар орқали олиб борилади.

**Кимёвий ишлаб чиқариш маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлилининг асосий усуллари** - микроскопия; электрон микроскопия; рентгенография; термография; ИҚ спектроскопия; ядро магнит резонанси (ЯМР); электрон парамагнит резонанси (ЭПР); электронография; хромотография; магнетохимия; изотропия; кимёвий анализ; спектрал анализ; бошқа усуллар.

**Микроскопик усул** - илмий-текшириш ишлари олиб боришда микроскопни қўллаш ва микроскопик препаратлар ёрдамида жуда кичик, майда, фақат микроскоп билангина кўринадиган зарарчаларнинг специфик хосса-хусусиятларини аниқлашга қаратилган усулдир. У аниқ кимёвий методлардан фойдаланиб, жуда оз миқдордаги моддаларни анализ қилиш имконини беради.

**Микроскоп** - майда объектларни кўрсатувчи асбоб.

**Кристаллооптика усули** - табиий ва сунъий кимёвий бирикмалар, хом-ашъё, материал ва буюмлар, минерал ва композицияларнинг оптик кўрсаткичларини уларнинг кристалл шакллари, таркиби ва симметрия қонуниятиларига боғлиқ ҳолда ўрганувчи фан.

**Катталаштирувчи мосламалар** – микроскопларда объектив ва окуляр орқали бажарилади. Катталаштириш даражаси - 17,5 X дан то 1350 X гача.

**Нур поляризацияси** – бир текис поляризацияланган нурларни ҳосил қилувчи ва микроскопик столчаси остадаги поляризатор орқали бажарилади.

**Нур синдириш кўрсаткичи (n ёки N)**- Снеллиус ва Ньютон текширишлари бўйича нур тушиш бурчаги синусининг нур синиш бурчаги синуси нисбатига айтилади. У биринчи муҳитдаги ёруғлик тезлигининг иккинчи муҳитдаги ёруғлик тезлиги нисбатига тенг.

**Симметрия элементлари** - симметрия ўқлари, симметрия текислиги, симметрия маркази ёки инверсия.

**Габитус** – кристалларни ташки кўриниши бир-биридан тузилишига кўра фарқланади.

**Рентген нурлари** -  $0,01 \div 0,00001$  мк ёки  $10^2 \div 10^{-1}$  А тўлқин узунлигига эга бўлиб, улар ёруғлик нурлари каби электромагнит табиатга эга. Улар ижобий ядро ва салбий электронлардан ташкил топган атомга доимий осцилляцияланувчи кучи каби таъсир этади. Электрон ва ядро бир яқинлашади, бир узоклашади. Натижада атомнинг ўзи тушаётган рентген нури тўлқин узунлигига нурланади. Рентген нурлари квант нурлари каторига киради, таъсири гамма нурлари каbidир. Бу нурларнинг хиди йўқ. Улар рангсиз бўлиб, буюмлар ичига кириши, сингиш, тарқалиш, ёритиш, фотокимёвий ион ҳосил қилиш, биологик таъсир кўрсатиш каби хосса - хусусиятларга эга.

**“Қаттиқ” рентген нурлари** - тўлқин узунлиги кичик нурлар - 0,6-0,06 А°, моддаларнинг ичига онсонроқ ва кўпроқ киради.

**“Юмшоқ” рентген нурлари** - тўлқин узунлиги узун нурлар- 6-60 А°.

**Рентгенографик таҳлил** – рентген нурлари ва уларни металл, металл қотишмалари, кимёвий бирикма, минерал ва турли хом ашёларни тадқиқот қилиш фани. У юқорида санаб ўтилган моддаларнинг атом, суб-, микро- ва макроструктуралари ҳамда кимёвий

таркибини аниқ билишга хизмат қилади. Кимёвий модда ёки минерал атом даражасидаги тузилишини текширилаётганда кристалл панжараларининг тури ва параметрларини аниқлаш имконини беради.

**Вульф-Брегг формуласи** - турли бирикмаларни кристал панжара юзаси орасидаги масофани Вульф-Брегг формуласи ёрдамида ҳисобланади. Бунда модданинг ҳамма атомлари кристалл юза бўйлаб бир-биридан паралелл ва тенг узокликда жойлашганлигини намоён қилади.

**Кукун усули** - фотопленкали цилиндрик касетага махсус эгри чизиклар ҳолида қайд этилади. Ионизацион рентгенограмма ҳолида олинини ҳам мум-кин. Бу ҳолда фотопленка ролини дифрактометрдаги счетчик тешиги бажара-ди. Дифракцион шакл секин – аста, счетчик айланишида пайдо бўлувчи ва кетма-кет келувчи чизиклар ҳолида олинади.

**Рентгенодефектоскопия** - газли ғоваклик, дарз кетиш каби ҳолатлар қайд этилади.

**Дифрактограмма** - нур қайтариш бурчаги қиймати ва уларнинг интенсивлигини тўғридан-тўғри беради. Кукун рентгенограммаларида нур қайтаришга боғлиқ бўлган, нур қайтариш бурчаги кўрсаткичидан юзалар аро масофа кўрсаткичига ўтишда, юзаларо масофа турли тўлқин узунликлари бўйича ҳисобланган ва справочникларга йиғилган нурланишни жадвалларидан фойдаланиш орқали бўлади.

**Термография** - ноорганик моддалар, силикат ва кийин эрийдиган нометалл материалларни қиздириш жараёнида содир бўладиган жараёнларни ўргатади. Улар одатда иссиқлик эффектлари билан боғлиқ.

**Термография усулининг турлари** - Термик анализ; Дифференциал термик анализ (ДТА); Комплекс термик анализ; Дериватография; Тензиметрия; Газоволюметрия; Дилатометрия.

**Термографик эгри чизиклар** - биринчи марта қиздириш эгриликлари француз олими Ле-Шателье томонидан 1887 йилда олинган, у температурани платина - платина-родийли термопараларда ўлчаш орқали термографик эгри чизикларни ҳосил қилиш мумкинлигини кўрсатди. Агар текширилаётган модда қиздирилганда бирорта фазовий ўзгариш ёки кимёвий реакция содир бўлса, қиздириш режими бузилади. Унинг бузилиши қиздириш эгриликларида ёки майдонда пайдо бўлиш бирга боради.

**Термография деганда** текширилаётган модданинг ихтиёрий нуқтасидаги хароратни (ёки хароратдаги бирор функцияни) аниқ программа бўйича моддани узлуксиз равишда қиздирилганда ёки совитилгандаги ҳолатини қайд этиш тушунилади.

**Қайтар жараёнлар** - эриш-кристалланиш, қайнаш-конденсация, полиморф ўзгаришлар, мураккаб бирикмаларнинг ҳосил бўлиши ва парчаланиши, диссоциация.

**Қайтмас жараёнлар** - кам барқорор ҳолатдан юқори барқорор ҳолатга ўтиш реакциялари, қаттиқ эритмаларнинг парчаланиши, аморф ҳолатдан кристалл ҳолатга ўтиш, ўзаро таъсир реакциялари, монокристалл ўзгариш ва бошқалар.

## Фойдаланилган адабиётлар

1. Исмаилов А.А. Силикат ва зўрғасуюлувчан материаллар физик - кимёвий тахлилининг замонавий усуллари. – Тошкент: Фан ва технология, 2006. -268 б.
2. Вегман Е.Ф., Руфанов Ю.Г., Федорченко И.Н. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография. – М.: Металлургия, 1990.– 262 с.
3. Минералогическая энциклопедия. – Л.: Недра, 1985.-512с.
4. Минералогический справочник технолога – обогатителя. –Л.: Недра, 1985.-264с.
5. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982.-632с.
6. Азимов Ш.Ю., Тожиев Ф.Х. Аноорганик моддаларнинг физика - химиявий анализи. - Тошкент: Ўқитувчи, 1977.-132 б.

7. Таблица физических величин. Справочник / Под. ред. И.К.Кикоина.- М.: Атомиздат, 1976.-106 с.
8. Козлова О.Г. Морфолого – генетический анализ кристаллов. – М.: МГУ, 1991. – 223 с.
9. Винчелл А.Н., Винчелл Г. Оптические свойства искусственных минералов. – М.: Мир, 1967.-526 с.
10. Ҳамробоев И.Ҳ, Ражабов Ф.Ш. Петрография асослари. -Тошкент: Ўқитувчи, 1984.-184 б.
11. Плюснина И. И. Инфракрасные спектры силикатов. - М.: МГУ, 12. 1967.-189с.
13. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов. –Л.:Наука,1968.-347 с.
14. Плюснина И. И. Инфракрасные спектры минералов. - М.: МГУ, 15. 1977.-174с.
16. Зинюк Р.Ю., Балыков А.Г., Гавриленко И.В. ИК спектроскопия в неорганической технологии. –Л.: Химия, 1983.
17. Егунов В.П. Введение в термический анализ.- Самара, Самара ГУ, 1996. -270 с.
18. Берг Л.Г. Введение в термографию. -М.: АН СССР, 1961
19. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961.-863 с.
20. Михеев В.И., Сальдау Э.П. Рентгенофический определитель минералов [Т.II]. – Л.: Недра, 1965.-364с.
21. Васильев Е.К., Кашаева Г.М., Ушаповская З.Ф. Рентгенографический определитель минералов. –М.: Наука, 1974.
22. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. –М.: МГУ, 1976.
23. Славин В. Атомно-абсорбционная спектрометрия.- М.: Химия, 1971.
24. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вязущих веществ. Москва: Высшая школа, 1981.- 281 с.
25. Authier - Volume D. Physical properties of crystals / Отъе А. - Том. D. Физические свойства кристаллов - 2003 г. (Kluwer Academic Publishers, 1е издание, 527 с., ISBN 1-4020-0714-0
26. Sydney Hall, Brian McMahon - Volume G. Definition and exchange of crystallographic data / Сидни Холл, Брайан МакМэхон - Том G. Определение и обмен кристаллографическими данными - 2005 г. (Springer, 1е издание, 598 с., ISBN 0-4020-3138-6).
27. Hammond C. The Basics of Crystallography and Diffraction Oxford university press, 2009, 3ed edition.
28. Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of Powder Diffraction and Structural Characterization of MaterialsSpringler. 2005. 713 p.
29. Hahn Th. (ed.) International tables for crystallography. Vol. A. Space-group symmetry 5th rev. ed. – Springer, 2005. – 911 p.
30. [www.texhologiy.ru](http://www.texhologiy.ru)
31. <http://www.iconstel.net>
32. [www.google.com](http://www.google.com)
33. [www.ecolife.com](http://www.ecolife.com)
34. [www.Химик.ru](http://www.Химик.ru) - Химическая энциклопедия