

Даница Поповска

Љупчо Поповски

# МИНЕРАЛОГИЈА

I година



струка: Геолошко-рударска и металуршка  
сектор: Геологија, рударство и металургија

**ДАНИЦА ПОПОВСКА  
ЉУПЧО ПОПОВСКИ**

# **МИНЕРАЛОГИЈА**

**за I година**

**Геолошко - рударски техничар**

**Скопје**

**2024**

## **МИНЕРАЛОГИЈА**

за I година

Геолошко - рударски техничар

### **Автори:**

Даница Поповска

Љупчо Поповски

### **Рецезенти:**

Перица Пауновиќ

Зоранчо Божинов

Валентина Маневска

### **Лектор:**

Трајко Огненовски

### **Стручна редакција:**

Идавер Хусеини

### **Уредник:**

Љупчо Поповски

**Издавач:** Министерство за образование и наука на Република Северна Македонија,  
ул. „Св. Кирил и Методиј“ бр. 54, 1000 Скопје

**Графичко и техничко уредување:** Ели Василевска Илиевска – APC СТУДИО

**Место и година на издавање:** Скопје, 2024

Со одлука за одобрување на учебникот по предметот Минералологија, за I година, сектор/струка: геологија, рударство и металургија, геолошко - рударска и металуршка, квалификација/образовен профил: геолошко - рударски техничар, средно стручно четиригодишно образование, со бр. 26-376/1 од 21 март 2024 донесена од Националната комисија за учебници.

## Предговор

Наставниот предмет минералологија е основа за успешно понатамошно следење на наставата бидејќи многу предмети во наставниот план за квалификацијата Геолошко-рударски техничар се поврзани со минералологијата.

Учебникот е наменет за учениците од прва година во секторот Геологија, рударство и металургија. Имајќи ја предвид возраста на учениците, а притоа водејќи сметка да се задоволат критериумите за стручност, се обидовме, како авторски тим на едноставен, јасен и за возраста прифатлив начин да ги воведам учениците во тајните на природата изразена преку создавањето и постоењето на минералите. Учебникот е богат со илустрации кои визуелно ги надополнуваат и дообјасуваат содржините кои се обработени како и со вежби и задачи преку кои учениците ги проверуваат и утврдат своите знаења и вештини.

Како водач за изработка на учебникот користена е Концепцијата за изработка на учебници од 2010 година, а за изборот и систематизирањето на содржините користена е Наставната програма по предметот минералологија одобрена од Министерството за образование и наука со решение: 08 541/1 од 17.06.2019 година.

Сите теми од Наставната програма се обработени до рамниште кое ќе гарантира дека учениците проучувајќи ги наставните содржини, ќе се здобијат со знаења, вештини и способности за успешно следење на понатамошната настава соодветно нивниот профил и занимање, исто така ќе бидат поттикнати самите да бараат податоци како би дознале повеќе за минералите.

Учебникот е направен така што ученикот да може самостојно да го совладува материјалот. Но степенот на успешност зависи и од креативниот пристап на наставникот и опременоста на училишниот кабинет, односно минералошката збирка со која располага училиштето.

Од авторите

# Содржина

## 1 НАСТАНОК НА МИНЕРАЛИТЕ

<i>Поделба на минералите</i> .....	3
<i>Основни поими и дефиниции</i> .....	5
<i>Кристализација на минералите</i> .....	9
<i>Настанок на минералите во природата</i> .....	12

## 2 СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

### КРИСТАЛОГРАФСКИ СВОЈСТВА

<i>Морфолошки особини на минералите</i> .....	19
<i>Кристалографски оски</i> .....	23
<i>Параметри, параметарски односи и индекси</i> .....	25
<i>Положба и видови на кристални рамнини и форми</i> .....	29
<i>Елементи на симетрија</i> .....	31
<i>Кристалографски системи</i> .....	34
<i>Тесерална система</i> .....	35
<i>Тетрагонална система</i> .....	38
<i>Хексагонална система</i> .....	42
<i>Ромбична система</i> .....	45
<i>Моноклинична система</i> .....	48
<i>Триклинична система</i> .....	50
<i>Близнење кај минералите</i> .....	52

### ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

<i>Боја и боја на огреб кај минералите</i> .....	55
<i>Цепливост и кршливост на минералите</i> .....	58
<i>Тврдина на минералите</i> .....	61
<i>Сјајност на минералите</i> .....	65
<i>Специфична тежина на минералите</i> .....	67
<i>Еластичност кај минералите</i> .....	70
<i>Физиолошки особини на минералите</i> .....	72

### ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

<i>Хемиски формули и структурна градба на минералите</i> .....	73
<i>Атомски и јонски радиуси</i> .....	75
<i>Кристалохемиски врски</i> .....	77
<i>Внатрешна градба на кристалот</i> .....	79

## 3 ПЕТРОГЕНИ МИНЕРАЛИ

### СИЛИКАТИ

<i>Градба и поделба на силикатите</i> .....	83
<i>Тектосиликати</i> .....	84
Група на алкални фелдспати .....	85
санидин .....	85
ортоклас .....	85
микроклин .....	86
Група на плагиокласи .....	88
<i>Филосиликати</i> .....	91
Група на лискуни .....	91
мусковит .....	91

биотит .....	92
Хлорит .....	94
Серпентин .....	95
Минерали на глина .....	96
каолин.....	96
монтморионит .....	97
<i>Иносилкати</i> .....	98
Група на анфиболи.....	98
тремолит.....	99
актинолит .....	100
хорнтбленда.....	100
Група на пироксени.....	101
хиперстен .....	102
диопсид .....	102
хеденбергит.....	102
аугит.....	102
жадеит .....	103
сподумен .....	103
<i>Соросилкати</i> .....	105
Епидот .....	105
<i>Незосилкати</i> .....	106
Група на оливин.....	106
Андалузит.....	109
Силеманит .....	109
Дистен .....	110
Стуролит.....	110
Група на гранати.....	112
<b>ОКСИДИ, КАРБОНАТИ И СУЛФАТИ</b>	
<i>Оксиди</i> .....	115
Кварц .....	115
Калцедон .....	117
Корунд .....	119
<i>Карбонати</i> .....	121
Ромбодарски карбонати .....	122
калцит.....	122
магнезит .....	123
доломит .....	124
Ромбични карбонати .....	125
арагонит .....	125
<i>Сульфати</i> .....	127
гипс .....	127
анхидрит.....	129
барит.....	129
<b>МИНЕРАЛИ ЕЛЕМЕНТИ</b>	
графит .....	132
сулфур.....	133
<b>4 МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛИ</b>	
<b>МИНЕРАЛИ НА ЦРНИ МЕТАЛИ</b>	
<i>Минерали на железо.</i> ....	136

хематит.....	137
магнетит.....	138
лимонит.....	139
сидерит.....	140
шамозит и турингит.....	
141 пирит.....	141
марказит.....	142
пиротин.....	142
<i>Минерали на хром</i> .....	144
хромит.....	144
крокоит.....	145
<b>МИНЕРАЛИ НА ЛЕСНИ И ЛЕГИРАЧКИ МЕТАЛИ</b>	
<i>Минерали на титан</i> .....	146
илманит.....	146
свен.....	147
рутил.....	148
<i>Минерали на никел</i> .....	150
петландит.....	150
милерит.....	150
никелин.....	151
<b>МИНЕРАЛИ НА ОБОЕНИ МЕТАЛИ</b>	
<i>Минерали на бакар</i> .....	152
халкозин.....	153
ковелин.....	153
халкопирит.....	154
борнит.....	155
куприт.....	155
малахит и азурит.....	156
<i>Минерали на олово</i> .....	158
галенит.....	158
џемсонит.....	159
церузит.....	160
англезит.....	160
<i>Минерали на цинк</i> .....	162
свалерит.....	162
цинкит.....	163
смитсонит.....	164
<i>Минерали на арсен</i> .....	165
арсенопирит.....	165
реалгар.....	166
аурипигмент.....	167
<i>Минерали на антимон</i> .....	168
антимонит.....	168
валентинит.....	169
<b>МИНЕРАЛИ НА ПЛЕМЕНИТИ МЕТАЛИ</b>	
<i>Минерали на злато</i> .....	171
самородно злато.....	171
<i>Минерали на сребро</i> .....	172
аргентит.....	172





# Модуларна единица 1:

## НАСТАНОК НА МИНЕРАЛИТЕ

По реализација на теоретските часови и вежбите од модуларната единица „Настанок на минералите“ ученикот ќе биде способен да:

- Дефинира поим минерал и поим карпа
- Согледува разлики меѓу минерал и карпа
- Опишува начин на кристализација на минералите
- Наведува услови за формирање на кристални форми на минерали од воден раствор
- Подредува фази на кристализација на минералите за време на диференцијација на магмата
- Разликува начини на настанок на минералите



## Поделба на минералологијата

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да објасни што е предмет на проучување на минералологијата;  
- да дискутира за поделбата на минералологијата;

Предмет на проучување на минералологијата се минералите. Таа ги проучува физичките и хемиските особини на минералите, формите во кои се појавуваат, начинот на кој настануваат и измените кои се случуваат кај нив со текот на времето.



Кристален минерал - Гипс

Во последно време минералологијата доживува голем процвет и собрани се големи количини на материјал. За полесно проучување извршена е поделба на минералологијата на општа минералологија и специјална минералологија.

**Општата минералологија**, од своја страна поделена е на:

- **кристалографија** - ја проучува надворешната форма на минералите која се јавува како последица на внатрешната градба на минералите;

- **минерална физика** - се занимава со проучување на физичките особини на минералите;

- **минерална хемија** - ги проучува хемиските особини на минералите;

- **минералогенеза** - се занимава со проучување на настанокот на минералите и нивните промени со текот на времето;

- **економска минералологија** - ги проучува минералите кои имаат одредено стопанско значење и човекот ги користи за одредени цели;

**Специјалната минералологија** се занимава со поделбата на минералите и ги проучува особините посебно на секој минерален вид. Специјалната минералологија се дели на:

- **систематика на минералите** - врши поделба на минералите во групи според одредени принципи. Најприменуван принцип за поделба на минералите е поделбата според хемиски состав. Овој принцип е употребен за поделба на минералите во овој учебник;

- **физиографија на минералите** - се занимава со проучување на особините посебно на секоја минерална врста.

**Вежба 1.**

**Цели:**

- ✓ Користење на интернет за едукативни потреби;
- ✓ Селектирање на потребни податоци од документ;

**Потребни материјали:**

- компјутерска опрема,
- паметни телефони,
- интернет.

**Фаза 1.** Разговарајте со предметниот наставник по информатика за напредно пребарување на интернет.

**Фаза 2.** Пронајди неколку интернет страни кои се однесуваат на минералите и минералологијата. Издвои ги податоците кои ги дефинираат поимите минерал, минералологија и нејзина поделба и истите запиши ги во училишната тетратка.

**Фаза 3.** Меѓусебно споделете ги информациите кои ги пронајдовте и дискутирајте ги со предметниот наставник по минералологија.

1. Објасни што проучува минералологијата.
2. Наброј ги дисциплините на кои е поделена општата минералологија.
3. Што е предмет на проучување на кристалографијата?
4. Како е поделена специјалната минералологија?
5. Според кој критериум се поделени во групи?

## Основни поими и дефиниции

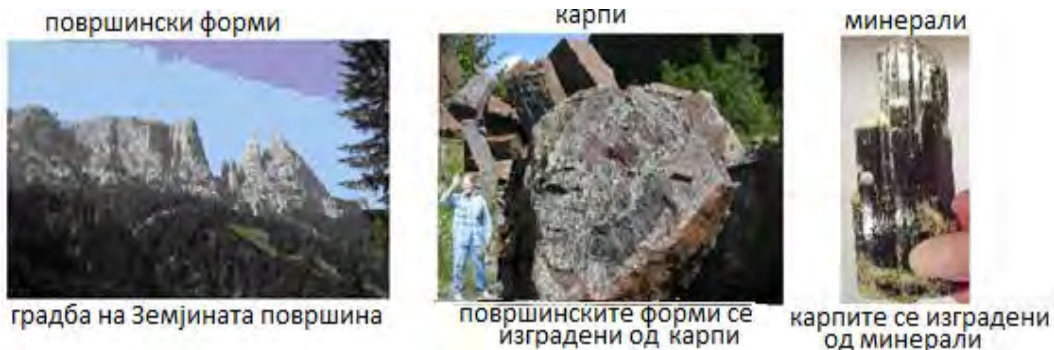
На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да разликува минерал и карпа;
- да дефинира поим минерал;

Земјината кора е најгорната обвивка од Земјата која се наоѓа во тврда агрегатна состојба. Во составот на земјината кора влегуваат карпи со различни бои: бели, зелени, црни, црвени итн. Ако се разгледа составот на карпите може да се воочи дека ваквата разновидност се должи на тоа што во нивниот состав влегуваат различни единки по боја (зелени, сиви, црни, сини) и форми (зрнести, плочести, влакнести, игличести). Ваквите единки кои влегуваат во составот на карпите се викаат минерали.

Во природата се познати повеќе од 4000 различни минерали. Во составот на карпите истите влегуваат како самостојни или во комбинација со други минерали. Еден минерал може да се комбинира со различни видови на минерали и да се сретнува во различни карпи. Битно е да се каже дека минералот без разлика на кое место и во какви карпи се сретнува секогаш си ги задржува своите минералошки особини.

Постојат повеќе дефиниции за минералите. Од погоре реченото



може да се каже дека **минералите** претставуваат основни единки од кои е изградена Земјината кора.

Или: **минерал** може да се дефинира како природно неорганско тело со точно одредени физички, хемиски и кристалографски особини.

Анализирајќи ја дефиницијата може да се констатира дека минералите претставуваат цврсти тела настанати со геолошки процеси од **неорганска материја**. Според оваа дефиниција гасовитите и течните соединенија не спаѓаат во минерали во голем дел поради тоа што нивната структура постојано им се менува. Но, не секогаш минералите се неоргански тела односно постојат отстапки. На пример килибарот според одредени автори се вбројува во минерали иако се знае дека е настанат со стврднување на органски смоли од четинарски дрва.

Секој минерал има точно одреден **хемиски состав** и може да се изрази со хемиска формула. Пр. хемиската формула на солта или халит е  $\text{NaCl}$ , што значи дека секој молекул на сол е составен од еден атом на натриум (Na) и еден атом на хлор (Cl). Други минерали имаат многу покомплицирани формули, како што е мусковит ( $\text{KA}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{x}(\text{OH}_2)$ ). Некои минерали, како што е графитот, се изградени само од еден вид на атоми (во овој случај јаглерод), затоа хемиската формула на графитот е напишана едноставно како C. Секој минерал има точно одреден хемиски состав. Ако се обидеме да го смениме составот на мусковитот со замена на алуминиумот (кој се наоѓа на точно одредено место во структурата на минералот) со железо и магнезиум, ќе добиеме сосема друг минерал – конкретно: биотит. Точниот хемиски состав условува и точно одредени **физички и кристалографски особини** на минералите. Од друга страна многу минерали содржат примеси и тие примеси може да варираат. Пр. сл.1 кварцот по хемиски состав е  $\text{SiO}_2$  и нема никаква боја кога е хемиски

чист (горски кристал). Присуството на многу мало количество на титан (Ti) му дава некој розов колорит. Но, иако се забележуваат



Слика 1. Розев кварц и горски кристал

промени на физичките особини (боја) предизвикани од присуството на титан, минералот се уште ќе биде кварц. Присуството на титанот во однос на силициумот и кислородот е минимално, така што оваа

појава се смета за примеси на титан во кварцот, а не како промена на хемискиот состав.

Според комисијата за нови минерали и имиња на минералите „ИМА“ (International Mineralogical Association) под поимот **минерал** се подразбира елемент или хемиско соединение кое е кристализирано и е создадено со геолошки процеси (Nickel, E. H., 1995).

Ако се земе предвид дека карпите се изградени од минерали, се наметнува фактот дека карпата е посложен поим од минералот. Поимот **карпа** може да се дефинира како заедница од повеќе минерали од ист или различен вид. Ако карпата е изградена од минерали од ист вид се вика **мономинерална**. Пример:



Слика 2. Минерален состав на гранит

карпа изградена само од минералот калцит  $\text{CaCO}_3$ . Постојат и **полиминерални** карпи во чиј состав влегуваат повеќе минерални



видови. Пример: Гранитот (сл. 2) е карпа која е изградена од повеќе различни видови на минерали (кварц, албит, микроклин, мусковит биотит и др.). Во природата далеку повеќе се сретнуваат полиминералните карпи во споредба со мономинералните карпи.

### *Вежба 2.*

#### *Цели:*

- ✓ *Разликување минерал од карпа;*
- ✓ *Разликување на полиминерални и мономинерални карпи;*

#### *Потребни материјали:*

- *примероци од кристални минерали (гипс, кварц, пирит и сл.);*
- *примероци од крупнозрнести магматски и метаморфни карпи во кои можат макроскопски да се препознаат поедини минерали;*
- *примероци од мономинерални карпи (кварцит, мермер и сл.).*

*Фаза 1. Учениците се делат во групи и секоја група добива примерок за одредување.*

*Членовите во групата меѓусебно разговараат и носат одлука кој ја запишуваат во тетратките дали примерокот е: кристален минерал, мономинерална карпа или полиминерална карпа. Одлуката ја аргументираат во дискусија со наставникот. Постапката се повторува се додека секоја од групите не добие за одредување примерок од карпа и кристален минерал.*

*Фаза 2. Групите добиваат поголем број на примероци одеднаш кои треба да ги анализираат и да ги раздвојат на примероци: кристални минерали, минерали во склоп на карпа, полиминерални карпи и мономинерални карпи.*

*Фаза 3. Заклучуваат што е минерал, а што карпа и истите да ги разликуваат.*

### *Задача 1.*

*Во непосредна близина на твоето место на живеење, обиди се да пронајдеш неколку различни видови на карпи.*

*Разгледај го нивниот минералошки состав.*

*Обиди се да издвоиш некои минерали што влегуваат во составот на карпите.*

*Наредниот наставен час дискутирајте со предметниот наставник за тоа што го откривте.*

- 1. Дефинирај го поимот минерал!*
- 2. Дефинирај го поимот карпа!*
- 3. Спореди и објасни што е посложено тело, карпа или минерал?*

## Кристализација на минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да дефинира поим кристализација;
- да дискутира за кристализација на минерали од водени раствори;

Минералите во природата настануваат во процес на кристализација. Овој процес наједноставно може да се објасни на следниот начин. Во вода се раствора халит NaCl (готварска сол) при што доаѓа до јонизација на водата со честици од натриум  $\text{Na}^+$  и хлор

Потсети се на темата кристализација што сте ја работеле во основно образование по предметот хемија.

Cl<sup>-</sup>. Ако концентрацијата на натриум хлорид во растворот е мала, не ќе може да се изврши кристализација.

Силите на привлекување што постојат меѓу разноимените јони поради далечината помеѓу нив не се доволни за да се создадат молекули на натриум хлорид. Но ако се зголеми концентрацијата на растворената супстанца (додавање на NaCl во водата, опаѓање на температурата и сл.) овие сили ќе бидат доволни за спојување на јоните од натриумот и хлорот т.е. за создавање на **кристални ембриони**. Околу секој од кристалните ембриони се насобира материја која формира **кристализационо поле (зона)**. Концентрацијата во кристализационото поле е многу поголема од онаа во растворот и од него се прибира материјал кој е потребен за растење на кристалниот ембрион. Со растење на кристалот концентрацијата на јоните во зоната опаѓа. Течноста настојува да ја изедначи концентрацијата. Јоните се движат од растворот кон **кристалот** кои поради ова растат. Кристалите растат во различни правци со различни брзини. Кога би растеле во сите правци со исти брзини кристалот би бил во форма на топка (вака се формирани аморфните минерали). Различните брзини во различни правци овозможуваат кристалите да се со полиедарска форма. Во паралелни правци растат со иста брзина, бидејќи за исто време

честиците поминуваат ист пат. Најбрзо се формираат ќошињата, па рабовите, а најбавно рамнините. **Кристалот е физичко тело чија правилна полиедарска форма е последица на правилната внатрешна структура.**

Минералите со правилна внатрешна градба и правилна надворешна форма се нарекуваат **кристални** минерали. Минералите чии кристали немаат ни правилна структурна градба, ни правилна надворешна форма се нарекуваат



**кристал на сол**

**аморфни** минерали. Меѓу кристалните и аморфните минерали постои преодна група на минерали кои имаат релативно правилна внатрешна структурна градба, но неправилна надворешна форма. Таквите минерали се нарекуваат **кристалести** минерали.

За да се формираат идеални кристали потребно е да се исполнат некои услови како што се:

- растворот да биде доволно концентриран за да се формираат кристални ембриони и истите да може непречено да растат. Ако е помала концентрацијата нема да може да се формираат кристални ембриони или ако се формираат нема да има доволно количество на материја за да можат правилно да растат. Ако концентрацијата е голема тогаш при кристализацијата ќе се формираат голем број на ембриони и при растењето ќе си пречат едни на други, поради што кристалите ќе се деформираат.

- температурата на кристализација постепено да опаѓа. Ако ладењето на растворот е бавно, честиците (јони, атоми, молекули) имаат доволно време да си ги завземат местата во кристалната решетка. Ако ладењето е брзо, материјата брзо доаѓа до ембрионот, страните немаат време да се формираат и често настануваат кристали кои имаат празни места (не потполнети дупки) во кристалната решетка.

Вискозноста на средината е отпорот на таа средина спрема надворешните механички влијанија. Ако вискозноста е голема кристалите ќе бидат ситни и со многу рабови и ќошиња, ако вискозноста е мала кристалите може да се развиваат во големи и идеални.

Големината која ја достигнуваат кристалите може да варира во широки граници, од микроскопски одвај видливи индивидуи до тела со изразени метарски димензии.

Треба да се напомене дека во природата не постојат идеални кристали.

### *Вежба 3.*

#### *Цели:*

*Имајќи ги предвид сознанијата од претходната наставна единица за настанок на кристалните минерали, со помош на вашиот наставник од воден раствор на сол или син камен обидете се да добиете кристален минерал.*

*Потребни материјали:*

- чаша од 100 мл,
- лажица,
- дестилирана вода,
- 50г сол или 40г син камен,
- молив,
- волнен конец.

#### *Фаза 1. Подготовка*

*Дискутирајте со наставникот по хемија.*

- *што претставува раствор и кои се заситени раствори и*
- *како се добива заситен раствор*

*Дискутирај со наставникот по заштита.*

➤ *кои мерки на заштита при работа да ги преземете при подготовка на растворот*

#### *Фаза 2. Припрема на системот за кристализација*

*Во чашата подгответе заситен раствор. Едниот крај од волнениот конец врзете го за моливот и моливот поставете го попречно на устинката од чашата, а другиот крај од конечот кој виси потопете го во растворот. Така подготвениот систем оставете го на топло и мирно место неколку дена.*

#### *Фаза 3. Анализа на добиениот резултат:*

*Што се случуваше со водата и растворената супстанца во изминатите денови?*

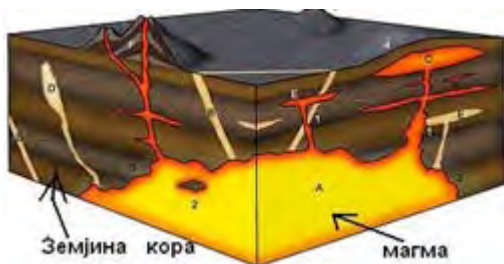
*Што претставува кристализација?*

*Ако не успеавте да добиете кристал на потопениот крај од конечот анализирајте кои би можело да бидат причините и обидете се повторно замајќи ги во предвид заклучоците од анализата.*

## Настанок на минералите во природата

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да го објасни настанокот на магматските, седиментните и метаморфните минерали;

Порано споменавме дека минералите претставуваат основни единици од кои се изградени карпите. Значи, со настанокот на карпите настануваат и минералите како нивни составни делови. Првите карпи на Земјата се појавиле по завршувањето на „борбата на огнот и водата“ која траела неколку милијарди години и завршила со победа



Слика 3. Земјина кора и магма во нејзината внатрешност

на водата. Од жешката усви-тена маса од која била изградена Земјата за првпат се формирала тврда материја која воедно претставувала и прва земјина кора (сл.3). Овој процес на формирање на Земјината кора продолжил

натаму, а трае и денес (во овој момент некаде на Земјата се создаваат нови минерали). Бидејќи земјината кора е изградена од карпи, а карпите од минерали, произлегува дека првите минерали кои се појавиле на Земјата настанале со ладење на жешка растопена маса.

Од друга страна пак, ако ги разгледуваме површинските делови на една стара магматска карпа и ги споредиме со нејзините подлабоки делови, споредбата ќе покаже дека површинските делови се изменети: фелдспатите постанале трошни и матни, темно зелениот биотит преминал во светлозелен, црниот магнетит пожелтел и сл. Минералите на некој начин се распаднале. Но ова распаѓање овозможило создавање на нови минерали од постојните: фелдспатот преминал во каолин, биотитот во хлорит, а магнетитот во лимонит. Значи, минералите не постоеле отсекогаш, но и не траат вечно. Исто

како и другите материи во природата и минералите настануваат во некое време и пропаѓаат, односно се менуваат во друг вид на материја.

Најголем дел од минералите (94%) кои се појавуваат во Земјината кора имаат **магматски настанок**, односно се создаваат со ладење на магмата. Магмата претставува жежок силикатен растоп кој потекнува од внатрешноста на Земјата. Составена е од тешко испарливи компоненти, оние кои испаруваат на многу високи температури (оксиди на силициум, алуминиум, железо, манган и сл.) и лесноиспарливи компоненти, оние кои испаруваат на ниски температури (вода, јаглерод диоксид, сулфур водород, различни хлориди и флуориди на тешки метали и др.). Односот меѓу тешко испарливите и лесно испарливите компоненти во магмата е 90% наспроти 10%. Процесот на потполна кристализација на магмата во земјината внатрешност се одвива во повеќе фази и во долг



Слика 4. Минерална парагенеза на кварц, свалерит и галенит

временски период. Секоја фаза се карактеризира со формирање на својствени за неа парагенези (група на минерали кои се појавуваат заедно). Пример: во хидротермалните лежишта на олово и цинк секогаш заедно се појавуваат минералите: свалерит, галенит, кварц и др. Види слика 4.

Сите компоненти кои го сочинуваат магматскиот растоп кога се наоѓа во Земјината внатрешност поради високиот притисок и температура се наоѓаат во рамнотежна состојба. Ако поради некои причини дојди до опаѓање на температурата, постоечката рамнотежа се пореметува. Додека магмата се наоѓа во растопена состојба доаѓа до издвојување на сулфидите од силикатите. Ваквите сулфиди на никел, железо, бакар, платина и др. во вид на капки тонат кон базните делови

од интрузивот. Ако капките наидат на поволни услови кристализираат (издвојување во цврста фаза) и се создаваат првите сулфидни минерали создадени од магмата. Во оваа фаза, наречена **ликвидомагматска сегрегација** се создаваат високо температурни минерали како што се петландит, пиротин, халкопирит и др.

Со натамошно опаѓање на температурата се создаваат услови за издвојување на други соединенија од магмата во цврста состојба. Оваа фаза е позната како **кристализациона диференцијација** и во неа, главно, се создаваат високо температурни силикатни и оксидни минерали на тешко испарливите компоненти. Со кристализациона диференцијација се образуваат минералите: оливин, пироксен, фелдспати, амфибол, магнетит, илменит и др.

Со издвојување на тешко испарливите компоненти во цврста состојба, составот на магмата се менува. Заостатокот од магматскиот растоп е збогатен со лесно испарливи компоненти, а нивната содржина може да достигне и до 50%. Минералите кои се создаваат од заостатокот од растоп богат со врела пареа и гасови имаат **пегматитско** или **пневматолитско потекло** (турмалин, берил, лискун и др.) и истите во својот хемиски состав содржат лесно испарливи компоненти (F, OH, Cl, B).

Со натамошно опаѓање на температурата под критичната температура на водата од 375 °C врелите гасови преминуваат во врели води. Врелите води од магмата всушност претставуваат хидротермални раствори кои во себе содржат елементи (Pb, Zn, Cu, Au, Ag, Sb и др.) кои се заостаток од магмата. Со создавање на нови минерали од врелите води чие потекло директно е поврзано со магмата без нивна реакција со претходно настанатите минерали започнува **хидротермалната фаза**. Во оваа фаза настануваат голем број на рудни сулфидни минерали како и минерали на самородни елементи (галенит, антимонит, пирит, бакар, злато, сребро и др.).



Минералите кои се создале со консолидација на магма која излегла на земјината површина во вид на лава, имаат **вулканско потекло**. Вакво потекло имаат и оние минерали кои настанале со сублимација од пареа и гасови во вулканското подрачје (сулфур, гипс и др.).

Жешките гасови и пареа кои потекнуваат од магмата и самата магма вршат измени на порано настанатите минерали на контактот со околните карпи. На контактот може да се врши размена на материјал меѓу магмата и околната карпа при што настануваат заеднички минерали. На овој начин настануваат минерали со **скарновско, албититско и грајзенско потекло**.

Секој минерал е стабилен во оние услови (температура и притисок) во кои настанал, ако поради некои причини условите се променат за да опстане минералот мора да промени нешто во својот состав (форма, хемизмот и сл.). Ваквите минерали имаат **метаморфен настанок**. Ако промените се случуваат на големи пространства и длабини во услови на високи притисоци и температури настануваат **регионално метаморфни минерали**. Пример: минералите на глина кои се настанати во услови на ниски температури и притисоци кои владеаат на површината на земјата се најдат во регионално метаморфни услови преминуваат во андалузит, стауролит, дистен и др.

Хемиското преобразување на минералите кои настанале од магмата се врши и на земјината површина или во нејзина непосредна близина. Примарните сулфидни минерали преминуваат во оксиди кои се постабилни на површински услови. Овие измени се вршат под влијание на кислородот во оксидационата зона и цементационата зона каде присуството на кислородот е помало. На овој начин настануваат **секундарни минерали** кои претставуваат оксиди и карбонати на металични елементи (хематит, куприт, малахит).



На Земјината површина, особено во услови на суви и топли клими, со одлагање на материјата од водените раствори настануваат минерали на соли (гипс, халит, силвин и др.). Во близина на слапови, водопади во варовнички терени како резултат на распрскување на водата во ситни капки и губење на CO<sub>2</sub> се создаваат калцит, доломит и други карбонатни минерали. Минералите кои се настанати со кристализација од ладни води имаат **хидатогено потекло**.

**Вежба 4.**

**Цели:**

- ✓ Разликување начини на настанок на минералите;
- ✓ Поврзување начини на настанок со услови на настанок и минерални парагенези;

Фаза 1. Поврзете ги начините на настанок на минералите со соодветните точни услови на настанување!.

**Начин на настанок на минералите**

**Услови на настанок на минералите**

1. кристализациона диференцијација

а) средно високи температури, подеднакво присутни тешко и лесно испарливи компоненти

2. пегматитски пневматолитски

б) високи температури, силикатен растоп богат со тешко испарливи компоненти

3. хидротермално

в) променети услови во однос на настанокот на примарните минерали

4. метаморфно

г) ниски температури, ладни водени раствори

5. хидратогено

д) врели води од растоп со растворени компоненти

Фаза 2. Креирајте табела во училишната тетратка со три колони и шест редови (види Табела 1.1) и потоа точно поврзаните парови редоследно внесете ги во табелата.

Табела 1.1 Услови и начин на настанок на минерали и минерални парагенези.

Начин на настанок на минерали	Услови на настанок на минерали	Настанати минерали

Фаза 3. Искористете ја содржината од наставната единица „Настанок на минералите“ за да пронајдете по два минерали настанати според начин на настанок даден во табелата и паровите од минерали внесете ги во соодветните редови од колона три во Табела 1.1.

## Модуларна единица 2: СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

По реализација на теоретските часови и вежбите од модуларната единица „Својства на минералите“ ученикот ќе биде способен да:

- Дефинира елементи на кристал
- Толкува симетрија кај кристалите
- Одредува елементи на симетрија
- Подредува облици во кристални системи
- Опишува форми на појавување на минералите
  
- Набројува физички особини на минералите
- Наведува причини од кои зависи големината на физичка особина
- Опишува поделба на минерали според големина на физичко својство
- Применува методи за одредување на физичка особина на минералите
- Класифицира минерали според физичка особина
- Одредува физички особини на непознат минерал
  
- Поврзува внатрешна градба со хемиски состав
- Дискутира за хемиски состав и внатрешна градба на минерал
- Опишува просторна решетка и елементарна ќелија
- Групира минерали според хемиски состав



## КРИСТАЛОГРАФСКИ СВОЈСТВА

### **Морфолошки особини на минералите**

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да дефинира гранични елементи;  
- да препознава гранични елементи и облици кај кристалите;

Делот од минералогиската која се занимава со проучување на надворешниот изглед на минералите се вика морфологија. Минералите најчесто се јавуваат во облик на кристали т.е. во правилни полиедарски структури. Овие полиедарски облици се ограничени со одредени гранични елементи. Кај кристалите гранични елементи се: **рамнините**, **рабовите** и **кошињата**. Види слика 5. **Рамнините се рамни површини кои го ограничуваат кристалот од сите страни.** По форма и големина можат да бидат најразлични: ромбни, квадратни, правоаголни, триаголни, делтоидни и др.



Слика 5. Гранични елементи кај кристал на флуорит

**Рабовите се праволиниски гранични елементи кои претставуваат места каде се сечат две рамнини.** Аголот меѓу два рамнини од кристалот, за даден минерал е постојана големина и се нарекува **агол диедар**. Рабовите кај кристалните минерали можат да бидат: остри, правоаголни и тапи.

**Кошиња се места во кристалот каде што се сечат три или повеќе рабови.** Кошињата можат да бидат:

-правилни (рабовите и рамнините кристалографски се еднакви)

-неправилни (рабовите и рамнините кристалографски не се еднакви) и

-симетрични (низ кои може да се повлече барем една рамнина на симетрија).

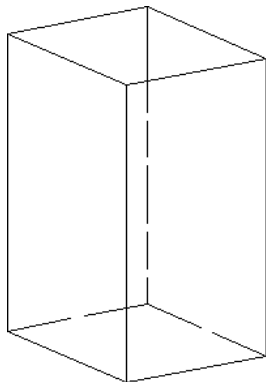
Според тоа, колку кристалографски рамнини поврзуваат можат да бидат: тристрана, четирирани, шестострани итн.

Со кристалните минерали владеат одредени кристалографски закони. Еден од тие е законот за **постојаност на граничните елементи**. Тој гласи: На еден кристал, граничните елементи едни од други стојат во извесна математичка зависност. Оваа зависност меѓу граничните елементи се искажува со следната формула:

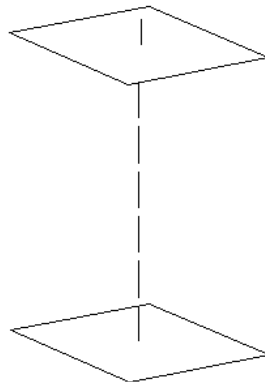
$$P_m + K = P_b + 2$$

(рамнини плус ќошиња еднакво на рабови плус два).

Кристалографските облици можат да бидат **прости** и **сложени**. Прост кристалографски облик е таков облик кај кој кристалографските елементи се складни. Сложен кристалографски облик е облик составен од две или повеќе прости форми.



тетрагонална призма



базен пинакоид

Збир на идентични рамнини (рамнини кои имаат ист однос спрема елементите на симетрија) образуваат **форма**. Формите, образувани од збир на идентични рамнини, можат да бидат

отворени и затворени. Отворена форма е таа чи радини колку и да се продолжуваат не можат самостојно да затворат некој волумен. Кога се опишува кристалот се наведува кои форми на него се присутни, на пр. тетрагонална призма и базен пинакоид.



еквидимензионален кристал



призматичен кристал



плочест кристал

Во зависност со какви брзини растат граничните елементи во различни правци кристалите се појавуваат како **призматични**, **плочести**, **игличести** или **еквидимензионални**.

Кристалните, кристалестите и аморфните минерали не се појавуваат секогаш како поединечни, често се јавуваат и во групи, при што образуваат минерални агрегати кои се јавуваат како:

**гроздести** - наликуваат на грозд пр. малахитот; **столбчести** - изградени од тенки паралелни столбови, пр. берилот;

**друзести** - кора од мали издолжени кристали на ѕидовите на некоја пукнатина или отвор во карпестите маси, пр. кварцот; **влакнести** - паралелни ситни издолжени влакна, на пр. серпентинот:

**геоидни** - заоблени, вдлабнати парчиња обработени со кристали на пр. аметист;

**мамиларни** - заоблени мазни површини, пр. хематит; **масивни** - поврзани минерали без некоја форма, пр. лимонит;

**листести** - тенки листови кои се здружени како плоча која лесно се издвојува (цепи), пр. лискун;

**оолитски** - се мали сфери со димензии

2 мм во пречник, пр. хематит; **радијални** - изградени се од кристали кои се распоредени од еден центар во различни насоки;

**сталактитични** - тенки мразовидни формации, пр. гетит.

## Вежба 5.

### Цели:

- ✓ Определување гранични елементи кај кристал;
- ✓ Споредување прости и сложени кристални облици;

### Потребни материјали:

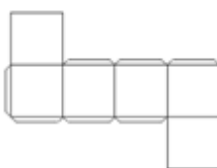
- лист од хамер хартија,
- лепило,
- ножици.

Фаза 1. Разговарајте со предметниот наставник по математика за призма и развивање на површина на коцка и правилна четиристрана призма.

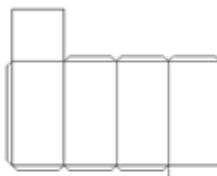
Фаза 2. Учениците се делат на групи. Првата група на лист хартија (хамер хартија) развива мрежа од коцка со должина на страната  $a = 5$  цм со дополнителни површини за лепење. Втората група на лист хартија (хамер хартија) развива мрежа на правилна четиристрана призма со основа  $4 \times 4$  цм и висина 8 цм како на сликата.



пирит



развиена мрежа на коцка и призма



вупфенит

Истата исечете ја, за  $90^\circ$  превиткајте ги рабовите и залепете ја.

Она што го доби I група претставува хартиен модел на кристален минерал галенит. Галенитот и др. минерали кристализираат во облик на коцка, а она што го доби II група претставува хартиен модел на кристален минерал вулфенит, кристализира во форма на правилна четиристрана призма.

Фаза 3. Пронајдете ги граничните елементи (кошиња, рабови и рамнини) на хартиените модели од кристалот!

Во училишната тетратка:

- опишете од какви гранични елементи се формирани кристалните облици Пр. (квадратни рамнини, тапи рабови, правилни кошина и сл.)

- напишете го законот за постојаност на граничните елементи и проверете дали законот важи за овие модели!

- напишете дали кристалните облици се прости или сложени

## Задача 2.

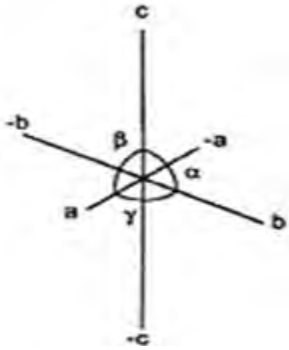
Во училишната минералозна збирка пронајдете примери за минерални агрегати и поединечни призматични, плочести, игличести или еквидимензионални кристали и истите скицирајте ги во вашето блокче!

Проширите ги своите знаења со пребарување на интернет страници за оние агрегати за кои нема примери во вашата училишна збирка!

## Кристалографски оски

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да одреди правци во кристалот кои ќе претставуваат кристалографски оски;
- да именува кристалографски оски;



Во минералогиската некогаш има потреба со зборови да се опише обликот на некој кристален минерал. За да се направи тоа треба да се дадат податоци за положбата на кристалните рамнини со кои е ограничен. За да ја објасниме положбата на рамнините кои го ограничуваат кристалот прво треба да го воведеме и проучиме поимот **кристалографски оскин крст**.

Кристалографскиот оскин крст е изграден од најмалку 3, а најмногу 4 кристалографски оски со еднакви или различни должини и меѓу себе оските да зафаќаат агол од  $90^\circ$  или различен од  $90^\circ$ . **Кристалографските оски претставуваат правци во кристалот.** Кај холоедарските кристални облици (облици со максимален број на елементи на симетрија) започнуваат од некој граничен елемент минуваат низ центарот и завршуваат на спротивен идентичен граничен елемент. Сите кристалографски оски во еден кристал се сечат во центарот на кристалот, притоа образувајќи систем од координатни оски кој во кристалографијата е познат како **кристалографски оскин крст**. Кристалографската оска која е вертикално поставена се вика уште и **главна оска или c-оска**, хоризонталната оска која оди лево десно од набљудувачот се вика **b-оска**, додека хоризонталната оска која оди кон набљудувачот е наречена **a-оска**. Кристалографските оски меѓу себе зафаќаат извесни агли. Аголот меѓу оската „b“ и „c“ се вика „ $\alpha$ “; помеѓу „a“ и „c“ се вика „ $\beta$ “; помеѓу „a“ и „b“ се вика „ $\gamma$ “. Секоја оска има **позитивен** и **негативен** крај.



Позитивни краеве се:

- на оска „a“ е делот од центарот кон набљудувачот
- на оска „b“ делот од центарот десно од набљудувачот
- на оска „c“ делот од центарот нагоре

Негативни краеве на оските се:

- на оска „a“ е делот од центарот спротивно од набљудувачот
- на оска „b“ делот од центарот лево од набљудувачот
- на оска „c“ делот од центарот надолу.

### Вежба 6.

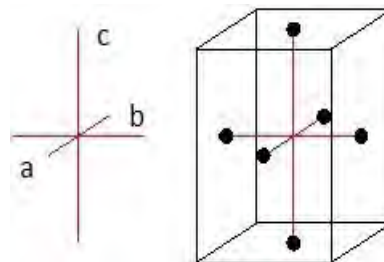
Цели:

- ✓ Именување кристалографски оски и агли меѓу нив;
- ✓ Дискутирање за кристалографски оскин крст кај кристален облик;

Потребни материјали:

- подебело парче жица (или друг материјал пр. пластични сламки и сл.);
- двокомпонентно лепило за метал;
- клешта или ножици за лим;

Фаза 1. Побарајте ги потребните материјали од предметниот наставник по практична настава кој ја води училишната работилница и разговарајте за заштитните средства кои треба да ги користите при работа



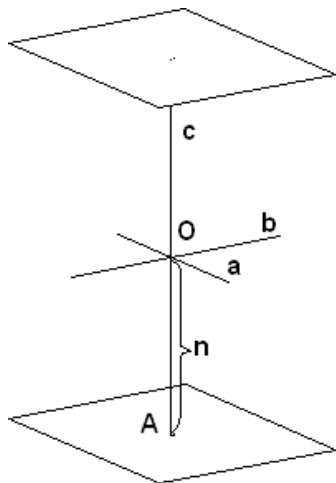
Фаза 2. Пресечете ја жицата или другиот вид на материјал на парчиња со исти и различни должини. Поделете се во три групи и со комбинирање и лепење на парчињата жица направете модел од кристалографски оскин крст:

- I група со три оски еднакви по должина и агол меѓу нив од  $90^{\circ}$
- II група со две оски еднакви по должина една различна и агол меѓу нив од  $90^{\circ}$
- III група со три оски различни по должина и агол меѓу нив од  $90^{\circ}$

Фаза 3. На моделот секоја група нека ги одреди имињата на оските и аглите кои меѓу себе ги зафаќаат. Она што го одредивте демонстрирајте го пред наставникот и останатите членови на групите.

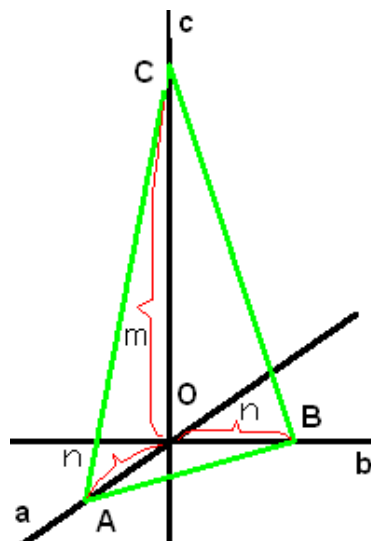
## Параметри, параметарски односи и индекси

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да дефинира параметар;  
- да пишува и чита индекс на рамнина на кристал;



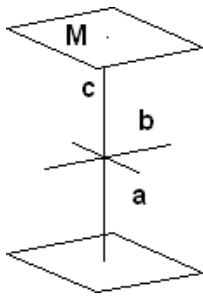
Секоја рамнина во кристалот има точно одредена положба во однос на кристалографскиот оскин крст. Положбата на рамнината се одредува според тоа која или кои од кристалографските оски ги сечи, а со која или кои оди паралелно. Рамнината во кристалот може да биде поставена така што да сече само една од оските, а со останатите да оди паралелно, да сечи две или да ги сечи сите оски. Должината на отсечокот  $OA = n$  кој рамнината „А“ го отсекува на кристалографската оска „с“ (од центарот на кристалографскиот оскин крст до местото каде што рамнината ја отсекува оската) се нарекува **параметар**. Во зависност дали рамнината сечи еднакви делови од кристалографските оски или сечи различни делови се пишуваат различни коефициенти за параметрите.

Од сликата забележуваме дека рамнината ABC е поставена спрема кристалографскиот оскин крст така што ги сечи трите кристалографски оски: „а“, „b“ и „с“. Должините на отсечокот  $OA=n$ , должините на отсечокот  $OB=n$ , а должината на отсечокот  $OC=m$ , па пишуваме:  $na, nb$  и  $mc$ .



Отсечоците кои рамнината ги отсекува на кристалографските оски стојат во одреден однос така наречен **параметарски однос**. Користејќи ги Веисовите коефициенти за рамнината ќе напишеме дека го има следниот параметарски однос  $pa:nb:mc$  (должината на отсечокот кој рамнината го отсекува на кристалографската оска „c“ е различен од должините кои рамнината ги отсекува на останатите две оски).

Ако рамнината е паралелна со една од оските пред оската се пишува знак „ $\sim$ “ (бесконечно). Пример: Од сликата се забележува дека рамнината „M“ отсекува некоја должина на оската „c“.

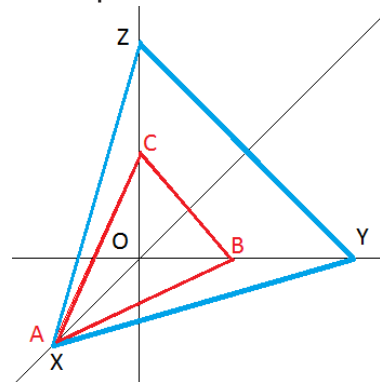


Исто се забележува, колку и да го разгледуваме продолжението на рамнината „M“ и оските „a“ и „b“ во просторот тие секогаш меѓусебно ќе бидат паралелно поставени, односно никогаш нема да се сечат. Параметарскиот однос на рамнината "M" ќе биде  $\sim a:\sim b:c$ . Тоа значи дека рамнината е така поставена наспрема кристалографскиот оскин крст што оди паралелно со оските „a“ и „b“, а отсекува одредена должина на оската „c“.

Параметарскиот однос ја дефинира положбата на рамнината во просторот. Со него се определува и името на простиот облик или видот на рамнината.

Параметарскиот однос ја дефинира положбата на рамнината во просторот. Со него се определува и името на простиот облик или видот на рамнината.

Да ја разгледаме положбата на рамнината XYZ во кристалографската ќелија спрема кристалографскиот оскин крст. Воочуваме дека рамнината ги сече трите кристалографски оски. Нејзиниот параметарски однос ќе биде:  $a : b : c$ .

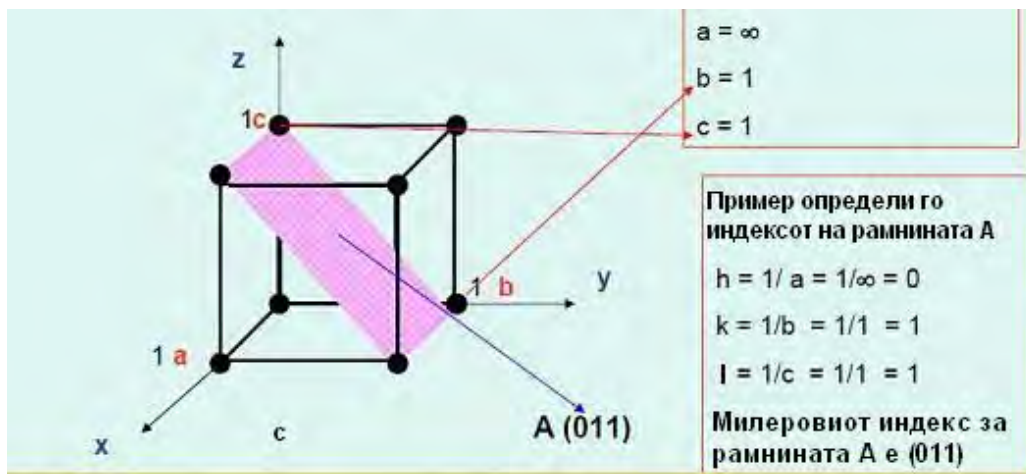


Рамнината која ги сечи трите кристалографски оски на единична должина на елементарната ќелија се вика **единична рамнина**.

Сега да ја разгледаме положбата на рамнината ABC. Забележуваме дека рамнината отсекува одредени должини на кристалографските оски. Ако растојанијата ги споредиме со единечните отсечоци ќе забележиме дека: растојанието OA е еднакво со растојанието OX; OB е двапати помало од растојанието OY и OC е двапати помало од растојанието OZ. Или параметарскиот однос на рамнината ABC ќе биде:  $1a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{2}c$ .

Научникот Милер заради едноставност ги зел реципрочните вредности на параметрите кој се нарекуваат **индекси** и се бележат со h, k, l. Така параметарскиот однос  $a : b : c$  може да се напише (111) бидејќи параметрите m, n и r се 1 па реципрочна вредност од 1 е 1. Првата бројка во заградата се однесува за кристалографската оска „a“, втората за оската „b“ и третата за оската „c“.

Индексот за рамнината ABC ќе биде реципрочно од параметарскиот однос  $a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{2}c$ , односно реципрочно од 1 е 1 и од  $\frac{1}{2}$  е 2 или h, k, l ќе бидат 122 се добива дека индексот на рамнината ABC е (122). Во случај кога рамнината со дадена оска е паралелна во индексот за таа оска се пишува 0 бидејќи  $\frac{1}{\infty} = 0$ .



### Вежба 7.

#### Цели:

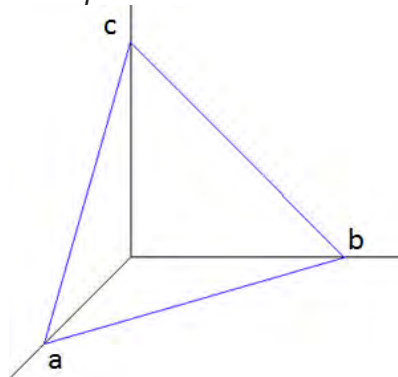
- ✓ Прикажување на положба на рамнина спрема кристалографски оскин крст со помош на параметри и индекси;
- ✓ Претворање на параметри во индекси;

Напиши го во училишната тетратка параметарот на рамнината која спрема кристалографски оскин крст е поставена така што:

- паралелна е со кристалографските оски „a“ и „c“ ја сече оската „b“
- ја сече оската „a“ на двапати помало растојание од „b“ паралелна е со „c“
- ги сече сите три оски, „a“ и „b“ на еднакво растојание двапати поголемо од „c“,
- паралелна е со „a“ ја сече оската „b“ на двапати помало растојание од „c“.

Напишаните параметри претвори ги во Милерови индекси и напишете ги на училишната табла!

Прецртај го на табла координатниот систем со единечната рамнина a,b,c и обидете се со помош на наставникот графички да ги прикажете положбите на рамнините со индекси дадени на табла!



1. Кои се гранични елементи кај кристалните минерали?
2. Наброј ги формите во кои се појавуваат минералите!
3. Што се кристалографски оски?
4. Што по дефиниција претставува кристалографски оскин крст?
5. Од колку оски може да биде составен кристалографскиот оскин крст и како тие се именуваат?
6. Помеѓу кои оски е аголот  $\beta$ ?
7. Кое е значењето на кристалографскиот оскин крст за кристалографијата?
8. Што е параметар?
9. Што е параметарски однос?
10. Што е индекс?
11. Објасни ја положбата на рамнината која има индекс 201.

## Положба и видови на кристални рамнини и форми

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да одредува индекс на рамнини;  
- да идентификува видови на рамнини;

Според видот на рамнините со кој е ограничен кристалот направена е поделба на кристалните облици на **прости** и **сложени**.

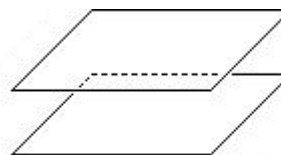
Простите кристални облици имаат свои имиња кои ги добиваат од грчките зборови кои го означуваат бројот на рамнините со кои се ограничени (хексаедар, октаедар, икоситетраедар и сл.) и изгледот на рамнината (ромб, пентагон и др.).

Сложените кристални облици немаат свои имиња туку се наведуваат сите различни рамнини со кои се ограничени.

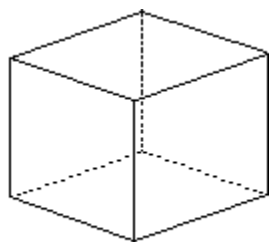
**Форми се збир на симетрични идентични рамнини т.е. рамнини кои меѓу себе се поврзани со елементи на симетрија.** Сите рамнини на некоја форма имаат ист однос спрема елементите на симетрија. Формите можат да бидат отворени и затворени. Некои форми не можат да постојат самостојно туку во кристалите се јавуваат како комбинации.

Зависно од положбата која рамнините ја зафаќаат спрема кристалографскиот оскин крст постојат неколку вида на рамнини:

- **пинакоидални рамнини** поставени се така што да сечат една кристалографска оска, а со останатите одат паралелно. Во однос на тоа која кристалографска оска ја сечи



**пинакоид**



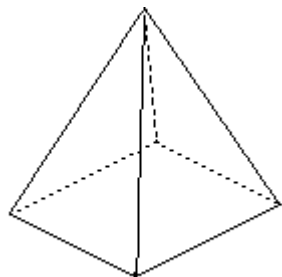
**ромбична призма**

пинакоидот може да биди прв, втор и базен. Индексот на пинакоидалните рамнини е (100), (010) (001).

- **призматски рамнини** со кристалографскиот оскин крст се поставени така што да сечат две хоризонтални оски, а со

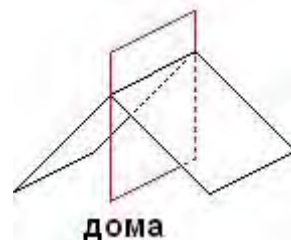
вертикалната оска се паралелни. Индексот на призматски рамнини е (110), (120), (210).

- **вертикална призма или дома**. Поставена е така што сечи една хоризонтална кристалографска оска и задолжително ја сечи вертикалната оска. Вертикалната призма може да има индекси (101), (011), (102), (021). На пресекот



ромбична пирамида

меѓу двете рамнини секогаш се наоѓа рамнина на симетрија или оска на симетрија од втор степен.



дома

- **пирамидални рамнини**. Поставени се така што да ги сечат трите кристалографски оски. Индексот на пирамидална

рамнина може да биде: (123), (112), (221).

Една рамнина сама за себе, во која било положба се нарекува **педион**.



педион

**Вежба 8.**

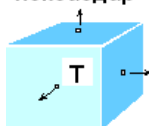
**Цели:**

- ✓ *Определување положба на рамнина од кристал спрема кристалографскиот оскин крст;*
- ✓ *Одредување на вид на кристална рамнина;*

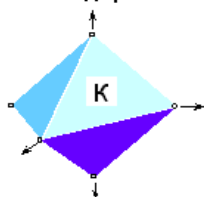
*Определи ја положбата што рамнините „Т“ и „К“ ја зафаќаат спрема оскиниот крст и напиши во училишната тетратка:*

- *индекс на рамнината „Т“ и кој вид на рамнина е.*
- *индекс на рамнината „К“ и кој вид на рамнина е.*

хексаедар



октаедар



*Хексаедар и октаедар имаат кристалографски оскин крст изграден од три оски еднакви по должина и агли од 90°*

*Аргументирај ги резултатите што ги доби пред останатите ученици и предметниот наставник.*

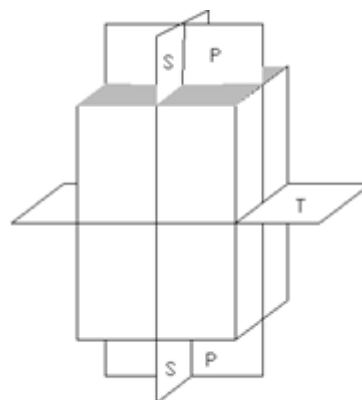
## Елементи на симетрија

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да дефинира елементи на симетрија;
- да одредува елементи на симетрија;

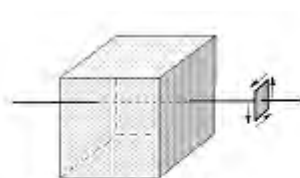
Кристалните форми се карактеризираат со симетрија која може да биде во однос на некоја рамнина во просторот, правец или точка. Во елементи на симетрија спаѓаат: **центар на симетрија**, **рамнини на симетрија** и **оски на симетрија**.

**Рамнина на симетрија** е секоја рамнина што го дели кристалот на два еднакви дела кои се однесуваат меѓу себе како предмет и лик гледани во рамно огледало. Стандардна ознака е 'P', а интернационална ознака за рамнина на симетрија е *m*. Кај кристалниот облик на цртежот рамнини на симетрија се рамнините S, P и T.

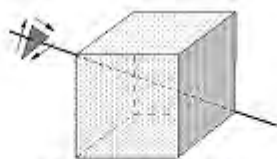


Рамнини на симетрија

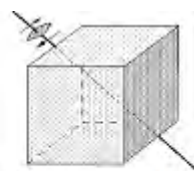
**Оска на симетрија** е замислен правец во кристалот околу кој, ако се заврти кристалот за  $360^\circ$  се добива замена на идентични гранични елементи. Стандардна ознака за оска на симетрија е 'L', а интернационална 1, 2, 3, 4, и 6. Правецот започнува од ќоше или средината на рамнина или раб минува низ центарот и завршува на спротивен граничен елемент. Постојат оски на симетрија од **втор**, **трет**, **четврт** и **шести** степен зависно од тоа колку пати доаѓа до совпаѓање на идентични гранични елементи при завртување на кристалот од  $360^\circ$ .



оска на ротација од четврт степен

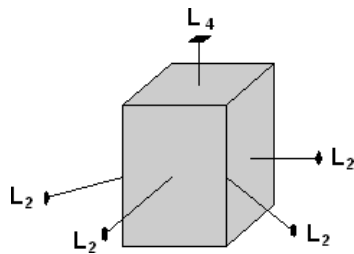


оска на ротација од трет степен



оска на ротација од втор степен





Ако кристалот се заврти за  $360^{\circ}$  околу некој правец притоа идентични гранични елементи двапати се доведуваат до целосно совпаѓање, тој правецот ќе претставува оска од втор степен „ $L_2$ “. Ако кристалот се заврти за  $360^{\circ}$  и се изврши потполна замена на идентични гранични елементи три пати оската ќе биде од трет степен „ $L_3$ “, идентично за четврт и шести степен.

**Центар на симетрија 'C'** е точка во кристалот околу која граничните елементи се така распоредени така што идентичните парови на граничните елементи да лежат на линија која минува низ таа точка и да се наоѓаат на еднаква оддалеченост од неа. За еден кристал да има центар на симетрија потребно е да има барем еден пар на паралелни рамнини.

Секој кристалографски оскин крст има своја симетрија. Симетријата на кристалите може да биде потполна и непотполна. Кристалите од еден кристалографски оскин крст со максимална симетрија спаѓаат во холоедарски кристали. Постојат и такви кристали кои имаат исти кристалографски оски како холоедарските но немаат ист број и вид на гранични елементи и елементи на симетрија. Овие кристални облици се наречени хемиедарски, тетраедарски итн. и се карактеризираат со помал број на елементи на симетрија во однос на холоедарските. Ваквите облици настануваат од холоедарските со редукција на некои елементи на симетрија, а тоа условува редукција на граничните елементи. Сите кристални минерали според симетријата можат да припаѓаат на една од 32 можни класи.

### Вежба 9.

#### Цели:

- ✓ Одредување елементи на симетрија кај кристални облици;

#### Потребни материјали:

- лист од хамер хартија,
- ножици,
- лепило,
- дрвени или хартиени модели од кристали.

Фаза 1. Разговарајте со предметниот наставник по математика за пирамида и развивање на површина на правилна четиристрана пирамида.

Фаза 2. На лист хартија (хамер хартија) развиј мрежа од бипирамида чија основа е квадрат со должина на рабовите  $a=5\text{cm}$ , а должината на апотема  $h=8\text{cm}$ . На мрежата додадете ги дополнителните површини за лепење како на сликата.

Исечете, превиткајте ги рабовите и залепете. Обликот кој го добивте е бипирамида кој се состои од две пирамиди заротирани за  $180^\circ$  и залепени за базите!

Фаза 3. На хартиениот модел со помош на наставникот пронајдете ги елементите на симетрија.

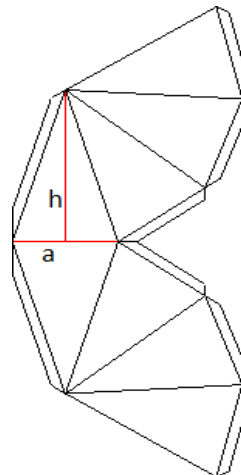
Симетријата на моделот што го изработивте се состои од:  $L_4$ ,  $4L_2$ ,  $5P$  и  $C$ .

Пронајдете ги елементите на симетрија и на претходно изработените модели (хексаедар и призма)!

Симетријата на хексаедар (коцка) се состои од:  $3L_4$ ,  $4L_3$ ,  $6L_2$ ,  $9P$  и  $C$ .

Симетријата на призмата се состои од:  $L_4$ ,  $4L_2$ ,  $5P$  и  $C$ .

Доколку располагате со дрвени модели од кристални облици одредете ја нивната симетрија.



1. Што претставува рамнини на симетрија и како се бележи?
2. Што е оска на симетрија и како се бележи?
3. Од кој степен е оската на симетрија, ако се врши потполна супституција на идентични гранични елементи кога кристалот се заротира околу даден правец за  $60^\circ$ ?
4. Која е дефиницијата за центар на симетрија
5. Кој од наведените големи букви имаат симетрија и кои елементи на симетрија се застапени?  $T$ ,  $P$ ,  $M$ ,  $X$ ,  $H$ ,  $K$ ,  $L$ ,  $E$ .

## **Кристалографски системи**

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да разликува кристалографски оскини крстови;  
- да поврзува кристалографски оскини крстови со нивна симетрија;

Минералните кристали се чини дека во природата се јавуваат во безброј кристални облици. Но зад оваа разновидност стојат строги природни закони. Со проучување на кристалите може да се констатира дека секој кристален облик зависно од нејзините елементи на симетрија и припаѓаат на една од 32 класи, а според должината на кристалографските оски и аглиите што ги зафаќаат меѓу нив може да се групираат во една од шесте кристалографски системи.

**Тесерална**  $a=a=a$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  со симетрија:  $3L_4$ ,  $4L_3$ ,  $6L_2$ ,  $9P$  и  $C$ .

**Тетрагонална**  $a=a\neq c$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  со симетрија:  $L_4$ ,  $4L_2$ ,  $5P$  и  $C$ .

**Хексагонална**  $a=a=a\neq c$ ,  $\alpha=\beta=90^\circ$ ,  $\gamma=120^\circ$  со симетрија:  $L_6$ ,  $6L_2$ ,  $7P$  и  $C$ .

**Ромбична**  $a\neq b\neq c$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  симетрија:  $3L_2$ ,  $3P$  и  $C$ .

**Моноклинична**  $a\neq b\neq c$ ,  $\beta\neq 90^\circ$ ,  $\alpha=\gamma=90^\circ$  со симетрија:  $L_2$ ,  $P$  и  $C$ .

**Триклинична**  $a\neq b\neq c$ ,  $\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq 90^\circ$  симетрија:  $C$

Во секоја кристалографска система можни се седум различни форми поради тоа што рамнините можат да зафатат седум различни положби во однос на кристалографскиот оскин крст и сите можат да се прикажат со седум различни типови на Милеровис индекси.

### **Задача 3.**

На хамер хартија нацртајте ги оскините крстови на шесте кристалографски системи, напишете ја должината на оските, аглиите меѓу нив и симетријата за секој кристалографски крст. Хамерот закачете го на видно место на ѕидот од вашата училница или кабинет.

## Тесерална система

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да препознава кристални форми од тесерална система;  
- да одредува елементи на симетрија на кристални облици од тесерална система;

Кристалографскиот оскин крст е изграден од три кристалографски оски еднакви по должина  $a=b=c$  или  $a=a=a$ . Агол помеѓу нив од  $90^\circ$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ . Ваквиот кристалографски оскин крст се карактеризира со следната симетрија:  $3L_4$ ,  $4L_3$ ,  $6L_2$ ,  $9P$  и  $C$ .



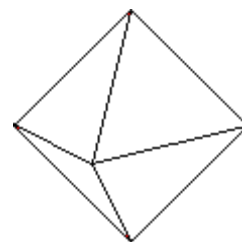
Во тесералната система влегуваат следните прости кристални форми:



кристал во форма на хексаедар

- **Хексаедар** - изграден од шест квадратни рамнини со индекс (100), (010) или (001). Секоја рамнина е поставена така што сечи една кристалографска оска, а со останатите две оди паралелно. Пирит  $FeS_2$  кристализира во форма на хексаедар.

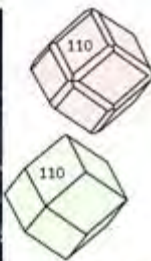
- **Октаедар** - изграден од осум рамнострани триаголници со индекс (111). Секоја рамнина е поставена така што ги сечи сите три кристалографски оски на еднакво растојание. Кристалите на магнетит  $Fe_3O_4$  се појавуваат во форма на октаедар.



октаедар



кристал на гранат Тесерална система

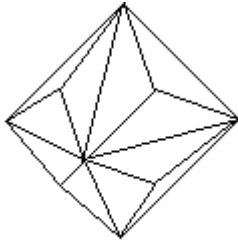
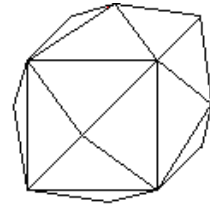


- **Ромбододекаедар** - изграден е од дванаесет ромбови со индекс (110). Две оски сечи на еднакво растојание, а според едната е поставена паралелно.

Минералите од групата на

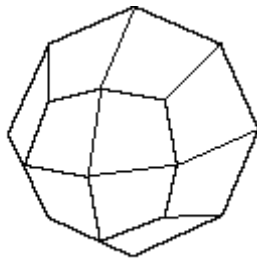
гранати се појавуваат во вакви кристални форми.

-**Тетраhexсаедар** - се добива кога од секоја рамнина на hexсаедарот ќе се развијат правилни четири страни пирамиди. Вкупниот број на рамнини е  $4 \times 6 = 24$  и секоја од нив има индекс (120).



**триоктаедар**

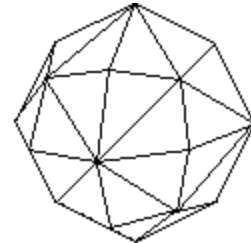
- **Триоктаедар** -  $3 \times 8 = 24$  тетраhexсаедар се создава кога над секоја рамнина од октаедарот ќе се развијат правилни три страни пирамиди. Изграден е од 24 триаголни рамнини со индекс (221).



**икоситетраедар**

- **Икоситетраедар** - има 24 трапезни рамнини. Секоја рамнина сечи две кристалографски оски на еднакво растојание и една оска на помало растојание. Индексот на рамнините е (211). Во икоситетраедри кристализираат минералите од групата на гранати.

- **Хексаоктаедар** - изграден е од најголем број на рамнини од сите кристални форми. Тоа е облик со 48 триаголни рамнини кои спрема кристалографскиот крст се поставени така што ги сечат сите три кристалографски оски на различно растојание. Индексот на овие рамнини е (123) Во ваква форма кристализира дијамантот.



**хексаоктаедар**

**Задача 4.**

Со помош на вашиот наставник направете хартиени модели од октаедар

Цели:

- ✓ Развивање на клучни компоненти и вештини

Потребни материјали:

- лист од хамер хартија,
- ножици,
- лепило.

## Вежба 10.

### Цели:

- ✓ Поставување на кристалографски оски, одредување должина и агол кој ги зафаќаат меѓу нив;
- ✓ Селектирање на облици кои припаѓаат во тесерална система според кристалографскиот оскин крст;
- ✓ Одредување елементи на симетрија кај кристален облик и потврдување на припадност во тесерална система според неговата симетрија;
- ✓ Одредување положба и видови на рамнини на кристалните облици од тесерална система и пишување на нивните индекси;

### Потребни материјали:

- дрвени или хартиени модели од холоедарски кристални облици

### Потребни предзнаења:

- Кристалографски оскин крст кај тесерална система  $a=a=a$  и агол помеѓу нив  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .
- Симетрија на тесералната система:  $3L_4, 4L_3, 6L_2, 9P$  и  $C$ .

Со помош на наставникот анализирајте модел од кристален облик. Обидете се да ги поставите кристалографските оски и да одредите каква е нивната должина и агол кој го зафаќаат меѓу нив. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот не содејствува со оној на тесералната система тргнете го настрана. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот е изграден од три оски еднакви по должина и агли меѓу нив од  $90^\circ$  обидете се да ги пронајдете сите негови елементи на симетрија со што дефинитивно ќе се убедите дека обликот припаѓа на тесерална система.

Анализирајте ја положбата на дадена рамнина од кристалниот облик:

- дали рамнината веднаш сечи некоја од кристалографските оски,
- дали рамнината сечи некоја од оските во нивното бескрајно продолжување во просторот или рамнината со некоја од оските е паралелна.
- според тоа дали рамнината е паралелна, сечи и на кое растојание ја сече дадената оска напиши го нејзиниот индекс и дефинирај за каква форма се работи.

1. Од колку кристалографски оски се состои кристалографскиот оскин крст на тесералната система?
2. Зошто трите оски во тесерална система се означени со „a“?
3. Колку изнесуваат аглие меѓу кристалографските оски?
4. Од кои елементи на симетрија се состои кристалографскиот оскин крст на тесералната система?

## Тетрагонална система

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да одредува елементи на симетрија кај тетрагонални облици;
- да одредува оски и индекси на рамнини кај тетрагонални облици;



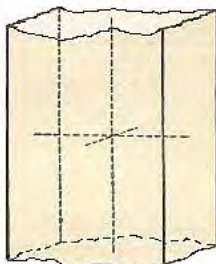
Кристалографскиот оскин крст кај оваа система е составен од три кристалографски оски од кои двете оски се еднакви по должина и лежат во иста рамнина, а третата оска е пократка или подолга и е нормално поставена во однос на останатите две оски  $a=b \neq c$  или  $a=a \neq c$ . Агол помеѓу нив од  $90^\circ$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ . Симетријата на тетрагонална система се состои од  $L_4, 4L_2, 5P$  и  $C$ .

Кристални форми во тетрагоналната система се:

- **Тетрагонална призма** - од прв ред (протопризма) (110). Хоризонталните кристалографски оски се поставени по средината на рабовите. Изградена е од четири правоаголни рамнини.



Тетрагонална протопризма



Тетрагонална дефтеропризма

- **Тетрагонална призма** - од втор ред (дефтеропризма) (100). Хоризонталните кристалографски оски се поставени во средината на рамнините. Изградена е од четири правоаголни рамнини.

- **Тетрагонална база** - претставува пар на паралелни рамнини, поставени спрема кристалографскиот оскин крст да ја сечат само



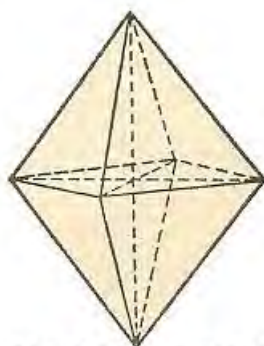
Тетрагонална база

с-оската, а со останатите оски одат паралелно. Индексот на тетрагонална база е (001).

- **Дитетрагонална призма** -  
Формата е изградена од осум правоаголници рамнини. Кристалографските оски се поставени по средината на рабовите. Рамнините ги сечат двете хоризонтални оски на различно растојание, а со вертикалната одат паралелно. Префиксот 'Ди' значи дека рамнините кај призмата се удвоени. Индексот е (120).



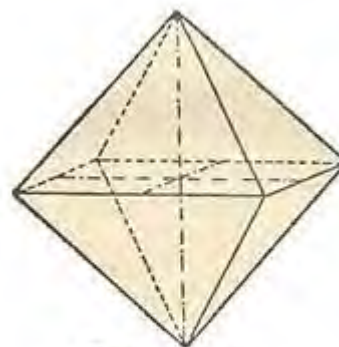
**Дитетрагонална призма**



**Тетрагонална прото бипирамида**

- **Тетрагонална бипирамида од прв ред** - (прото бипирамида) (221). Кристалографските оски се поставени по темињата. 'Би' значи дека истите гранични елементи што ги има на горниот дел на кристалот ги има и на долниот, односно формата е составен од две четиристрани пирамиди кои се сраснати со базите.

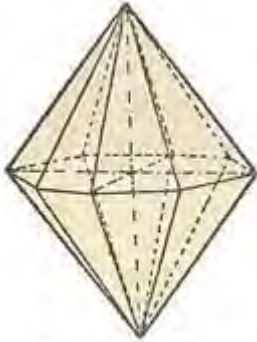
- **Тетрагонална бипирамида од втор ред** (дефтеро бипирамида) индекс (201). Хоризонталните кристалографски оски се поставени по средината на рабовите. Формата е составена од осум рамнокраки триаголници по четири на горната и долната страна.



**Тетрагонална дефтеро бипирамида**



### - Дитетрагонална бипирамида



Дитетрагонална бипирамида

Составена од 16 триаголни рамнини. Секоја рамнина на пирамидата кај „ди“ формата е удвоена и спрема кристалографскиот оскин крст е поставена така што ги сече трите кристалографски оски на различно растојание. Индексот на овие рамнини е (123).

#### Задача 5.

Спореди ги оскините крстови од тесерална и тетрагонална система и анализирај во какви форми и агрегати ќе се појавуваат оние минерали кои кристализираат во тесерална, а во какви оние кои кристализираат во тетрагонална система?

Заклучоците напиши ги во тетратката и образложи ги.

Пребарај на интернет минерали кои кристализираат тесерално и тетрагонално и провери дали вашите заклучоци во однос на формите на појавување се точни.

1. Од колку кристалографски оски се состои кристалографски оскин крст на тетрагонална система?
2. Какви се должините на кристалографските оски во тетрагоналната система?
3. Колку изнесуваат аглите меѓу кристалографските оски?
4. Од кои елементи на симетрија се состои кристалографски оскин крст на тетрагонална система?

## Вежба 11.

### Цели:

- ✓ Поставување на кристалографски оски, одредување должина и агол кој ги зафаќаат меѓу нив;
- ✓ Селектирање на облици кои припаѓаат во тетраголна система според кристалографски оскин крст;
- ✓ Одредување елементи на симетрија кај кристален облик и потврдување на припадност во тетраголна система според неговата симетрија;
- ✓ Одредување положба и видови на рамнини на кристалните облици од тетраголна система и пишување на нивните индекси.

### Потребни материјали:

- дрвени или хартиени модели од холоедарски кристални облици

### Потребни предзнаења:

- Кристалографски оскин крст кај тетраголна система  $a=a\neq c$  и агол помеѓу нив  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .
- Симетрија на тетрагонална система:  $L_4, 4L_2, 5P$  и  $C$ .

Со помош на наставникот анализирајте модел од кристален облик. Обидете се да ги поставите кристалографските оски и да одредите каква е нивната должина и агол кој го зафаќаат меѓу нив. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот не содејствува со оној на тетрагонална система тргнете го настрана. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот е изграден од две оски еднакви по должина и една различна и агли меѓу нив од  $90^\circ$ , обидете се да ги пронајдете кај него сите негови елементи на симетрија со што дефинитивно ќе се уверите дека обликот припаѓа на тетрагонална система.

Анализирајте ја положбата на дадена рамнина од кристалниот облик:

-дали рамнината веднаш сечи некоја од кристалографските оски,  
-дали рамнината сечи некоја од оските во нивното бескрајно продолжување во просторот или рамнината со некоја од оските е паралелна.

-според тоа дали рамнината е паралелна, сечи и на кое растојание сечи дадена оска напиши го нејзиниот индекс и дефинирај за каква форма се работи.

Искористи ги податоците дали рамнината е паралелна, сечи и на кое растојание ја сече дадената оска за да го напишеш нејзиниот индекс и дефинираш за каква форма се работи.

## Хексаголна система

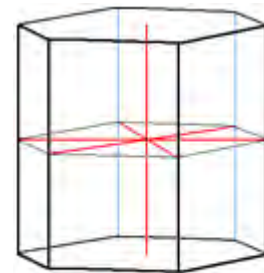
На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да одредува елементи на симетрија кај хексагоналните облици;  
- да споредува облици во тетрагоналната со облици во хексагоналната система;



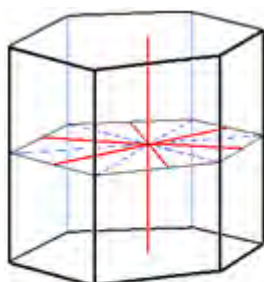
Кристалографскиот оскин крст кај хексагоналната система се состои од три хоризонтални оски еднакви по должина и една вертикална оска која може да биди пократка или подолга од останатите  $a=a \neq c$ . Хоризонталните кристалографски оски лежат на иста рамнина и позитивните краеве зафаќаат меѓусебен агол од  $120^\circ$ . Аголот помеѓу хоризонталните оски и вертикалната оска е  $90^\circ$ ,  $\alpha=\beta=90^\circ$ ,  $\gamma=120^\circ$ . Симетријата во хексагоналната система се состои од:  $L_6$ ,  $6L_2$ ,  $7P$  и  $C$ .

**Кристалите се изградени од следните форми:**

- **Хексагонална призма од прв ред** - (протопризма) (1010). Хоризонталните оски се поставени по средината на рабовите. Составена е од шест правоаголни рамнини. Рамнините се така поставени да сечат две хоризонтални оски на еднакво растојание, а со едната хоризонтална и со вертикалната оска се паралелни.



Хексагонална протопризма



Хексагонална дефтеропризма

- **Хексагонална призма од втор ред** - (дефтеро призма) (1120). Хоризонталните кристалографски оски се поставени по средината на рамнините. Составена е од шест правоаголни рамнини секоја така поставена да сечи две хоризонтални оски на еднакво растојание кое е поголемо од растојанието што го отсекува на третата хоризонтална оска. Со оската 'c' се паралелно поставени.



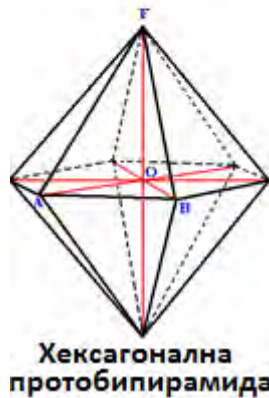
- **Хексагонална база** - пар на паралелни рамнини кој ја сечи с-оската. Со хоризонталните оски поставени се паралелно. Индексот е (0001).

- **Дихексагонална призма** - За разлика од хексагоналната

призма рамнините кај „ди“ обликот на призма се удвоени. Составена од дванаесет правоаголни рамнини. Секоја од нив ги сечи сите три хоризонтални оски на различно растојание. Секоја од нив е паралелна со с-оската. Индексот на дихексагонална призма е (1230).

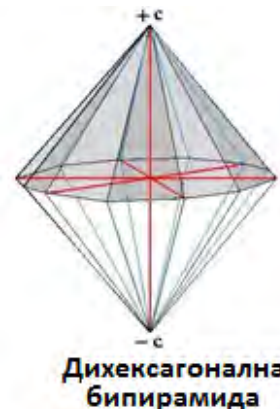


- **Хексагонална прото бипирамида** - составена од дванаесет триаголни рамнини. Секоја сечи две хоризонтални оски на еднакво растојание со третата хоризонтална оска одат паралелно. Ја сечат и с-оската на различно растојание. Индексот е (1012).



- **Хексагонална дефтеро бипирамида** Составена од дванаесет триаголни рамнини. Секоја ги сече сите кристалографски оски: две хоризонтални на исто растојание, а останатите на различно (1123).

- **Дихексагонална бипирамида** - (1234) Рамнините кај „ди“ обликот на пирамида се удвоени. Изградена е од 24 рамнокраки триаголници. Секоја рамнина спрема кристалографскиот оскин крст е така поставена што ги сече сите кристалографски оски на различно растојание.



Во хексагонална система кристализираат калцит, корунд и други минерали.



кристал на калцит Хексагонална система

### Вежба 12.

#### Цели:

- ✓ Постапување на кристалографски оски, одредување должина и агол кој ги зафаќаат меѓу нив;
- ✓ Селектирање на облици кои припаѓаат на хексагонална система според кристалографски оскин крст;
- ✓ Одредување елементи на симетрија кај кристален облик и потврдување на припадност во тетрагонална система според неговата симетрија;
- ✓ Одредување положба и видови на рамнини на кристалните облици од хексагонална система и пишување на нивните индекси.

#### Потребни материјали:

- дрвени или хартиени модели од холоедарски кристални облици

#### Потребни предзнаења:

- Кристалографски оскин крст кај хексагонална система  $a=a \neq c$  и агол помеѓу нив  $\alpha=\beta=90^\circ$ ,  $\gamma=120^\circ$ .
- Симетрија на хексагонална система:  $L_6$ ,  $6L_2$ ,  $7P$  и  $C$ .

Со помош на наставникот анализирајте модел од кристален облик. Обидете се да ги поставите кристалографските оски и да одредите каква е нивната должина и агол кој го зафаќаат меѓу нив. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот не одговара на оној на хексагоналната система тргнете го настрана. Доколку сметате дека обликот припаѓа на хексагонална система, обидете се да пронајдете  $L_6$ ,  $6L_2$ ,  $7P$  и  $C$  со што дефинитивно ќе докажете дека обликот припаѓа на хексагонална система.

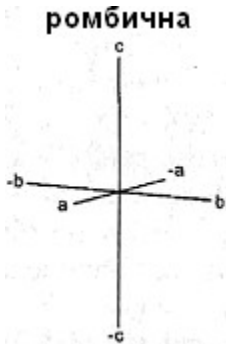
Анализирајте ја положбата на дадена рамнина од кристалниот облик:

- дали рамнината веднаш сечи некоја од кристалографските оски,
- дали рамнината сечи некоја од оските во нивното бескрајно продолжување во просторот или рамнината со некоја од оските е паралелна.

Искористи ги податоците дали рамнината е паралелна, сечи и на кое растојание ја сече дадената оска за да го напишеш нејзиниот индекс и дефинираш за каква форма се работи.

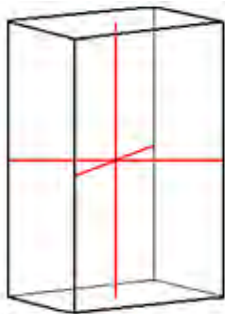
## Ромбична система

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
 - да одредува елементи на симетрија кај ромбична система;  
 - да одредува оски и индекси на рамнини;



Кристалографскиот оскин крст кај оваа система е составен од три кристалографски оски различни по должина  $a \neq b \neq c$ , Кристалографските оски 'a' и 'b' имаат свое име: оската 'a' се вика брахи оска, а оската 'b' се вика макро оска и секогаш е подолгата оска. Аголот помеѓу нив е  $90^\circ$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ .

Симетријата на холоедарските форми во ромбичната система се состои од  $3L_2$ ,  $3P$  и  $C$ .



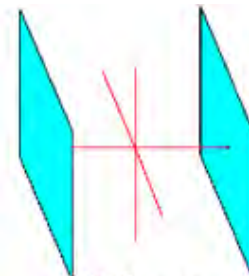
Ромбична призма

### Кристални форми во ромбичната система се:

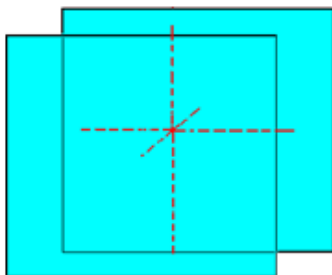
- **Ромбична призма** - составена од четири правоаголни рамнини. Секоја од нив ги сечи двете хоризонтални оски на различно растојание. Sprema вертикалната оска се поставени паралелно. Индексот е (120).

### - Ромбичен брахи

**пинакоид** - пар на паралелни рамнини. Ја сечат макро оската спрема останатите две паралелно се поставени. Индексот е (010).



Ромбичен брахипинакоид



Ромбичен макропинакоид

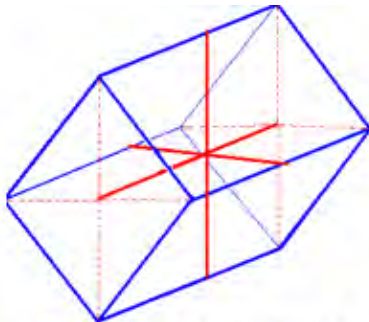
### - Ромбичен

### макро пинакоид

- пар на паралелни

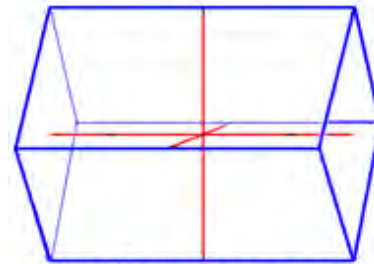
рамнини ја сечат брахи оската, а со останатите одат паралелно. Индексот е (100).

- **Ромбична база** - пар на паралелни рамнини поставен спрема кристалографскиот оскин крст да ја сечат само с-оската, а со останатите оски одат паралелно. Индексот е (001).



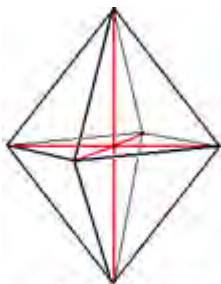
**Ромбична брахи дома**

- **Ромбична брахи дома** - четири правоаголни рамнини. Ја сечат макро оската од хоризонталните оски и вертикалната на различно растојание. Индекс (012).



**Ромбична макродома**

- **Ромбична макро дома** - четири правоаголни рамнини. Ја сечат брахи оската и вертикалната на различно растојание. Индексот е (102).



**Ромбична бипирамида**

- **Ромбична бипирамида** (123). Составена од осум триаголни рамнини кои се поставени така што ги сечат трите кристалографски оски на различно растојание.

Во ромбична система кристализираат: оливин, пироксен и др.



кристал на оливин



Ромбична система

### Задача 6.

Со помош на вашиот наставник направете хартиени модели од облици кои припаѓаат на ромбична система

Цели:

- ✓ Развивање на клучни компоненти и вештини

Потребни материјали:

- лист од хамер хартија,
- ножици,
- лепило.

### Вежба 13.

Цели:

- ✓ Поставување на кристалографски оски, одредување должина и агол кој ги зафаќаат меѓу нив;
- ✓ Селектирање на облици кои припаѓаат на хексагонална система според кристалографски оскин крст;
- ✓ Одредување елементи на симетрија кај кристален облик и потврдување на припадност во ромбична система според неговата симетрија;
- ✓ Одредување положба и видови на рамнини на кристалните облици од ромбична система и пишување на нивните индекси.

Потребни материјали:

- дрвени или хартиени модели од холоедарски кристални облици

Потребни признаења:

- Кристалографски оскин крст кај ромбична система  $a \neq b \neq c$  и агол помеѓу нив  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ .
- Симетрија на хексагонална система:  $3L_2$ ,  $3P$  и  $C$ .

Со помош на наставникот анализирајте модел од кристален облик. Обидете се да ги поставите кристалографските оски и да ја одредите нивната должина и аглите меѓу нив. Доколку кристалографскиот оскин крст на обликот не одговара на оној на ромбична система тргнете го настрана. Доколку сметате дека обликот припаѓа на ромбична система, обидете се да пронајдете  $3L_2$ ,  $3P$  и  $C$  со што дефинитивно ќе докажете дека обликот припаѓа на ромбична система.

Анализирајте ја положбата на дадена рамнина од кристалниот облик:

-дали рамнината веднаш сечи некоја од кристалографските оски,  
-дали рамнината сечи некоја од оските во нивното бескрајно продолжување во просторот или рамнината со некоја од оските е паралелна.

Искористи ги податоците дали рамнината е паралелна, сечи и на кое растојание ја сече дадената оска за да го напишеш нејзиниот индекс и дефинираш за каква форма се работи!



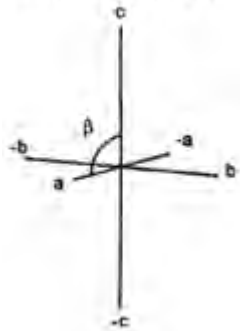
## Моноклинична система

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да одредува елементи на симетрија кај моноклинична система;
- да ги одредува оските и индексите на рамнините;

Кристалографскиот оскин крст кај оваа система е составен од три кристалографски оски различни по должина  $a \neq b \neq c$ . Кристалографските оски 'a' и 'b' имаат свое име: оската 'a' се вика клино оска,

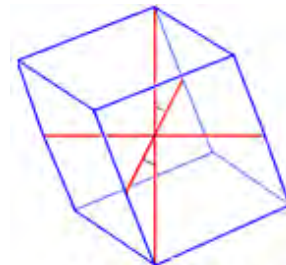
а оската 'b' се вика орто оска. Оската 'a' е



паралелна со базно пинакоидалната рамнина и зафаќа агол со оската 'c' различен од  $90^\circ$ ,  $\beta \neq 90^\circ$ . Оската 'b' е нормално поставена на оските 'a' и 'c' и аглите се  $\alpha = \gamma = 90^\circ$ . Симетријата на моноклинична система се состои од  $L_2$ ,  $P$  и  $C$ . Оската на симетрија се поклопува со кристалографската оска 'b'.

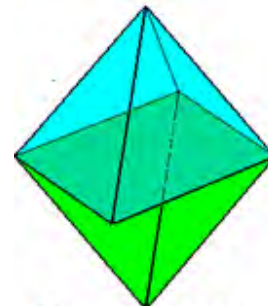
**Кристални форми во моноклинична система се:**

- **Моноклинична призма** - четири ромбоидни рамнини поставени да ги сечат оските „a“ и „b“ на различно растојание. Со оската „c“ се паралелно поставени. Индексот е (120).



Моноклинична призма

- **Моноклиничен клино пинакоид** - пар на рамнини кои ја сечат орто оската спрема останатите две се поставени паралелно. Индекс (010).



Моноклинична хемибипирамида

- **Моноклиничен орто пинакоид** - пар на рамнини ја сечат клино оската, а со останатите одат паралелно. Индекс (100),

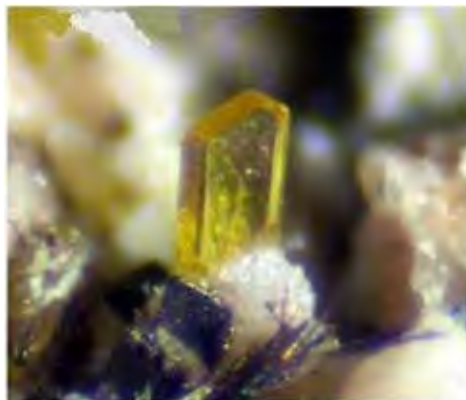
- **Моноклинична база** - пар на рамнини поставени спрема кристалографскиот оскин крст да ја сечат само c - оската, а со останатите оски одат паралелно. Индекс (001).

- **Моноклинична клино дома** - секоја рамнина која ја сечи орто оската и вертикалната оска на различно растојание, а со клино оската оди паралално. Индекс (012).

- **Моноклинична орто дома** - ја сечи клино оската и вертикалната оска на различно растојание. Со орто оската е паралелна. Индекс (102).

- **Моноклинична хемибипирамида** - рамнините се во вид на триаголник и ги сечат трите кристалографски оски на различно растојание. Индекс (123).

Во моноклинична система кристализираат: диопсид, санидин и др.



Кристален диопсид



Моноклична система

#### Задача 7.

Кај село Звезгор во близина на Делчево во вулкански кварцлатитски карпи пронајдени се крупни кристали од санидин со правилни кристални форми. Обидете се со помош на вашиот наставник од институции, организации и сл. кои се занимаваат со минерални суровини да добиете примерок од кристален санидин за вашата училишна збирка.

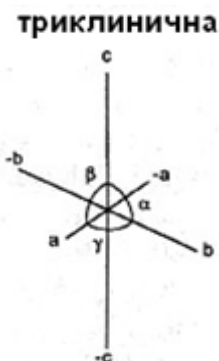


#### **Санидин**

Од село Звезгор  
во близина на Делчево

## Триклинична система

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да одредува елементи на симетрија кај триклинична система;  
- да одредува оски и индекси на рамнини;



Кристалографскиот оскин крст кај оваа система е составен од три кристалографски оски различни по должина  $a \neq b \neq c$ . Аголот помеѓу нив е различен од  $90^\circ$ ,  $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ . Кристалографските оски 'a' и 'b' имаат свое име како во ромбичната система: оската 'a' се вика брахи оска, а оската 'b' се вика макро и секогаш е подолга од 'a'.

Симетријата на кристалните форми во триклиничната система се состои единствено од центар на симетрија 'C'.

Сите форми во триклинична система се изградени од парови на паралелни рамнини. Затворените форми кај триклиничните кристали се изградени од најмалку три прости форми.

### Кристални форми во триклиничната система се:

- **Триклинична призма** - ги сече оските 'a' и 'b' на различно растојание со 'c' е паралелна. Индекс (120).

- **Триклиничен брахи пинакоид**. Ја сече макро оската спрема останатите две е поставена паралелно. Индексот е (010).

- **Триклиничен макро пинакоид**. Рамнината ја сече брахи оската, а со останатите оди паралелно. Индексот е (100).

- **Триклинична база** Поставена спрема кристалографскиот оскин крст да ја сече само c-оската, а со останатите оски оди паралелно. Индексот е (001).

- **Триклинична брахи дома** Ја сече макро оската и вертикалната оска на различно растојание. Индексот е (012).

- Триклинична макро дома. Ја сече брахи оската и вертикалната на различно растојание. Индексот е (102).

- Триклинична бипирамида. Ги сече трите кристалографски оски на различно растојание. Индексот е (123).

Во триклинична система кристализираат: албит, дистен и др.



кристал на албит

Триклинична система

#### Задача 8.

##### Цели:

✓ Препознавање форми на појавување на минералите

Фаза 1. Со помош на вашиот наставник пребарајте интернет страници за кристални системи во кои кристализираат минералите.

Фаза 2. Од пронајдените облици селектирајте некои со правилни кристални форми и скицирајте ги во блокче (најмалку по пет минерали кои припаѓаат кон дадена система).

Фаза 3. Анализирајте ги облиците на појавување на минералите за секоја система посебно, а потоа споредете ги облиците меѓу системите.

Резултатите од анализата дискутирајте ги и запишете ги во вашите тетратки.

1. Во колку системи, според должината на кристалографските оски и аглиите меѓу нив кристализираат минералите?
2. Именувај ги кристалографските системи!
3. Спореди ги кристалографските оскини крстови кај ромбична и моноклинична система. Што забележувааш?
4. Разгледај ја симетријата на оскините крстови. Кој кристалографски оскин крст има најмала симетрија?

## Близнење кај минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да дефинира поим близнење;
- да разликува кристални индивидуи и близнати индивидуи.

Кристалите во природата можат да се јавуваат поединечно т.е. секој посебно, но може да се јавуваат и сраснати меѓу себе. Сраснувањето може да биде без некоја закономерност, но може да постои одредена закономерност во сраснувањето.



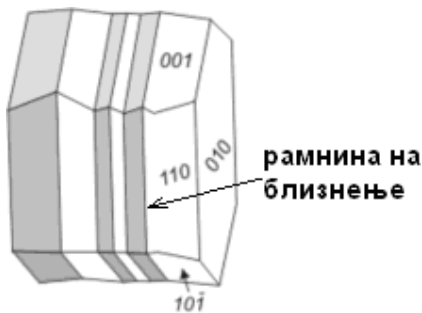
Две индивидуи на калцит завртени за одреден степен и сраснати

Под поимот **близнење** се подразбира закономерно сраснување на



Близнаци на гипс

два или повеќе кристали од еден ист минерал кои се кристалографски и морфолошки еднакви (да кристализираат во иста система и да имаат исти кристални облици). За сраснувањето да биде близнење потребно е кристалните единки различно да се ориентирани т.е. да се завртени за одреден број степени. Рамнината по која близнат кристалните единки и која е заедничка за единките што близнат се вика **рамнина на близнење**. Ориентирањето на единките при близнење се врши по одреден правец кој е нормален на рамнината на близнење и се нарекува **оска**



допирно близнење кај фелдспатите

на близнење.

Близнењето кај минералите може да биди **просто** и **сложено**. Близнаците кои се изградени само од две кристални единки сраснати само по еден закон се нарекуваат прости близнаци. Ако при близнењето се

сраснуваат повеќе од две единки тогаш близнењето е сложено.



Слика 6. Продорно близнење кај стауролит

Близнењето уште може да биде: **допирно**, **продорно** и **задорно**.

**Допирно близнење** има кај минералните индивидуи кои се завртени за одреден степен и се допираат (како скратени за една

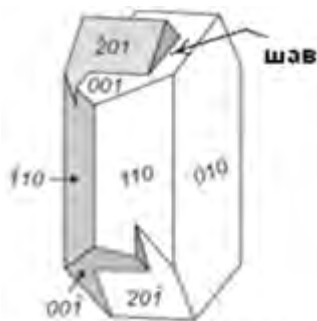
половина) назаедничка рамнина. пр. Фелдспати. Близнењето кај кое единките продираат една во друга се вика **продорно близнење**. Пример за вакво близнење има кај стауролит. Види слика 6. **Задорно близнење** се добива кога единките се завртени за одреден степен и потполно не продираат една во друга. пр. калиски фелдспат.



калиски фелдспат

Рабовите кои се гледаат кај продорното и задорното близнење и се формираат на места каде се допираат различните единки се викаат рабови или **шавови** на близнење.

Сложеното близнење може да биде **полисинтетичко** и **циклично**.



Задорно близнење кај фелдспатите

Кај полисинтетичкото близнење рамнините на близнење се паралелни меѓу себе, а и сите парни и сите непарни единки меѓусебно се паралелни. Вакво близнење има кај албит.

Кај цикличното близнење рамнините на близнење не се паралелни, а единките затвораат еден круг.

Каков вид на близнење има минералот на Сликата 7. ?  
Кои елементи на близнење можеш да ги одредиш кај близните индивидуи прикажани на сликата?



Слика 7. Близнење кај рутилот

#### Задача 9.

##### Цели:

✓ Воочување разлики меѓу близнење и сраснување кај минералите  
Фаза 1. Со помош на вашиот наставник пребарајте интернет страници за близнење кај минералите (рутил, гипс, флуорит, магнетит, калцит, калиски фелдспат и сл).

Фаза 2. Пронајдените близни минерали скицирајте ги во блокчето  
Фаза 3. Анализирајте ги близнаците и обидете се да го одредите видот на близнење и елементите на близнење (рамнина на близнење, оска на близнење, шавови).

1. Дефинирај го поимот близнење!
2. Именувај ги видовите на близнење!
3. Наброј ги елементите на близнење!
4. Објасни ја разликата меѓу близнење и сраснување!
5. Што претставува рамнина на близнење?
6. Што е оска на близнење?
7. Која е разликата меѓу просто и сложено близнење?
8. Наброј неколку минерали кај кои се среќава појавата на близнење!
9. Прикажи го графички и објасни го близнењето кај гипсот во вид на ластовичина опашка!

## ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

### **Боја и боја на огреб кај минералите**

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да објаснува причини за боја на минералите;  
- да одредува боја на минерал и боја на огреб на минерал;



Индиго сината боја е добра особина за препознавање на азурит

Бојата е прва од физичките особини преку која добиваме одредени сознанија за минералот. Некои минерали можат лесно да се идентификуваат според бојата: малахитот е секогаш зелен, а азуритот е индиго син. Само бојата не е доволна карактеристика за макроскопско препознавање на минералот и често пати може да доведе до грешки при идентификацијата на непознат минерал, бидејќи различни минерали можат да имаат многу слични бои, а и ист минерал може да се појави во различни бои.

**Бојата на минералите** се појавува како последица на апсорпцијата или недостаток на апсорпција, на различни брано ви должини на светлината. Бојата на светлината зависи од нејзината бранова должина. Кога чиста бела светлина, која ги содржи сите бранови должини на видливата светлина влегува во кристалот, некоја од брановите должини може да биде апсорбирана додека другите можат да бидат рефлектирани. Во таков случај светлоста кој ќе ја емитува минералот нема да биде бела туку ќе има некоја боја. Причината за апсорпција и рефлексија на бранови должини од белата светлина се атомите на елементите кои влегуваат во составот на минералот. Обично елементи кои влијаат на бојата на минералите се преодните метали. Нивното присуство во хемискиот состав на минералите секогаш може да дава одредена боја. Ваквите елементи можат да ги обојуваат минералите и ако се присутни во



мали траги. Пример присуството на железото го бои минералот црвено или жолто, бакарот сино или зелено. Меѓутоа погрешно е да се мисли дека некој елемент е причина за добивање само на одредени бои. Секој елемент може да е одговорен за било која боја.

Бојата која потекнува од хемискиот состав на минералот се вика **идиохроматска** боја.

Многу минерали кога хемиски се чисти се бели или безбојни. Меѓутоа примесите во минералот кои се зафатени при неговата кристализација можат да го направат неговото обојување варијабилно.

Бојата која потекнува од ситни примеси на други материи во минералот се вика **алохроматска**. Кварцот кој по хемиски состав е  $\text{SiO}_2$  кога е чист без примеси е безбоен и провиден, ако во својот состав содржи мали траги од железо е виолетов и се вика аметист.

Минералот може да добива и така наречени **псевдохроматски** бои или лажни бои кои потекнуваат од физичко-хемиски измени на минералот настанати како резултат на условите во кои се нашол после неговиот настанок. Пример: безбојниот кварц кој бил подложен на зрачење од ретки земји преминува во сив вариетет на кварц познат како чадливец.

**Боја на огребот претставува боја на ситната прашина која останува на неполираниот дел од порцеланската плоча кога со минералот ќе се повлече по неа. Види слика 8.**



Слика 8. Боја на огреб кај хематит

Некои минерали имаат иста боја и боја на огреб пр: малахитот има зелена боја и зелена боја на огреб. Но постојат и минерали кај кои нивната боја и бојата на огребот се разликуваат.



Слика 9. Боја на огреб кај рутил

Таков е случајот со рутил кој има црвено кафеава до црна боја, а жолто кафеава боја на огребот. Види слика 9.

Бојата на огребот е скоро редовна физичка особина кај металичните сулфидни и оксидни минерали, додека кај силикатните, карбонатните, сулфатните и неметаличните минерали претставува реткост. Треба да се напомене дека минерали со поголема тврдина од 6 по Мосовата скала не можат да се тестираат за боја на огребот на порцеланска плоча.

Објасни зошто не може да се тестира боја на огребот на порцеланска плоча на минерали со тврдина поголема од шест!

#### Задача 10.

*Пребарај интернет страници за да ја воочиш разноврсноста на бои во кои се појавуваат минералите во природата!*

#### Вежба 14.

##### Цели:

- ✓ Одредување боја на минерал;
- ✓ Одредување боја на огреб на минерал.

##### Потребни материјали:

- примероци од неметалични и металични минерали;
- порцеланска плочка.

Фаза 1. Учениците се делат на групи, секоја група добива примероци од металични и неметалични минерали и инструкции како да ја извршат работната задача.

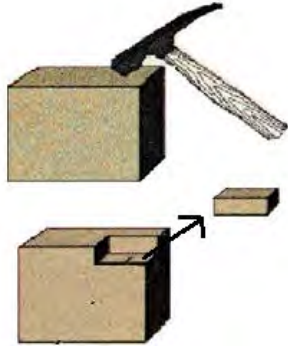
Фаза 2. Секоја група одредува боја на минералите и боја на огреб доколку минералот ја поседува и податоците ги запишува во училишната тетратка;

Фаза 3. Дискусија за бојата на минералите, бојата на вариететите од минерали и бојата на огребот кај некои од минералите.

1. Што е боја, а што боја на огреб?
2. Кои се причините за различните бои кај минералите?
3. Зошто поголем дел од металичните минерали имаат боја на огреб?
4. Каква боја на огреб има графитот?

## Цепливост и кршливост на минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
-да дефинира поим цепливост и кршливост на минералите;  
-да умее да одредува цепливост и кршливост на непознат минерал;



Слика 10. Издвојување по рамни површини

Под дејство на надворешни сили кои ги надминуваат кохезионите, (внатрешни) сили на привлекување меѓу градбените честици во минералот, доаѓа до издвојување на минералот, односно неговото делење во помали парчиња (сл.10.) Зависно дали при издвојувањето се дели по рамни или нерамни површини кај минералите се манифестираат физички особини

како што се **цепливост** и **кршливост**.

**Цепливост е физичка особина која е карактеристична за кристалните минерали и претставува издвојување на минералот во рамни и глатки површини во одредени правци. Правецот по кој се издвојува еден минерал го покажува начинот на кој се наредени атомите во кристалот и паралелен е со одредена кристалографска рамнина.**

Издвојувањето во рамни и мазни површини кај еден минерал може да биде полесно или потешко во еден или повеќе правци. Според тоа колку лесно минералот се издвојува во рамни и глатки површини по одредени правци постојат повеќе видови на цепливост:



Слика 11. Многу совршена цепливост кај мусковит

- **многу совршена цепливост**, се појавува кај минерали кој многу лесно се издвојуваат во тенки листести агрегати. Ваква цепливост покажуваат минералите од групата на лискун. Види сл.12

- **совршена цепливост** покажуваат минерали кои лесно се издвојуваат по рамни и глатки површини. На површината на минералот во правец на цепливост многу лесно се забележуваат рељефно поставени рамнини кои се паралелни една на друга. Совршена цепливост се забележува кај калцитот. Види сл.12. На местата каде што е природно скршен се издвоил во рамни површини.



Слика 12. Цепливост кај калцит

- **јасна цепливост** имаат минерали кои потешко се издвојуваат во рамни и глатки површини во одредени правци.

Техниката за макроскопски (со голо око) да се забележи цепливоста кај вакви минерали е минералот да се врти, ( ориентира)



сè додека не се фати одбиената светлина. Кога аголот е добар, паралелно на површината на цепливост може да се видат многу мали, паралелни, сјајни површини кои се расфрлани на различни нивоа во правец на цепливоста. Ваква цепливост покажуваат фелдспатите.

Минералот може да покажува цепливост во еден или повеќе правци или воопшто да немаат цепливост. Минералите кои имаат цепливост во повеќе правци може во сите правци да покажуваат еднакво добра цепливост како калцитот кој има совршена цепливост

во три правци (сл.12) или во различни насоки различна цепливост како кај гипс кој во еден правец има совршена цепливост, а во другите два правци јасна.

Постојат и други видови на цепливост (**несовршена**, **нејасна**) но истите макроскопски кај минералите тешко можат да се воочат.

При одредување на цепливоста треба да се внимава рамнините на цепливост да не се заменат со рамнини на близнење, или со рамнините кои се создадени како недостатоци во структурата на минералот.



школкаста кршливост

Кршливост е физичка особина која е карактеристична за кристалести и аморфни минерали. **При кршење минералите што покажуваат кршливост се издвојуваат по нерамни површини.** Според начинот на кој

се кршат, кршливоста може да биде:

- **школкаста** (рамни површини со линии наликува на лушпа од школка) ;
- **нерамна** (груб и со нерамни површини);
- **земјеста** (се крши како глина или креда).



Јасна цепливост на горната површина, кршливост на челната површина

Одредувањето на цепливоста и кршливоста можат многу да помогнат при идентификација на непознат минерал.

**Задача 11.**

На интернет со помош на наставникот пребарајте видео клипови со презентации за начин на одредување на цепливост и кршливост на минералите!

**Задача 12.**

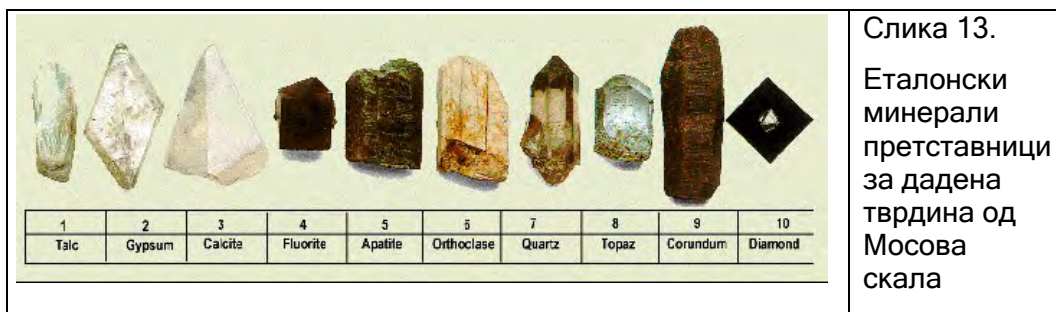
На минерални примероци определи ја цепливоста и кршливоста!

## Тврдина кај минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да дефинира поим тврдина;
- да одредува приближна тврдина според Мосова скала на непознат минерал;

Најдобра особина за идентификација на еден минерал е онаа која не варира од примерок до примерок. Во однос на сигурност, тврдината е една од подобрите за препознавање на минералите. Кај примероци на ист минерал тврдината може малку да се разликува од еден до друг, но генерално таа е прилично конзистентна. Недоследности се јавуваат кога примерокот е нечист, слабо искристализиран, или се јавува во состав на карпа, а не индивидуален кристал. **Тврдина на минералите претставува отпор кој минералите го даваат при гребене.** Во минералогиската е дадена според Мосовата скала. Научниот Фридрих Мос за да ја одреди тврдината на минералите избрал десет минерали, Слика 13. на начин што секој нареден може да го загреби претходниот минерал и на секој од тие така наречени еталонски минерали му дал одредена вредност за неговата тврдина. Како еталонски претставник за тврдина 1 го избрал минералот талк, за претставник на тврдина 2 гипс, претставник за тврдина 3 калцит, за 4 флуорит, 5 апатит, 6 ортоклас, 7 кварц, 8 топаз, 9 корунд и претставник за тврдина 10 го избрал најтврдиот минерал во природата дијамантот. На овој начин ја формирал Мосовата скала со еталонски минерали за одредување на тврдината на минералите.



Слика 13.  
Еталонски минерали претставници за дадена тврдина од Мосова скала

Тврдината на останатите минерали ја одредувал со помош на еталонските минерали, така што непознатиот минерал пробал

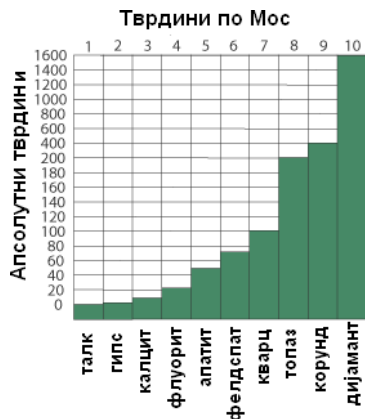
редоследно да го загребе со секој минерал претставник на одредена тврдина во Мосовата скала. Пример ако минералот со непозната тврдост не може да се загреби со талк значи тој има поголема тврдина од талкот односно поголема тврдина од 1, потоа проба со гипс да се загреби минералот со непозната тврдина ако не се греби со гипс значи минералот има поголема тврдина од гипс односно поголема тврдина од 2 бидејќи гипсот е претставник за тврдина 2. Постапката се повторува редоследно со наредните еталонски минерали претставници за одредена тврдина се додека некој од нив не го загреби минералот со непозната тврдина. Ако минералот не се греби со кварц, но се загребе со топаз, значи дека тој има помала тврдина од тврдината која ја претставува топазот односно од 8. За да се види колку точно ќе биде тврдината на минералот според Мосовата скала треба да пробаме со него да го загребеме претходниот минерал кој не успеал да го загреби (во примерот кварц), ако го гребе значи неговата тврдина е поголема од 7, а помала од 8 односно 7,5. Доколку минералот со непозната тврдина и кварцот меѓусебно не се гребат, значи имаат иста тврдина односно тврдината на непознатиот минерал од примерот е 7. Ваквата тврдина не е вистинска (апсолутна) туку споредбена или релативна тврдина.

Тврдината е една од подобрите физички особина за макроскопска идентификација на минералите.

Бидејќи не секогаш сме во можност да ги имаме еталонските минерали од Мосовата скала, за одредување на тврдината на непознат минерал можеме да се послужиме со споредување на неговата тврдост со тврдост на некои предмети: (нокт, бакарна жица, нож и стакло).

- минералите со тврдина 1 и 2 се гребат со нокт;
- минералите со тврдина 3 се гребат со бакарна жица;

- минералите со тврдина 4 и 5 се гребат со нож;
- минералите со тврдина 6 и 7 гребат стакло (гребнатината плитка и тенка)
- минералите со тврдина 8 и 9 парат стакло (гребнатината широка и длабока)
- минералот со тврдина 10 сече стакло.



Потребно е да се напомени дека тврдината на минералите по Мосовата скала не е апсолутна тврдост која минералите ја имаат. Ако талкот има тврдост 1, а гипсот 2 тоа никако не значи дека гипсот е двапати потврд од талкот, истото може да се рече и за тврдоста на останатите минерали.

Пример: Флуоритот со тврдина 4 по Мос е 1,11 пати потврд од калцитот 3 по Мос, а дијамантот (10 по Мос) е 140 пати потврд од калцит (3 по Мос). На графикот дадени се апсолутните (вистинските) тврдини на минералите од Мосовата скала. Вистинските тврдини на минералите определени се на неколку различни начини.

### Задача 13.

На хамер хартија прикажи ја Мосовата скала со имињата на еталонските минерали и вредноста на тврдината што ја претставуваат како и можноста тврдината на минералите

да се спореди со тврдината на дадени предмети (нокт, бакарна жица, стакло.)

Хамерот закачете го на видно место во вашата училница или кабинет.

Пример за табела:

талк	1	} се гребат со нокт
гипс	2	
калцит	3	} се гребат со бакарна жица
флуорит	4	
апатит	5	} се гребат со нож
калиски фелт спат	6	
кварц	7	} гребат стакло
топаз	8	
корунд	9	} парат стакло
дијамант	10	
		} сечи стакло



## Вежба 15.

### Цели:

- ✓ Одредување тврдина на минерал

### Потребни материјали:

- примероци од минерали со непозната тврдина;
- еталонски минерали според Мосовата скала;
- стаклени плочки;
- бакарни и челични жици.

**Напомена:** пред учениците да ги добијат потребните материјали поради безбедност при работа се предупредуваат стаклените плочки задолжително да лежат на училишната клупа при загребување по нив со минералот. Исто поради необновливоста на минералните примероци беспотребно да не ги оштетуваат особено оние со помала тврдина.

Фаза 1. Учениците се делат на групи, секоја група добива примерок од минерал чија тврдина треба да ја одредат и потребни материјали со кои ќе ја споредуваат тврдината на непознатиот минерал.

Фаза 2. Секоја група одредува тврдина на минералот што го добила, на начин што редоследно го загребува со расположливите еталонски минерали или споредувајќи ја неговата тврдина со тврдината на предмети наведени во последната наставна единица. Добиените податоци ги пишуваат во училишната тетратка.

Фаза 3. Дискусија за резултатите кои ги добија во групите и начинот на кој стигнаа до истите.

Фазите 2 и 3 се повторуваат до крајот на наставниот час, така што групите добиваат нови примероци на минерали со непозната тврдина.

1. Што е тврдина?
2. Кои минерали се претставници на тврдина од 1 до 10 во Мосовата скала?
3. Објасни како Мос ја одредува тврдината на минерал со помош на еталонски минерали!
4. Во кои граници ќе се движи тврдината на минералот ако се гребе со нокт?
5. Во што се состои разликата меѓу апсолутната и релативната тврдина кај минералите?
6. Големината на тврдината по Мосовата скала претставува апсолутна или релативна тврдина на минералите?
7. Кој е најтвррд минерал во природата?

## Сјајност на минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
-да објасни причини за појава на сјајност кај минералите;  
-да разликува минерали со метална сјајност од оние кои немаат метална сјајност;



метална сјајност



полуметална сјајност



дијамантска сјајност



стаклеста сјајност

Сјајноста на минералите како физичка особина претставува збир за комплексни работи кој се однесуваат на интеракцијата на светлината со површината на минералот. Сјајноста на минералот зависи од рефлексијата на светлината од површината на минералот, апсорпцијата на светлината и количеството на светлина што минералот ја пропушта да помине низ него.

**Сјајност** на минералите претставува физичка особина која се одредува со набљудување на одбиената светлина од неговата површина. Минералите на рамни површини можат да ги покажуваат следните видови на сјајност:

-метална сјајност (карактеристична за непрозрачни минерали со висока рефлексија ) пр. графит

-полуметална сјајност (карактеристика на непрозрачни минерали со средна рефлексија ) пр. прустит

-дијамантска сјајност (карактеристична за прозрачни минерали) со висока рефлексија, ваква сјајност покажува сулфурот.

- **стаклеста** (карактеристична за прозачни минерали со средна рефлексија), имаат сличен сјај како стакло, ваква сјајност покажува епидот.

За минералите карактеристични се и други видови на сјајност како што се: **масна** сјајност (кварц на нерамни површини), **бисерна** сјајност (лискун), **свилеста** (азбест), **смолеста** (пироксени), **земјеста** (глина) и др.

### *Вежба 16.*

#### *Цели:*

✓ *Одредување сјајност кај минерал* **Потребни материјали:**

○ *компјутер со интернет;*

○ *примероци од металични и неметалични минерали (пирит, халкопирит, галенит, магнетит, сулфур, кварц, лискун, калцит, гипс, дистен, гранати, азбест и др.).*

*Фаза 1. На интернет со помош на наставникот пребарајте видео клипови со презентации за начин на одредување на сјајноста на минералите.*

*Фаза 2. Учениците се делат на групи, секоја група добива по повеќе примероци (еден по друг) од минерали и треба да одреди дали сјајноста на минералот е метална или не.*

*Сјајност на минералот се одредува на начин што минералот се вртисе додека не се воочи светлината која се одбива од површината на минералот. Во зависност дали одбиената светлина прилега на сјај на метал или не минералите ги групираат во две групи. Наставникот ги проверува резултатите од работата на групите и доколку има потреба ги корегира со соодветно образложение.*

*Фаза 3. За секој минерал кој не припаѓа во групата на издвоени минерали со метална сјајност учениците се обидуваат со помош на наставникот да одредат дали нивната сјајност е: **стаклеста, дијамантска, бисерна, свилеста и сл.***

*Фазите 2 и 3 се повторуваат до крајот на наставниот час, така што групите добиваат нови примероци на минерали на кои треба да им ја одредат сјајноста.*

*1. Што е сјајност?*

*2. Од што зависи сјајноста кај минералите?*

*3. Кои видови на сјајност се појавуваат на рамни површини кај минералите, а кои кај нерамни?*

*4. Каква е сјајноста кај кварцот на рамни, а каква на нерамни површини?*

## Специфична тежина на минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
-да дефинира поим специфична тежина;  
-да разликува средно тешки од тешки минерали;

Специфичната тежина игра важна улога при одредувањето и испитувањето на минералите. Специфичната тежина претставува тежина на  $1 \text{ cm}^3$  на еден минерал, изразена во грамови.

Ако во едната рака земаме примерок од минералот калцит  $\text{CaCO}_3$ , а во другата примерок од минералот барит  $\text{BaSO}_4$  кои меѓу себе макроскопски гледано се многу слични, примероците се со приближно ист волумен и пробаме да ги споредиме нивните тежини ќе забележиме дека примерокот од барит има нешто поголема тежина од калцитот иако и двата минерали се со приближно ист волумен. Од направената проверка можеме да заклучиме дека минералите се разликуваат според својата тежина. Бидејќи секој минерал се карактеризира со точно одредени физички особини можеме да заклучиме дека се работи за два различни минерали.

Бидејќи 1 грам претставува тежина на еден сантиметар кубен на вода на температура од  $4^\circ\text{C}$ , специфичната тежина на минералот можеме да ја дефинираме како **број кој го изразува односот помеѓу тежината на минералот и тежината на еднаков волумен на вода.**

Пример: тежината на еден см кубен на кварц  $\text{SiO}_2$  е 2.6 значи дека кварцот е 2.6 пати потешок од ист волумен на вода. Во минералогијата точно специфичната тежина на минералите се одредува така што тежината на примерокот се мери двапати: еднаш во воздух и еднаш потопен во вода. Разликата меѓу

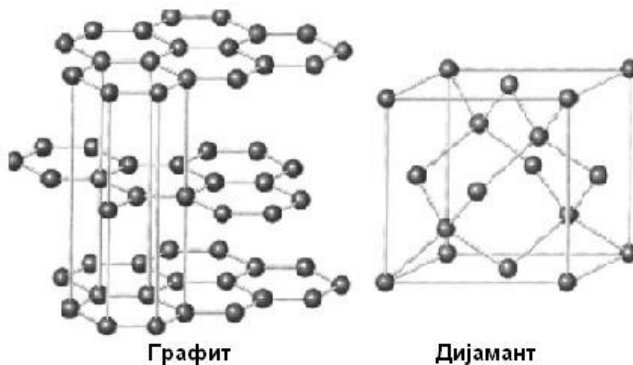
двете тежини е еднаква на волуменот на водата што примерокот го излева од садот. Специфичната тежина ќе се добие кога тежината на минералот мерен на суво ќе се подели со тежината на излеаната вода. Пример: примерок на кристал од корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$  мерен во воздух тежи 8

грама во вода 6 грама, а тоа значи дека привидно изгубил 2 грама односно тоа е тежината на истиснатиот волумен на вода. Ако добиената тежина при мерење на суво 8 го делиме со тежината на истиснатиот волумен на вода 2 ќе се добие дека специфичната тежина на корундот е 4.

Минералите во природата според специфичната тежина можат да се поделат во следните групи:

- **лесни минерали** со специфична тежина од 1 до 2;
- **средно тешки** минерали со специфична тежина од 2 до 4;
- **тешки минерали** со специфична тежина од 4 до 6;
- **многу тешки** минерали со специфична тежина поголема од 6.

Специфичната тежина на минералите варира во широк интервал. Најголем број минерали пред сè петрогените припаѓаат во групата на средно тешки. Во тешки, главно, спаѓаат металичните рудни минерали. Како најтешки минерали во природата се минералите на иридиум со специфична тежина 23, платина 17-19 и злато со специфична тежина 19.3.



Каква ќе биде специфичната тежина на минералот зависи од неговиот хемиски состав, односно кои елементи влегуваат во кристалната решетка на минералот.



Слика 14. Електронска вага за мерење на специфична тежина

Пример карбонатниот минерал калцит  $\text{CaCO}_3$  според специфичната тежина спаѓа во средно тешки минерали, додека карбонатниот минерал церусит  $\text{PbCO}_3$  минералите кој во својот состав содржи олово спаѓа во многу тешки минерали. Специфичната тежина на минералите зависи и од густината на пакувањето, односно колку блиску се наоѓаат во кристалната решетка елементите кои влегуваат во составот на минералот. Пример графитот има специфична тежина 2, а дијамантот 3.5 иако и едниот и другиот по хемиски состав се изградени единствено од јаглерод. Дијамантот покажува поголема специфична тежина од графитот бидејќи кристалната внатрешна градба (пакувањето) на дијамантот овозможува во ист волумен да влегуваат поголем број јаглеродни атоми отколку кај графитот.

Подолу дадени се специфични тежини на некои од позастапените минерали во природата:

сулфур	2	оливин	3.1
гипс	2.3	дистен	3.5
кварц	2.7	корунд	4.0
калцит	2.7	пирит	5.1

*Најголем дел од златото се чува во трезорите на банките. Пресметај колку тежи една коцка злато со димензии 10x10x10cm.*



**Задача 14.**

*Со помош на вашиот предметен наставник обидете се да споредувате специфична тежина на минерали и за истите да одредите во која група на минерали припаѓаат според специфичната тежина (тешки, средно тешки или лесни).*

- 1. Што е цепливост, а што кршливост?*
- 2. Какви видови на цепливост и кршливост постојат кај минералите?*
- 3. Што е специфична тежина на минералите?*
- 4. Во кои групи се поделени минералите според специфичната тежина?*
- 5. Од што зависи големината на специфичната тежина на минералите?*
- 6. Во која група според специфичната тежина претежно спаѓаат петрогените минерали, а во која металичните минерали?*

## Еластичност кај минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да разликува еластичност и пластичност, провидност и прозрачност кај минералите

Некои минерали покажуваат својство да се деформираат под дејство на сила, а деформацијата трае додека трае дејството на силата. При престанок на дејството на силата минералот се враќа во првобитната состојба. За ваквите минерали се вика дека поседуваат **еластични својства**. Еластичност покажуваат скоро сите минерали, но постои разлика во нивната граница до која можат да се деформираат без да претрпат трајни промени. Ваквата

Ако тенка плочка од минерал лискун се обидеме да свиткаме ќе забележиме дека лесно можеме тоа да го направиме, но ако престанеме да го виткаме ќе забележиме дека минералниот примерок ја зазема првобитната положба во кој се наоѓал пред да почнеме да го виткаме. Истото можеме да го повториме и со примерок од кристален гипс. При престанокот на силата ќе забележиме дека деформацијата кај него е трајна, односно не се враќа во првобитната положба.

граница се вика **граница на еластичност**. Ако некој минерал има многу висока граница на еластичност викаме дека е многу еластичен (лискун, азбест). Листови од лискун може да се свиткаат околу прстот, а да не претрпат трајна деформација. Минералите кои при дејство на сила лесно се деформираат, а по престанокот на силата не се враќаат во првобитната положба се вели дека покажуваат **пластични својства** (хлорит, талк, гипс). Ако минералот има ниска граница на еластичност и скоро без свиткување се крши се вели дека поседува **својство на кршливост**. Минералите пак кои при дејство на сила се кршат, така што се претворат во ситни парчиња и прав се **трошни минерали** (графит, хематит, халкозин).

Освен претходно наведените како поважни физички особини кај минералите треба да се спомнат:

- **провидност и прозрачност**, минералите кои најголем дел од светлината која паѓа врз нив ја пропуштаат, а апсорбираат многу мало количество се викаат провидни. Ако пропуштат помало количество на светлина од провидните се викаат прозрачни. Низ провидните минерали јасно се гледаат предметите, а



Слика 15. Провиден кристал од кварц

низ просирните само се насираат нивните силуети. Види слика 15.

- **магнетичноста**, ја поседуваат мал број на минерали. Се карактеризира со способност на минералите да привлекуваат железни струготини или да бидат привлечени од магнет. Во зависност од тоа како се однесуваат минералите во магнетно поле, се поделени на: феромагнетни, парамагнетни и дијамагнетни. Феромагнетични минерали се оние минерали кои не само што можат да бидат привлечени од магнет, туку и привлекуваат мали железни предмети (магнетит). Парамагнетични се оние минерали кои се привлекуваат со магнет (пиротин). Дијамагнетичните минерали не се привлекуваат со магнет (талк). Феромагнетичните и парамагнетичните минерали се железни минерали или минерали кои содржат железо (пиротин).

- **луминисцентност**, својство на минералите да емитуваат светлина кога се изложени на ултравиолетова светлина. Оваа особина најмногу се гледа кога минералите се во темна соба.

Вакво својство покажуваат минералите на фосфор, барит, калцит, опал и др.

- **електропроводливост** е својство на некои минерали да спроведуваат електрицитет. Претставува физичка особина која кај минералите тешко се одредува.



## Физиолошки особини на минералите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да препознава некои од физиолошките особини кај минералите

За идентификација на минералите во ретки случаи можат да помогнат таканаречените физиолошки особини. Тоа се особини кои ги поседуваат некои минерали и истите можеме да ги одределиме со нашите сетила за мирис, вкус и допир. За да има минералот вкус потребно е да е растворлив во вода. Вакви особини покажуваат камената сол (халит) која има **солен вкус**, бораксот кој е сладок, епсомитот е горчлив. Оваа метода за одредување на минералите треба селективно да се применува бидејќи некои минерали можат да бидат многу отровни. Некои минерали имаат **карактеристичен мирис**. Арсенопиритот при загревање или удар оддава мирис на лук. Пиритот дава мирис на сулфур. Каолинот оддава мирис на земја или навлажнета глина.

Со сетилото на допир може да се препознаат каолинот кој е мазен по допир и кредата која има **рапав (груб) допир**. Талкот е минерал со карактеристичен **масен допир** (како сапун).

1. *Наброј ги физичките особини на минералите!*
2. *Дефинирај ги поимите тврдина, боја, боја на огреб, цепливост, кршливост, сјајност?*
3. *Подреди ги според тврдината кварц, калцит, флуорит, калиски фелдспат, гипс и топаз. Почнувајќи, од најтврдиот!*
4. *Опиши ја совршената цепливост кај минералите, и наведи неколку минерали кои имаат совршена цепливост!*
5. *Објасни ја причината за разликата во боите на розовиот кварц и горскиот кристал!*
6. *Поради кои причини кај минералот хематит има боја на огребот?*
7. *Ако на површината на минералот се забележува скалест релјеф тоа значи дека има голема тврдина, совршена цепливост или јасна сјајност?*
8. *Дали кварц кој е настанат во Австралија може да има поголема тврдина од кварц кој е настанат во Европа? Објасни зошто!*
9. *Која е разликата меѓу пластични и еластични минерали?*
10. *Која е разликата меѓу провидни и прозрачни минерали?*
11. *Што се физиолошки особини кај минералите? Наброј некои!*

## ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛИТЕ

### **Хемиски формули и структурна градба на минералите**

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да дискутира за поврзаноста меѓу хемискиот состав и внатрешната градба на кристалите

Минералите ги дефинираваме како природни неоргански тела со точно одредени физички, хемиски и кристалографски особини.

За препознавање на минералите некогаш доволно е да се одредат неговите физички и кристалографски својства. Но сигурно дека таквите знаења не би биле целосни доколку не би знаеле на која минерална супстанција се однесува, односно кој е хемискиот состав на тој минерал. Хемиските испитувања кои се изведуваат за да се одредат елементите кои влегуваат во составот на минералот претставуваат **квалитативно** испитување. Пример: пиритот е составен од железо и сулфур. Ако при испитувањето се одредува и колку секој од елементите е застапен во минералот тогаш се врши **квантитативна** хемиска анализа (пиритот е составен 46,67% на железо и 53,33% на сулфур).

**Хемискиот состав на минералите се изразува преку хемиска формула.** Во природата минералите се наоѓаат како минерали елементи (графит, сулфур и др.) но многу почесто тие претставуваат соединенија од два или повеќе елементи (кварц  $\text{SiO}_2$ , талк  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) некогаш и многу сложени соединенија чиј состав тешко може да се изрази со хемиска формула. Хемиската формула која го покажува односот по кој атомите на хемиските елементи се соединети во молекулот се викаат **емпириски формули**. Формулата на корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$  покажува дека два атома на алуминиум се поврзани со три атоми на кислород. Хемискиот состав не е секогаш пресуден за физичките својства и формата на минералите. Пр. Минералите

пирит и марказит имаат иста емпириска формула  $\text{FeS}_2$ , но покажуваат различни физички својства и различни форми. Ваквата разлика е последица на внатрешната градба на минералите, односно како елементите меѓусебно се поврзани. Начинот на поврзување на атомите ја одредува структурната градба или конституцијата на кристалот, а хемиската формула со која таа се изразува се вика **структурна** или **конституциона** формула. Со структурната формула не се покажува само квалитативниот и квантитативниот состав на соединението туку и начинот на сврзувањето на атомите во молекулот.

**Кристалохемијата** е најмлад дел од кристалографијата. Во поново време многу се развила бидејќи има прашања во минералогигата кои не можат да се решаваат без кристалохемијата. Основна задача е да се изнајди врска меѓу хемискиот состав на минералот и нивната внатрешна структура. Кристалохемијата има за задача :

- да го одреди карактерот и својствата на елементарните честици што ја градат кристалната решетка;
- да ја изучи природата на силите кои ги сврзуваат честичките во кристалната решетка, тоа е учење за хемиските врски;
- да ги објасни геометриските закони за градба на кристалната структура во зависност од хемискиот состав;
- да ја одреди врската меѓу внатрешната структура и нејзини геометриски, физички и хемиски карактеристики.

**Задача 15.**

*Со помош на вашиот предметен наставник на интернет побарајте податоци за хемискиот состав на Земјината кора, оттука ќе дознаеш минерали со кој хемиски состав треба да очекуваш да бидат најзастапени во нејзината градба.*

## Атомски и јонски радиуси

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да дефинира јонски и атомски радиуси;  
- да опишува градба на атомот;

**Атомот** е сложена електромагнетна честица. Составен е од јадро и електронска обвивка. Види слика 16. Во **јадрото** сместени се протони и неутрони околу кои обиколуваат електрони кои се негативно наелектризирани и го компензираат позитивниот полнеж во јадрото.

**Електроните** кружат по повеќе патеки но најзначајни се тие кои се наоѓаат во надворешниот електронски слој (последниот). Ако од последната електронска обвивка се исфрлени електрони, атомот преминува во **катјон**



Слика 16. Структурна градба на атом

(позитивно наелектризиран), а оние атоми кои ги примиле електроните поминуваат во **анјони** (негативно наелектризиран). Овие позитивно и негативно наелектризираны јони меѓу себе се привлекуваат. Привлекувањето настанува заради електростатските Кулонови сили. Секој атом или јон може да се разгледува како сфера на дејство на материјална честица. Таа сфера на дејство се означува како **атомски** или **јонски радиус**. **Атомски и јонски радиуси претставува најмало растојание до кое даден атом или јон може да се приближи до соседниот до него атом или јон.** При подредувањето на атомите во кристалната решетка, истите ќе се подредат на растојание кое не може да биде помало од збирот на нивните атомски или јонски радиуси. Атомскиот или јонскиот радиус е точно дефинирана големина за секој елемент и се мери во ангстреми.

Постојат некои законитости кои се однесуваат на јонските радиуси. **Статистички анјоните имаат поголем јонски радиус од катјоните.** Во колку позитивната валентност расте во толку и се намалува јонскиот радиус.  $\text{Fe}^{2+} = 0,83$  ангстреми,  $\text{Fe}^{3+} = 0,67$  ангстреми. Со зголемување на негативната валенција јонскиот радиус се зголемува. На големината на јонските радиуси влијаат притисокот и температурата. При зголемување на притисокот јонскиот радиус се намалува, при зголемување на температурата јонските радиуси се зголемуваат и обратно. Катјоните на ист елемент секогаш се помали од атомите. Анјоните секогаш се поголеми од соодветните атоми. Види слика 17.



Слика 17. Споредба на големина меѓу атоми и нивните соодветни катјони или анјони

1. Што се одредува со квалитативно, а што со квантитативно хемиско испитување на минералите?
2. Како се изразува хемискиот состав на минералите?
3. Која е хемиската формула на кварц?
4. Што проучува кристалохемијата?
5. Објасни ја градбата на атомот!
6. Што претставува јонски радиус?
7. Што се случува со јонските радиуси при зголемување на притисокот, а што со зголемување на температурата?

## Кристалохемиски врски

На крајот од наставниот час  
ученикот треба:  
- да објасни кои се причините поради  
кои елементите многу почесто се  
појавуваат како соединенија отколку  
како самородни;

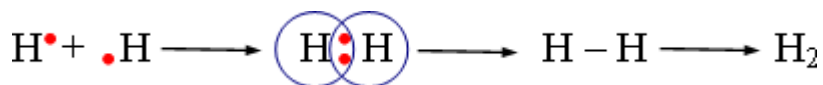
Со исклучок на самородните елементи сребро, злато, антимон, железо, платина и др. сите други минерали се хемиски соединенија. Штом се хемиски соединенија мора да постојат кристалохемиски врски кои ги држат тие молекули во цврста градба. Честичките можат меѓу себе да се врзуваат на неколку начини па според тоа постојат и повеќе типови на кристалохемиски врски.

**Јонска** врска (хетерополарна врска). Настаната со привлекување на атоми на метали кои лесно ги отпуштаат своите електрони (и стануваат позитивно наелектризирани – катјони) со атоми на неметали кои лесно примат електрони (и постануваат негативно наелектризирани – анјони). Бројот на оддадени и примени електрони зависи во прв ред од валентноста на атомите кои се поврзуваат. Јонската врска настанува поради привлекување на спротивно наелектризираните јони. Пример за јонска врска е образување на NaCl. Натриумот во последната орбитала има само еден електрон кој лесно го испушта и преминува во катјон со електронска конфигурација на неон. Хлорот во последниот електронски слој има седум електрони и лесно прима еден електрон при што поминува во анјон со стабилна електронска конфигурација на аргон. Катјонот на натриум и анјонот на хлор се привлекуваат притоа градејќи соединение натриум хлорид.



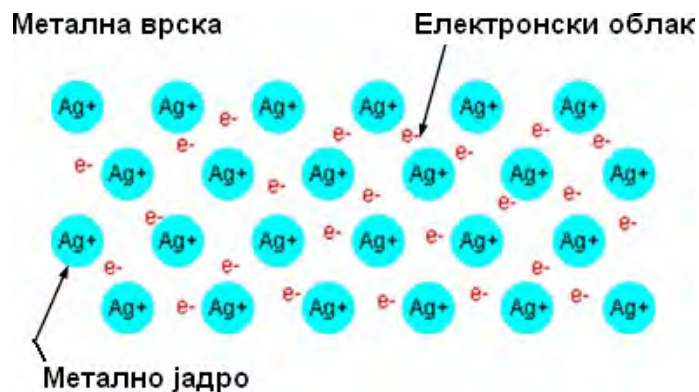
Атомска врска (**ковалентна** хомополарна). Настанува со спојување на атоми на неметали. Атомите на неметалите со меѓусебно

поврзување се стремат да постигнат стабилна електронска конфигурација на блискиот инертен гас. Ковалентна врска се остварува со создавање на еден или повеќе електронски парови, составени од еднаков број на електрони на едниот и другиот атом. Тие заеднички парови кои припаѓаат на едното и на другото јадро, ги држат во поврзана состојба двата атоми. Поврзување со ковалентна врска може да се прикаже со примерот на образување на водороден молекул  $H_2$ . Електронската конфигурација на водородот е  $1s^1$ . Секој атом на водород има по еден валентен електрон кој го дава во заедничкиот електронски пар што настанува ковалентна врска. Со создавање на заеднички електронски пар двата атоми постигнуваат стабилна конфигурација на хелиум (He).



**Метална** врска - карактеристична за металите. Се состои главно од позитивно наелектризирани честици (метални катјони) кои образуваат кристална решетка и отфрлени заеднички електрони кои слободно се движат низ решетката. Привлечните сили кај металната врска се предизвикани од заемнодејствието на металните јони и заедничкиот електронски облак со кој се опкружени.

Во една кристална структура можно е да има само еден тип од овие врски, но можни се и повеќе типа.

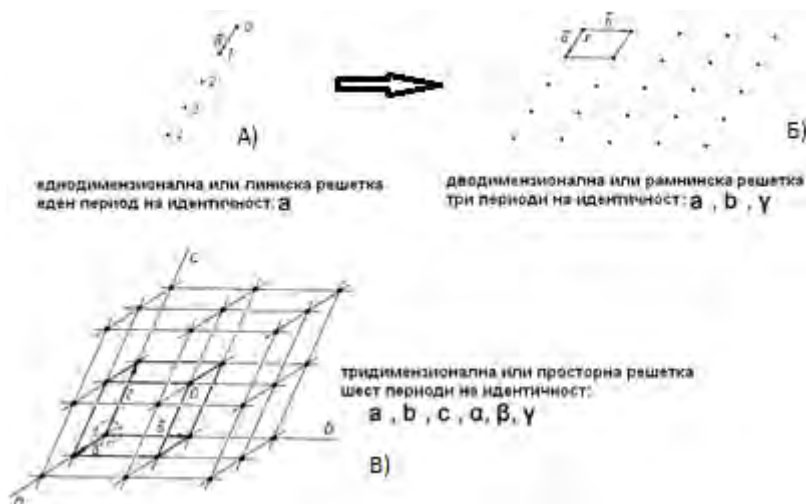


## Внатрешна градба на кристалите

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да дискутира за внатрешната градба на кристалите;

Кристалите се градени од помали **структурни единици**. Малите структурни единици се или атоми или група на атоми или цели молекули (групи на молекули). Распоредот на овие структурни единици во кристалот го проучувале многу научници на најголем придонес дал научникот Браве. Тој го разгледувал распоредот на структурните единици потполно геометриски. Честиците ги набљудуваме како точки. Една точка претставува една структурна единица, на извесно растојание од неа се наоѓа друга, на исто толкава трета итн. Ваквите точки формираат редица која се вика јазлов ред или **еднодимензионална (линиска) решетка**. За различни минерали тој ред е различен, зависно од растојанието меѓу честиците. Еден јазол е дефиниран со растојанието „ $a$ “ кое претставува **период на идентичност**.

На слика бр. 2 прикажана е **мрежа од точки** и е дефинирана со два периода на идентичност:  $a$  и  $b$  и аголот  $\gamma$  меѓу нив. Ваквата мрежа од точки формираат **рамнинска или дводимензионална решетка**. Повеќе рамнински решетки ќе ја образуваат **тридимензионална или**



Слика 18. Видови на решетки во внатрешната градба на кристалите



**просторна решетка** која е дефинирана со три периоди на идентичност:  $a$ ,  $b$  и  $c$  и со три агли:  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  (секој раб еден јазлов ред).

Просторната решетка може да се подели на елементи. Најмалата просторна единица со чие поместување во три просторни правци ќе се формира целата кристална решетка. Се вика **елементарна ќелија**.



Слика 19. Формирање на просторна решетка со поместување на елементарната ќелија во три просторни правци

Елементарната ќелија содржи најмал можен број на структурни единици од кој е изграден кристалот. Основен елемент на просторната решетка се јазлите и периодите на идентичност кои во различни правци/насоки се различни, а во паралелни правци се исти.

Ваквата внатрешна градба на минералите условува тие да се анизотропни (да покажуваат различни својства во различни правци).

**Задача 16.**

Прецртај во блокче елементарна ќелија и формирање на просторна решетка. Потсети се на кристалографските системи и пронајди ја нивната заедничка врска со просторната решетка.

1. Наброј ги градбените единици на атомот.
2. Објасни што е разлика меѓу атом и јон?
3. Дефинирај што претставува јонски или атомски радиус!
4. Опиши ги ковалентна, јонска и метална врска!
5. Спореди ги елементарните со просторните решетки. Која е разликата меѓу нив?
6. За да се дефинира просторна решетка колку параметри на идентичност и колку агли треба да бидат познати?
7. Каква е зависноста на својствата на кристалните минерали од правците во кои се испитуваат.

## Модуларна единица 3: ПЕТРОГЕНИ МИНЕРАЛИ

По реализација на теоретските часови и вежбите од модуларната единица „Петрогени минерали“ ученикот ќе биде способен да:

- Дефинира поим петрогени минерали
- Поврзува својства (тврдина, цепливост, кршливост, боја, сјајност и специфична тежина на минералите) со петроген минерал
- Поврзува внатрешна градба на кристал со форма на минерал
- Црта форми на минерали
- Опишува начин на настанок на петроген минерал
- Набројува најдобри особини за разликување на минерал од слични минерали
- Одредува и поврзува особини со име на непознат петроген минерал

## ПЕТРОГЕНИ МИНЕРАЛИ

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*

- да дефинира поим петрогени минерали;
- да набројува групи во кои припаѓаат петрогени минерали според нивниот хемиски состав

Минералите во природата се појавуваат како дел од карпите. Но не сите минерали подеднакво се застапени во карпите и имаат иста важност за нив. Минералите кои најчесто учествуваат во градбата на карпите ги викаме Петрогени минерали. Од сите познати минерали во природата околу 140 се доминантни во градбата на карпите.

Постојат различни квалификации на минералите. Според хемискиот состав петрогените минерали можат да се поделат на:

- силикати,
- оксиди,
- карбонати,
- сулфати,
- елементи минерали.

Најголем број од петрогените минерали по хемиски состав се силикати. Пр: албит, мусковит, дистен и др.

Најзастапен претставник на оксидите минерали во карпите е кварцот. Калцитот е карбонатен минерал, додека во групата на сулфати спаѓаат: гипс, анхидрит и др. Како претставник на елемент минерал ќе го спомнеме графитот.

Металичните минерали влегуваат во составот на рудата Пр. галенит, халкопирит, молибденит и др. Овие минерали уште се викаат и рудни минерали и истите се користат за добивање на метали, кои наоѓаат широка примена во стопанството и секојдневниот живот.

## СИЛИКАТИ

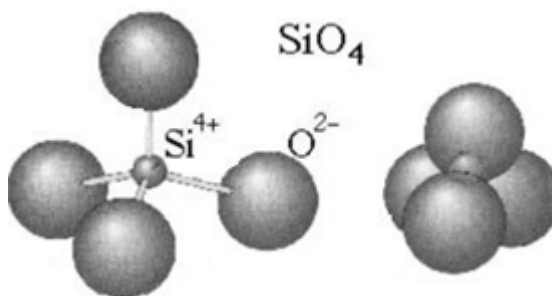
### Градба и поделба на силикатите

На крајот од наставниот час ученикот треба:

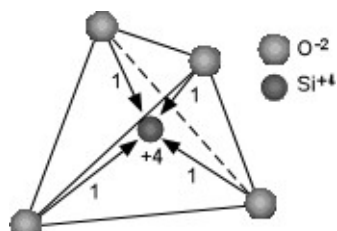
- да опишува градбата на силикатите;
- да класифицира силикати

Силикатите се најраспространети минерали во земјината кора. Околу една третина од сите минерали спаѓаат во силикати. Според пресметките изнесуваат 75% од масата на земјината кора. Ако се приклучи и слободниот силициум диоксид чија количина е 12% тие прават 87% од масата на земјината кора.

Во основата на сите силикати лежат  $\text{SiO}_4$  тетраедрите. Секој  $\text{SiO}_4$  тетраедар е изграден од јон на  $\text{Si}^{4+}$  и четири јони на кислород  $\text{O}^{2-}$ . Види сл.20 Распоредот на јоните секогаш е ист. Во средината на еден замислен тетраедар сместен е силициумовиот јон, а на четирите темиња на тетраедарот сместени се кислородните јони. Прикажано на сл.21.



Слика 20. Распоред на силициумот и кислородот во  $\text{SiO}_4$  тетраедрите



Слика 21. Слободни валентни врски кај  $\text{SiO}_4$  тетраедрите

Тие преку една врска се поврзани со силициумот, а по една му останува слободна. Според ова секој  $\text{SiO}_4$  тетраедар е негативно четиривалентен. Негативните валенции можат да се неутрализираат со поврзување на катјони на железо, магнезиум, калциум, калиум, натриум, алуминиум и др. Слободни врски можат да се неутрализираат на тој начин што еден кислороден јон може да припаѓа на два  $\text{SiO}_4$  тетраедри.

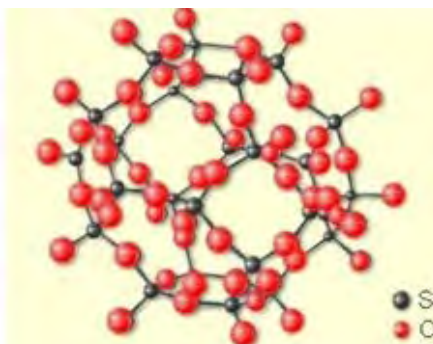
Меѓусебно,  $\text{SiO}_4$  тетраедрите можат да се поврзуваат на различни начини. Според тоа како тие се поврзани постојат следниве видови на силикати: **тектосиликати**, **филосиликати**, **иносиликати**, **соросиликати**, **незосиликати**.

### **Тектосиликати**

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*

- да опишува градбата на тектосиликатите;
- да класифицира тектосиликати

Кај тектосиликатните минерали, карактеристично е тоа што секој кислороден јон припаѓа на два  $\text{SiO}_4$  тетраедри. Види слика 22 На ваков начин силициумот и кислородот се поврзуваат кај минералите од групата на фелдспати.



Слика 22. Начин на поврзување на силициумот и кислородот кај тектосиликатите

Фелдспатите се најзастапени минерали во земјината кора.

По хемиски состав се алумосиликати на калиум, натриум и калциум.

Алумосиликатни минерали се оние кои во својот состав содржат повеќе од 10% на Al. Фелдспатите најчесто се јавуваат како изоморфни<sup>1</sup> смеси во кои неограничено меѓусебно се заменуваат K со Na и Na со Ca.

Изоморфните смеси меѓу K и Na се викаат **калиски или алкални фелдспати**, а изоморфните смеси меѓу Na и Ca се викаат **плагиокласи**. Сите минерали кои спаѓаат во групата на фелдспати покажуваат слични физички и хемиски својства.

---

<sup>1</sup> Повеќе минерали со сличен хемиски состав кои не само што кристализираат во иста кристалографска система туку се јавуваат и во слични кристалографски форми.

## Група на алкални фелдспати

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на алкалните
- фелдспати;
- да препознава алкални фелдспати;

Во оваа група спаѓаат следните минерали: санидин, ортоклас и микроклин.

### Санидин $KAlSi_3O_8$

По хемиски состав е калиум алумосиликат кој во својот состав секогаш содржи натриумска компонента до 30%, а може натриумот да достигне и до 60%. Варијабилната формула на санидинот е:  $(K,Na) AlSi_3 O_8$ .



Слика 23. Кристален санидин

Кристализира моноклинично обично во плочести, ретко дебело столбчести зрна. За санидинот е карактеристично продорно близнење.

Тврдина 6 до 6.5. Специфична тежина 2.5 до 2.6. Цепливост совршена по база, нешто послаба по призма. Сјајност стаклеста по база, понекогаш и бисерна. Прозрачен минерал до непровиден. Боја бела, безбоен, жолта или бледо розова.

Настанува на високи температури со кристализација од магмата. Ако ладењето на магмата е бавно минералот постепено ја средува својата кристална решетка и преминува во ортоклас.

Во Македонија санидинот е пронајден во вулканските карпи кај с. Добрево – Пробиштип. Добро изразени кристални минерали и близнаци пронајдени се кај с. Звегор - Делчево.

### Ортоклас $KAlSi_3O_8$

По хемиски состав е калиум алумосиликат кој во својот состав содржи до 30% Na. Во својот состав може да содржи извесно коли-чина на бариумска компонента.



Слика 24. Близнење кај ортоклас

Тврдина 6 до 6,5. Специфична тежина 2,5 до 2,6. Цепливост совршена во два правци. Аголот меѓу правците на цепливост е  $90^{\circ}$ . Од цепливоста под прав агол му доаѓа и името. Стаклеста до бисерна сјајност. Боја - бела, жолта, розова,

безбојна, светло зелена.

Настанок магматски се појавува во сите видови на кисели магматски карпи. Може да има и метаморфно потекло кога настанува со преобразба на глинести карпи. Кај нас се појавува во Пелагонискиот метаморфен комплекс како минерал поврзан со палеогените гранодиоритски карпи.

### Микроклин $KAlSi_3O_8$

Калиум алумосиликат кој обично содржи мало количество на  $Na$  под 5 %. Кристализира триклинично, стабилен е наниски до средни температури под  $500^{\circ}C$ . Има тврдина 6, а специфична тежина 2.6. Сјајност стаклеста. Цепливост



Слика 25. Зелен микроклин

совршена по база, нешто послаба по призма. Боја бела, ретко зелена или розова. Зелениот вариетет е познат како **амазонит** и се користи како украсен камен.

Микроклиноот се создава со средување на кристалната решетка на ортокласот, а ретко може да настани со кристализација од растопи и раствори. Се јавува во магматски, метаморфни и седиментни карпи.



Фелдспатите се користат во електро порцеланската индустрија. Најдобра особина за распознавање на калиските фелдспати се кристалните форми, близнењето и цепливоста во два правци под агол од 90°.

Амазонитот со убава зелена боја во нашата земја е застапен кај Чаниште – Мариово. Прикажан на слика 25.

**Задача 17.**

**Цели:**

✓ Пронаоѓање податоци потребни за макроскопско одредување на минерален вид;

Фаза 1. Прецртај ја Табела 3.1 и по примерот на внесените својства за санидин, внеси ги податоците за својства на ортоклас и микроклин. Податоците ги барате во учебникот или на интернет.

Табела 3.1 Својства на минерали.

Својства на минералот	Име на минералот		
	санидин	ортоклас	микроклин
начин на појавување	плочести форми		
тврдина	6 до 6.5		
цепливост	совршена по призма		
кришливост	нерамна		
сјајност	стаклеста до бисерна		
боја	безбоен, бел, жолт или бледо розов		
боја на огреб	/		
специфична тежина	средно тежок		
останати карактеристики и особини	некогаш како продорни близнаци		



## Група на плагиокласи

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да препознава плагиокласи;

Претставува изоморфна серија од минерали кои се наоѓаат меѓу двата крајничленови **албит**  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (плагиоклас, богат со натриум) и **анортит**  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (плагиоклас богат со калциум). Помеѓу нив се: **олигоклас**, **андензин**, **лабрадор** и **битовнит** кој по хемиски состав се натриум, калциум алумосиликати.

	содржина на натриум и калциум	проценти на (Ab)	проценти на анортит (An)
<b>Албит</b>	(Na <sub>100%</sub> , Ca <sub>0%</sub> ) Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	90-100% Ab	0-10% An
<b>Олигоклас</b>	(Na <sub>90%</sub> , Ca <sub>10%</sub> ) Al <sub>1-2</sub> Si <sub>3-2</sub> O <sub>8</sub>	70-90% Ab ;	10-30% An
<b>Андензин</b>	(Na <sub>70%</sub> , Ca <sub>30%</sub> ) Al <sub>1-2</sub> Si <sub>3-2</sub> O <sub>8</sub>	50-70% Ab ;	30-50% An
<b>Лабрадор</b>	(Na <sub>30%</sub> , Ca <sub>70%</sub> ) Al <sub>1-2</sub> Si <sub>3-2</sub> O <sub>8</sub>	30-50% Ab ;	70-50% An
<b>Битовнит</b>	(Na <sub>10%</sub> , Ca <sub>90%</sub> ) Al <sub>1-2</sub> Si <sub>3-2</sub> O <sub>8</sub>	10-30% Ab ;	70-90% An
<b>Анортит</b>	(Na <sub>0%</sub> , Ca <sub>100%</sub> ) Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	0-10% Ab ;	90-100% An

Слика 26. Изоморфизам кај минералите од групата на плагиокласи

Кристализираат триклинично. Ретко се појавуваат во кристални форми со исклучок на албитот и олигокласот. Одлика на овие два минерали е појавување во близнаци.



Слика 26. Минерали од плагиокласи

Тврдина 6 до 6,5. Специфична тежина 2,6 до 2,8. Сјајност стаклеста по површината на цепливост. Боја бела, зеленкаста, розова, до безбојни. Цепливост во два правци под агол од 90°.

Распространети се скоро во сите видови на магматски карпи. Се појавуваат и во метаморфните карпи.

Се среќава заедно со кварц, калиски фелдспат, лискун, хорнбленда. Најдобра особина за распознавање е тврдината и цепливоста. Слични се со калцитот кој е помек, има тврдина 3.

**Задача: 18.**

**Цели:**

✓ Пронаоѓање податоци потребни за детерминација на минераленвид;

Со помош на наставникот споредете ги својствата на калиските фелдспати (санидин, ортоклас и микроклин) (Табела 3.1) и обидете се да ги сведете на заеднички својства за калиски фелдспати.

Прецртај ја Табела 3.2 и внеси ги податоци за својствата на калиски фелдспати (сведени на заеднички) и својствата на плагиокласите! Податоците ги барате во учебникот или на интернет.

Табела 3.2 Својства на минерали.

Својства на минерали	Група на минерали	
	калиски фелдспати	плагиокласи
начин на појавување		
тердина		
целивост		
кршливост		
сјајност		
боја		
специфична тежина		
останати особини		

**За дома:** Скицирајте форми на појавување на минерали од групата на фелдспати.

1. Во која група на минерали спаѓаат микроклин и санидин?
2. Наброј ги минералите од групата на плагиокласи!
3. Кој се најдобрите особини за препознавање на фелдспатите?
4. Објасни го изоморфизмот кај плагиокалаите!
5. На кој начин настануваат фелдспатите?
6. Кои минерали преовладуваат во составот на магматските карпи?
7. Која е примена на фелдспатите во стопанството?

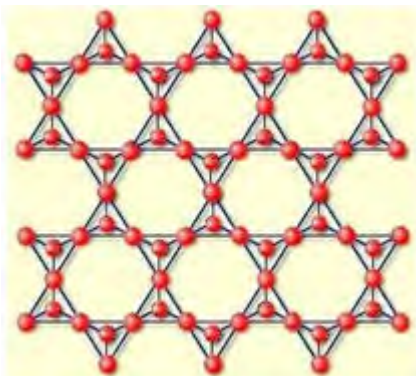
Фелдспатите претставуваат најраспространети магматски минерали. Влегуваат во составот скоро на сите магматски карпи. Поделба на магматските карпи е направена според присуство или отсуство на фелдспат, како и видот на фелдспат кој е застапен во нив. Многу минерали од групата на фелдспати имаат и практична примена во стопанството, а се користат и во јувелирството. Побарај интернет сајтови за минералите од групата на фелдспати, ако сакаш да дознаеш повеќе за нив.



## Филосиликати

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на мусковит и биотит
- да разликува мусковит и биотит



Слика 28. Поврзување на  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај филосиликатите

$\text{SiO}_4$  тетраедрите бесконечно меѓусебно се поврзани во една рамнина.

### Група на лискуни

Лискуните спаѓаат меѓу најраспространетите минерали во природата кои влегуваат во

составот на многу карпи и тоа магматски, седиментни и метаморфни.

Сите лискуни имаат потполно идентична структура поради тоа минералите од оваа група покажуваат доста слични физички особини. Хемискиот состав варира, но во суштина можат да се сведат на општа формула  $x^+y_3^{++}$  или  $x^+y_2^{+++} [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] z_2^-$ . Каде  $x^+$  е К поретко Na,  $-y_3^{++}$  може да биди Mg, Fe ретко манган или Li,  $y_2^{+++}$  Al, Fe ретко Cr, Mn и Ti, а  $z_2^-$  е (OH), F.

Во групата на лискуни спаѓаат следните минерали:

- **мусковит** - калиски лискун;
- **парагонит** - натриски лискун;
- **флогопит** - магнезиски лискун;
- **биотит** - магнезиско железен лискун;
- **лепидолит** - литиски лискун;
- **цинвалдит** - литиско железен лискун

### Мусковит

По хемиски состав е калиум алумосиликат. Понекогаш содржи Cr и таквиот вариетет се вика **фуксит**. Мусковитот кристализира моноклинично во вид на псеудохексагонални плочи.

Тврдина 2 до 2.5. Цепливоста многу совршена по база. Специфична тежина 2.7 до 3. Сјајност бисерна до стаклеста. Безбоен, жолт, или зелен. Во тенки листови е безбоен и провиден. Лесно свитлив и еластичен.

Мусковитот (Сл.28) се создава на различни начини: магматски во последната фаза на кристализација на гранитска магма, богата со калиум и вода. Пегматитски (во пегматитите често се појавува во изразени кристални форми), пнеуматолитски, хидротермално, и метаморфно.



Слика 28. Лискун мусковит

Најдобра особина за распознавање на мусковит е појавувањето во листести агрегати и бисерната сјајност. Сличен е со биотит од кој се разликува по посветлата боја и провидноста во тенки листови.

Подврста на мусковитот која настанува со распаѓање на калиски фелдспати е **серицитот**, кој се јавува во ситни лушпести агрегати во метаморфните карпи.

Крупни кристали од мусковит во добро изразени форми има во околината на Прилеп и с. Паралово - Битола.

## Биотит

Биотит претставува магнезиско-железен лискун. Кристалографските особини се како и кај останатите лискуни. Се појавува во листести, лушпести агрегати,



Слика 29. Лискун биотит

псеудохексагонални плочи (Сл.29) и кратко столбчести призми. Тврдина до 3. Цепливост совршена по база. Специфична тежина 2.8 до 3.4 Тенките листови свитливи и еластични. Бојата варира во зависност од присуството на железото од темнозелена до црна.

Сјајност бисерна или стаклеста.

Биотит е најзастапен лискун. Настанува магматски од кисели и базични магми. Регионално метаморфно на средни температури.

Контактно метаморфно на граница со гранитоидна магма со доломитски карпи.

Најдобра особина за препознавање: појавувањето во листести агрегати, црната боја и бисерната сјајност.

#### Вежба 18.

##### Цели:

- ✓ Одредување својства на лискуни;
- ✓ Споредување на својства на мусковит и биотит;

##### Потребни материјали:

- примероци од минерали (мусковит и биотит.),
- плочки од стакло,
- бакарни и челични жици.

Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примероци од минерали.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на мусковитот и биотитот прикажани во учебникот.

Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат кои примероци се мусковит, а кои биотит.

Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.

До крајот на часот дискутирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознаваат мусковитот и биотитот.

**За дома:** Внесете ги во посебни редови од Табела 3.3 особините за мусковит и биотит. Најдобрите потенцирај ги (внеси ги со друга боја, или здебели ги буквите од текстот, или потцртај ги или сл.).

1. Како се меѓусебно поврзани  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај филосиликатите?
2. Наброј ги минералите од групата на лискуни!
3. Како настануваат минералите од групата на лискун?
4. Како настанува серицит и во кои карпи се појавува?
5. Кои се најдобри особини за препознавање на лискуните?

## Хлорит

$(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на хлорит;
- да препознава хлорит;

По хемиски состав претставува хидратисан алумосиликат на магнезиум и железо. Дел од алуминиумот може да биде заменет со  $\text{Fe}^{3+}$  или понекогаш  $\text{Cr}$ , а делови од  $\text{Mg}$  и феро  $\text{Fe}$  да бидат заменети со  $\text{Ni}$  или  $\text{Mn}$ .

Кристалната структура на хлоритите е слична со структурата на лискуните. Кристализира моноклинично во вид на псевдохексагонални плочи настанати со комбинација на моноклинична база, клино пинакоид, клино дома и моноклинична призма. Најчесто се среќава во ситно лушпести агрегати.



Слика 30. Талк

Тврдина 2 до 2,5. Цепливост многу совршена по база. Лушпите се свитливи, но не и еластични. Специфична тежина 2,6 до 3,3 во зависност од содржината на железото. Боја бледо до јасно зелена, понекогаш темно зелена зависно од присуството на железото. Сјајност стаклеста на кристални површини, масна на нерамни површини.

Настануваат во хидротермалната фаза на кристализација на магмата со директно издвојување од растворот или со промена на други магнезиум, железни алумосиликатни минерали. Ретко настануваат и регионално метаморфно.

Посетете на интернет изложби на минерали како би ги збогатиле вашите знаења, а и би се стекнале со нови сознанија. Пр. Посетете ја на интернет изложбата на минерали во Туксон – Аризона, на која секоја година се изложени збирки од кристални минерали од повеќе од 120 еминентни колекционери од сите страни на светот.

## Серпентин (Mg,Fe)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на серпентин;
- да препознава серпентин;

Серпентините се група од четири минерали кои имаат ист хемиски состав кои меѓусебно се разликуваат по типот на кристалната структура. Во групата на серпентин спаѓаат: антигорит, лизардит, хризотил и серпофит.

Серпентините по хемиски состав се хидратисани магнезиум-железо силикати.

**Антигорит** - кристализира моноклинично и се појавува во листести агрегати. Тврдина 3,5. Цепливост совршена по база. Види сл.31 Специфична тежина 2,5. Боја зелена, жолта или сива.



Слика 31. Антигорит

**Лизардит** - многу сличен со антигоритот и тешко макроскопски се разликува од него.

**Хризотил** - кристализира моноклинично во вид на влакнести издолжени форми. Должината на влакната може да биде различна.



Слика 32. Хризотил

Тврдина околу 2,5. Цепливост совршена по (110), но поради малата дебелина на влакната ретко се забележува. Специфична тежина околу 2,4. Сјајност свилеста. Влакната се свитливи, лесно се издвојуваат и свиваат. Боја зелена, жолта и сива. Кога хризотилот е развиен во индивидуални влакна се вика хризотилски азбест.

Најдобра особина за препознавање на серпентин е темно зелената боја. Хризотил азбестот најдобро се познава по свилеста сјајност и појавувањето во влакнести форми. Серпентини има кај село Богословец - Свети Николе и Иберли - Демир Капија.



## Минерали на глина

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на глина;
- да препознава минерали на глина;

По хемиски состав се хидратисани алумосиликати. Се создаваат со распаѓање на алумосиликатни минерали. На земјината површина во услови на ниски температури и притисоци алумосиликатните минерали не можат да опстанат. Под дејство на атмосферите (вода, кислород и јаглеродна киселина), помогнати од биохемиските процеси алумосиликатите ги губат металичните елементи (Ca, Mg, K, Na и др.) со исклучок на алуминиумот и силициумот. Врската помеѓу  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$  е многу јака и егзогените процеси не можат да ја раскинат, па затоа при распаѓање на алумосиликатните минерали останува таканаречено каолинско јадро, кое е основа на структурната градба на сите минерали на глина.

Од минералите на глина повеќе се распространети се: **каолин** и **монтморионит**.

### Каолин $\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_4$

По хемиски состав претставува хидратисан алумосиликат. Кристализира моноклинично во ситни листови со псеудохексагонални форми. Се појавува во земјести агрегати (сл. 33), ретко во изразено јасни кристали.



Слика 33. Каолин

Тврдина 2 до 2.5. Специфична тежина 1.8 до 2. Цепливост совршена во еден правец. Боја бела кога е чист, од примеси жолта или сива. Сјајност земјеста на рамнините на цепливост бисерна. Има карактеристичен мирис на глина и масен допир. Каолинот покажува хигроскопни својства (ако го допре со врвот на јазикот ќе забележиме дека јазикот се лепи за минералот).

Најдобра особина за распознавање: појавувањето во змјести агрегати и масниот допир. Претставува основна суровина суровина за порцеланската индустрија.

### **Монтморионит $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$**

По хемиски состав е хидратисан алумосиликат. Дел од алуминиумот може да биде заменет со земноалкални елементи (Ca, Mg).

Кристализира моноклинично. Настанува со површинско распаѓање на алумосиликатните минерали. Монтморионит може да настане и на средни до ниски температури.

#### **Вежба 19.**

##### **Цели:**

✓ *Одредување својства на глина;*

##### **Потребни материјали:**

- *примероци од каолин,*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примероци од каолин.*

*Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на каолиноот и начинот на појавување. Наставникот потенцира да се обрати внимание на специфичните особини кои се појавуваат кај минералите на глина како што се: малата специфична тежина, појавувањето во змјести агрегати, мирисот, масниот допир и хигроскопноста. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

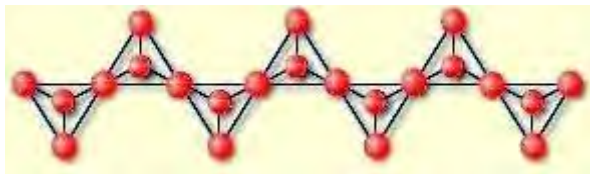
*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на каолиноот прикажани во учебникот.*

*Фаза 3. Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение. До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознава каолиноот.*

***За дома:** Внесете ги во Табела 3.3.особините за макроскопско препознавање на каолиноот. Најдобрите потенцирајте ги.*

Филосиликатите се листести силикати. Сите филосиликати покажуваат слични својства. Дали знаеш зошто? Дискутирајте со предметниот наставник на таа тема.

## Иносиликати



Слика 34. Поврзување на  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај иносиликатите

$\text{SiO}_4$  тетраедрите се бесконечно поврзани во еден правец.

## Група на амфиболи

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на амфиболи;
- да препознава амфиболи;

Хемискиот состав на минералите од групата на амфиболи може да се напише со општа формула  $\text{X}_2\text{Y}_5(\text{Z}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$  каде:

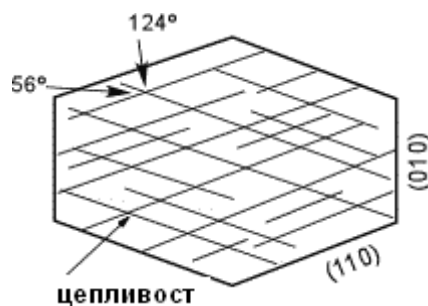
X - може да е Ca, Na, Mg, Fe;

Y - Mg, Fe, поретко Al, Ti;

Z - Si дел може да биде заменет со Al.

Според кристализацијата минералите од групата на амфиболи се делат на **ромбични амфиболи** и **моноклинични амфиболи**.

Кристализираат во издолжени столбчести, игличести до влакнести форми. Кристалите се ограничени со призматски и пинакоидални рамнини. Аглите кои ги заклопуваат призматските рамнини изнесуваат  $124-125^\circ$ . Бидејќи сите амфиболи имаат јасна цепливост по призма и трагите од цепливоста ги заклопуваат истите агли.



Тврдина 5-6. Специфична тежина 2.9-3.2. Сјајноста стаклеста, свилеста. Боја бела, жолтозелена, светлозелена, зелена, темно зелена до црна. Цепливост совршена по призма.

Настануваат со кристализација од магма доколку во системот има доволно вода, метаморфно со преобразба на пироксените. Под дејство на водени раствори амфиболите настанати на високи температури преминуваат во епидот, хлорит, калцит, талк и други продукти.



Слични се со пироксените од кој се разликуваат по аголот на цепливост и начинот на појавување. Цепливоста кај пироксените е под приближно прав агол, а кај амфиболите аголот на цепливост е  $124^{\circ}$ .

Амфиболите се издолжени, а пироксените кратко столбчести.

Во групата на амфиболи спаѓаат тремолит, актинолит и хорнбленда.



Слика 35. Тремолит

### Тремолит $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Кристализира моноклинично често во призматични тенко столбчести и игличести форми, како и во радијални, радијално-зракасти и влакнести агрегати.

Боја бела, темно сива, светло жолта, светло розова, до зелена. Се појавува заедно со калцит и grosular во контактно метаморфните карпи, а со талк и серпентин во хидротермално метаморфните карпи. Со распаѓање преминува во талк, серпентин и други секундарни минерали.

### **Актинолит** $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Кога тремолитот содржи поголемо количество на железо преминува во актинолит. Кристализира моноклинично во издолжени тенко столбчести и игличести форми.

Боја зелена во сите нијанси до црна. Сјајност бисерна до свилеста. Се појавува заедно со албит хлорит и епидот во регионално метаморфните карпи. Со албит, мусковит, барит, анхидрит во хидротермалните карпи.



Слика 36. Актинолит

Тремолитот и актинолитот меѓусебно се разликуваат по бојата.

### **Хорнбленда** $\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH, F})_2$

Кристализира моноклинично често во кратки или издолжени призматични форми. Боја жолта, кафеава до црна. Сјајност полу-метална, стаклеста или бисерна. Хорнблендата е доста распространет амфибол, ја има во магматските и метаморфните карпи.



Слика 37.  
Хорнбленда

1. *Наброј ги минералите кои спаѓаат во групата на амфиболи?*
2. *Кои секундарни минерали настануваат со распаѓање на амфиболите?*
3. *Како настануваат минералите од групата на амфиболи?*
4. *Наброј ги најдобрите особини за препознавање на минералите од групата на амфиболи?*
5. *Која е причината за појавување на амфиболите во издолжени призматски и влакнести агрегати?*

## Група на пироксени

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на пироксени;
- да препознава пироксени;

Хемискиот состав на минералите од групата на пироксени може да се напиши со општа формула:

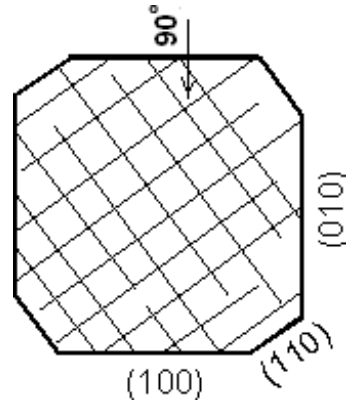
$XY(Z_2O_6)$  каде,

X - може да биди Mg, Fe, Ca поретко Na;

Y - Mg, Fe, Al, Ti, или Mn и

Z - Si дел може да биди заменет со Al.

Според кристализацијата минералите од групата на пироксени се делат на ромбични пироксени и моноклинични пироксени. Кристализираат во кратко столбчести, призматични форми со четириаголен или осумаголен напречен пресек. Аглите кои ги заклопуваат призматските рамнини изнесуваат  $87-93^\circ$ . Бидејќи сите пироксени имаат јасна цепливост по призма и трагите од цепливоста ги заклопуваат истите агли. Кај моноклиничните пироксени чести се близнаци по рамнината (100).



Тврдина 5-6. Специфична тежина 3-3,9. Сјајноста стаклеста до смолеста поретко полуметална. Боја светлозелена, зелена кафеава, темно зелена, до црна зависно од содржината на железо. Цепливост јасна по призма и послабо изразена по првиот пинакоид.

Настануваат на високи температури со кристализација од магмата, контактено метаморфно блиску до контактот или регионално метаморфно. Бидејќи пироксените, главно, настануваат на високи температури во услови кои владеат на Земјината површина се нестабилни и преоѓаат во секундарни минерали: хлорит, епидот и

серпентин. Поважни минерали во групата на пироксени се: [хиперстен](#), [диопсид](#), [хеденбергит](#), [аугит](#), [жадеит](#) и [сподумен](#).

### **Хиперстен** $(Mg, Fe)SiO_3$

Кристализира ромбично, ретки се добро изразени кристали. Се среќава во магматските поретко и во метаморфните карпи, боја зеленкаста, кафеавкаста до темнозелена. Се среќава заедно со оливин во габро и перидотитските карпи и со биотит и кварц во контактно метаморфните карпи.



Слика 38. Диопсид

### **Диопсид** $CaMgSi_2O_6$

Кристализира моноклинично, најчесто во кратко столбчести призматични форми. Боја бела, светло зеленикава, темнозелена до црна. Се среќава заедно со доломитот, флуоритот и гранати во карбонатни карпи, а со амфиболи и лискуни во контактно метаморфните карпи.

### **Хеденбергит** $CaFeSi_2O_6$

Моноклиничен прозрачен пироксен со темно зеленкаста до црна боја (сл.39). Се среќава во контактно метаморфните карпи заедно со гранати и магнетит.



Слика 39. Хеденбергит

### **Аугит** $Ca(Mg, Fe, Al)(Al, Si)_2O_6$

По хемиски состав е силикат на калциум, магнезиум, железо, и алуминиум. Некогаш содржи натриум и титан. Кристализира моноклинично, во кратко столбчести кристали, ограничени со

призматски и пинакоидални рамнини. Често се појавува во добро оформени кристали. Боја темно зелена, зеленкасто кафеава, темно кафеава до црна.

Влегува во состав на магматските карпи и метаморфните карпи.

### **Жадеит $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$**

Кристализира моноклинично ретко во кристални форми. Јаболково зелена боја до смарадно зелена. Види сл. 41. Се појавува во финовлакнести, масивни или зрнести агрегати. Познат е по вариететот Жад кој се користи во јувелирството (изработка на накит) и изработка на декоративни предмети. Настанува метаморфно.



Слика 41. Жадеит

### **Сподумен $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$**

Кристализира моноклинично. Обично во долги рамни призматични кристали. Боја бела, жолта, розова. Тврдина 6,5 до 7. Сличен е со фелдспатот од кој се разликува по начинот на кој се појавува. Види сл. 42. Сподуменот се наоѓа единствено во гранитските пегматити заедно со турмалин, албит и лискун. Последните години интензивно се размислува за експлоатација на сподуменот за добивање на литиум.



Слика 42. Сподумен

Од другите минерали, слични, се со амфиболите од кои се разликуваат по начинот на појавување и аголот на цепливост. Пироксените се кратко столбовидни или зрнести, а амфиболите издолжени призматски игличести или влакнести.



## Вежба 20.

### Цели:

- ✓ Одредување својства на амфиболи и пироксени;
- ✓ Споредување својства на амфиболи и пироксени;

### Потребни материјали:

- примероци од минерали (амфиболи и пироксени),
- плочки од стакло,
- бакарни и челични жици.

Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примероци од минерали.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на амфиболите и пироксените прикажани во учебникот.

Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат кои примероци се амфиболи, а кои пироксени.

Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.

До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознаваат амфиболите и пироксените.

### За дома:

- Внесете ги особините во Табела 3.3 во посебен ред за амфибол, а во посебен за пироксен. Најдобрите потенцирај ги!

- скицирајте во блокчето облици на појавување на минерали од групата на пироксени и амфиболи!

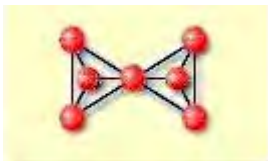
Заинтересирај се дали во непосредна близина на вашето место на живеење, во петролошкиот состав на теренот влегуваат базични, ултрабазични или високо температурни метаморфни карпи. Ако такви карпи постојат, посетете го тој терен и сигурно ќе најдете минерали од групата на амфиболи и пироксени или секундарни минерали продукти од нивното распаѓање.

Од жадеит се изработуваат украсни предмети.

Посетете го Природно научниот музеј во Скопје каде се изложени голем број на минерали пронајдени на територијата на нашата татковина.



## Соросиликати



Слика 43. Поврзување на  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај соросиликатите

### Епидот



По два  $\text{SiO}_4$  тетраедрите се поврзани преку еден кислороден јон. Види сл. 43.

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*  
- да опишува својства на епидот;  
- да препознава епидот;

По хемиски состав епидотот е калциум алуминиум железно силикат. Кристализира моноклинично во издолжени столбчести кристални кои се издолжени во правец на оската „b“.

Тврдина 6.5. Боја зелена во разни нијанси, темносива до црна. Сјајност стаклеста, а понекогаш масна. Цепливост совршена. Специфична тежина 3.3 до 3.6.



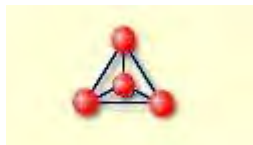
Слика 44. Епидот

Настанува на ниски до средни температури од  $100\text{ }^\circ\text{C}$  до  $450\text{ }^\circ\text{C}$  во присуство на вода во завршната фаза на ладење на магмата во пнеуматолитскиот и хидротермалниот стадиум, а поретко во пегматитскиот.

Може да настане и контактно метаморфно. Во добро изразени кристални форми го има во Прилепско Мариово во близина на с. Дуње и с.Кокре чиј настанок е поврзан со настанокот на пегматитските карпи.

1. Како се поврзани  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај соросиликатите?
2. Во какви форми се појавува епидот?
3. Како настануваат епидот?
4. Во кои локалитети кај нас се пронајдени епидоти во убаво изразени кристални форми?

## Незосиликати



Слика 45. SiO<sub>4</sub> тетраедар кај незосиликатите

SiO<sub>4</sub> тетраедрите меѓусебно се изолирани, односно меѓусебно се поврзуваат само преку други катјони, како што се Fe, Mg, Ca (сл.45)

### Група на оливини

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*

- да опишува својства на оливини;
- да препознава оливини;

Тука спаѓаат минерали кои имаат општа формула R<sup>2+</sup>SiO<sub>4</sub>, каде R<sup>2+</sup> најчесто е Mg, Fe, додека поретко се среќаваат Cu, Ni, Co, Pb и др. Голем број од минералите образуваат совршени изоморфни смеси. Пример: форстерит е Mg,Fe силикат, фајалит Fe силикат. Овде во првата група на оливини спаѓаат минерали кои се совршени изоморфни смеси (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Поделени се:

#### Прва група

- **Форстерит** 0 до 10% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 90 до 100% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Хризолит** 10 до 30% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 70 до 90% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Хијалосидерит** 30 до 50% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 70 до 50% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Хортонолит** 50 до 70% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 50 до 30% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Ферохортонолит** 70 до 90% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 30 до 10% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Фајалит** 90 до 100% Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, а од 10 до 0% Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>

#### Втора група (Mn,Fe,Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> Овде спаѓаат

- **Тефроит** Mn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Кнебелит** (Mn,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>
- **Реперит** (Mn,Fe,Mg)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>

#### Трета група

- **Монтichelит** Ca(Mg,Fe)SiO<sub>4</sub>

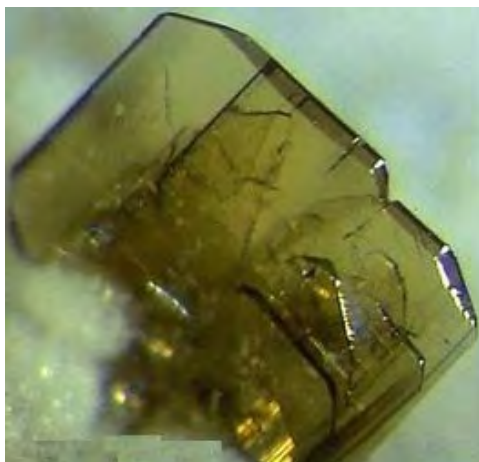
Сите минерали од групата на оливин кристализираат ромбично. Кристалите се кратко столбчести или дебело плочести. Кај оливинот најчести комбинации на рамнини се: призма (110), сите три

пинакоиди (100), (010) и (001), дома (101) и (011) и пирамида (111).

Оливинот се јавува во ситнозрнести агрегати.

Од физичките особини тврдина 6.5 до 7, цепливост нема, крт, кршливост нерамна до школкаста. Специфичната тежина варира во зависност за кој минерал од групата на оливин се работи од 3 кај монтичелитот до 4.35 кај фајалитот. Сјајност стаклеста на рамни површини, а на површините од кршливоста стаклеста до масна. Провидни прозрачни или најчесто заматени. Боја бела, светло до темно зелена до црна. Најраспространети минерали од групата на оливин се: хризолит и хијалосидерит. Овие претставници се карактеризираат со јасно зелена боја, голема тврдина, немаат цепливост и стаклеста до масна сјајност.

Според настанокот минералите на оливин се магматски минерали настанати на високи температури во првиот стадиум на кристализација на магмата. Влегуваат во состав на базичните и ултрабазичните магматски карпи (сл.46.).



Слика 46. Оливин - Фајалит

Бидејќи оливините се настанати на многу високи температури во услови на ниски температури се нестабилни особено во присуство на водени раствори и прегреани водени пари преоѓаат во хидратисани магнезиум железни минерали (серпентин, талк, хлорит и сл.).

Најдобра особина за препознавање: жолто-зелената боја.

Се јавува заедно со фелдспат, хорнбленда, серпентин, аугит, хромит, феро никел.

## Вежба 21.

### Цели:

- ✓ Одредување својства на оливин;

### Потребни материјали:

- примероци од оливин,
- плочки од стакло,
- бакарни и челични жици.

Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примерок од оливин.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на оливинот и начинот на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на оливинот прикажани во учебникот.

Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.

До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кои се препознава оливинот.

**За дома:** Внесете ги во Табела 3.3 особините на оливинот. Најдобрите особини за макроскопско препознавање на оливинот потенцирајте ги.

Посетете преку интернет музеи на минерали, како на пример музејот на минерали во Бејрут, Либан каде се изложени кристални минерали од сите страни на светот.

1. Како се поврзани  $\text{SiO}_4$  тетраедрите кај незосиликатите?
2. Во какви форми се појавува оливин?
3. Како настануваат оливинот?
4. Кои се причините што оливин ретко се наоѓа во природата?
5. На кои секундарни минерали се распаѓа оливинот во услови на ниски температури и притисоци?

## Андалузит $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на андалузит, силеманит, дистен и стауролит;
- да препознава дистен и стауролит;

Кристализира ромбично во столбчести форми ограничени со призматски и базно пинакоидални рамнини.

Тврдина 7.5 Цепливост јасна во два правци. Специфична тежина, 3.1 до 3.2. Сјајност стаклеста или земјаста. Боја бела, сива, розова, црвеникаво кафеава. Види сл. 47.

Андалузит претежно се среќава во метаморфните карпи, меѓутоа се содржи и во вулканските карпи. Со кварц, минерали од групата на фелдспат и мусковит се среќава во гранитните пегматити. Заедно со



Слика 47. Андалузит во фелтспат

биотитот и корундот во контактено метаморфните карпи. Со алмандин, кордиерит и мусковит се среќава во регионално метаморфни гнајсеви и шкрилци.

## Силеманит $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

Кристализира ромбично. Најчесто се јавува во влакнести или игличести кристали, паралелни меѓу себе, и групирани во агрегати. Ретко се среќава во јасни призматични кристали.



Слика 48. Силеманит

Тврдина 6 до 7. Цепливост совршена во еден правец по должина. (010) Специфична тежина 3.2 до 3.3. Боја бела, жолто сива, сиво зелена до зеленкасто кафеава. Сјајност стаклеста до свилеста. Создаден регионално метаморфен до контактено метаморфен со високи температури кои делувале на глинести седименти богати со алуминиум. Застапен е во шкрилци и гнајсеви заедно со алмандин, биотит и кварц.

Сличен е со тремолитот и хризотилот од кои се разликува по тоа што има поголема тврдина од нив.

## Дистен $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

Дистенот во својот хемиски состав може да содржи примеси од железо и хром оксиди. Кристализира триклинично. Кристалите се издолжени во правец на  $c$  – оската и плочести по првиот пинакоид. Кристалите често се радијално зракасто поставени.

Тврдината кај дистенот на различни рамнини во различни правци се разликува и изнесува од 4 до 7. Сјајноста стаклеста до бисерна. Цепливост совршена во еден правец, во вториот правец нешто послаба. Специфична тежина од 3.3 до 3.7. Боја светло сина до темно сина (сл.49). Поради сината боја се нарекува уште и кијанит.

Настанок типично регионално метаморфен. Настанува во услови на високи притисоци и средни температури со преобразба на минерали на глина богати со алуминиум. Во карпите се појавува заедно со гранати, стауролит и други. Дистенот понекогаш може да се јавува и во пегматитските карпи. При распаѓањето преминува во серицит. Стабилен е на површинско



Слика 49. Дистен

распаѓање и затоа може да се среќава и во наноси. Во Македонија го има во околината на Прилеп кај с. Бонче и с. Алинци.

Кога е чист без примеси се користи во индустријата за огноотпорни материјали.

## Стауролит $\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Кристализира моноклинично (псевдо ромбично) во единечни или близни кристали. Единечните кристали се призма-



Близнење кај стауролит

тични и покажуваат псевдохексагонални особини. Близнењето е продорно под агол од приближно  $90^\circ$  или  $60^\circ$ . Близнетите призматски кристални единици се во форма на крст.

Тврдина од 7 до 7.5 Цепливост јасна во еден правец по (010).  
Кршливост нерамен до школкаст. Боја црвенкаста кафеава до црна,  
поретко жолтеникаво кафеава. Сјајност стаклеста до масна.  
Специфична тежина 3.7 до 3.8. Непровиден. Настанок регионално  
метаморфен, настанува со метаморфоза на глинести седименти кои  
содржат примеси на железо хидроксид.

Се среќава заедно со албит, биотит, гранати и силеманит во  
гнајсеви и шкрилци. Кристални индивидуи од стауролит има во  
метаморфните карпи во близина на Прилеп с. Бонче заедно со  
гранати, дистен и серицит. Се среќаваат и близни индивидуи во вид  
на крст од  $90^{\circ}$  и  $60^{\circ}$

#### *Вежба 22.*

##### *Цели:*

- ✓ *Одредување својства на дистен и стауролит;*
- ✓ *Споредување на својства на дистен и стауролит;*

##### *Потребни материјали:*

- *примероци од минерали (дистен и стауролит),*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примероци од минерали.*

*Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на дистен и стауролит прикажани во учебникот.*

*Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат кои примероци се дистен, а кои стауролит.*

*Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.*

*До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознаваат дистен и стауролит.*

*За дома: Внесете ги особините во Табела 3.3 во посебен ред за дистен, а посебен за стауролит. Најдобрите потенцирајте ги (внесете ги со друга боја, задебелете ги и сл.).*



## Група на гранати

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува својства на гранати;
- да препознава гранати;

Во групата на гранати спаѓаат повеќе меѓусебно сродни алумосиликатни минерали (пироп, алмандин, спесартин) и калциум силикатни минерали (уваровит, grosular, андрадит). Види сл. 50. Во алумосиликатната серија позната како пиралспити спаѓаат:

- **пироп**  $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;
- **алмандин**  $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;
- **спесартин**  $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;



Слика 50. Алмандин и пироп

Во калцитската силикатна серија позната како уграндити спаѓаат:

- **уваровит**  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;
- **гросулар**  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;
- **андрадит**  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ;



Слика 51. Гросулар и уваровит

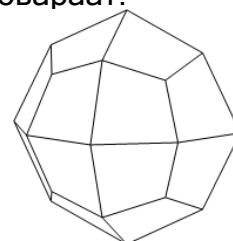


алмандин

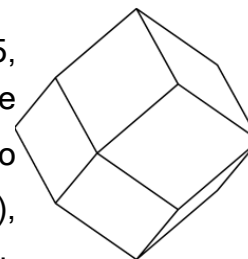
Во природата ретко се наоѓаат

чисти гранати, тие се измешани и носат име спрема оној тип на гранат на кој најмногу одговараат.

Кристализираат тесерално и се појавуваат во правилни кристални облици и тоа најчесто ромбодокеаедар и икоситетраедар, ретко хексаоктаедар. Гранатите се појавуваат и во зрнести агрегати.



икоситетраедар



ромбодокеаедар

Тврдината кај пиралспитите изнесува од 7 до 7,5, а кај уграндитите 6,5 до 7. Сјајност стаклеста. Бојата е многу променлива и зависи од составот: пироп (црвен до темно црвен), алмандин (црвен, кафеав до црн), спесартин (црвен), уваровит (зелен), grosular (безбоен, бел жолт, бледоцрвен, зелен или кафеав), андрадит (жолт, кафеав

до црн). Немаат цепливост, кршливост нерамна до школкаста.

Настануваат различно и тоа магматски, пегматитски, регионално и контактено метаморфни, а ретко пнеуматолитски до хидротермални. Ги има во околината на Прилеп, Кајмакчалан, Радушa и други. Гранатите се употребуваат како абразивен материјал и како полудраги камења.

### *Вежба 23.*

#### *Цели:*

- ✓ *Одредување својства на гранати;*

#### *Потребни материјали:*

- *примероци од гранати,*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примерок од гранат.*

*Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на гранатот и начинот на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на гранатот прикажани во учебникот.*

*Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.*

*До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознаваат гранатите.*

#### *За дома:*

*- Особините за макроскопско препознавање на гранати внесете ги во Табела 3.3 и најдобрите потенцирајте ги;*

*- скицирајте во блокчето облици на појавување на дистен и минерали од групата на гранати.*

Групата на незосиликати се доста распространети минерали и влегуваат во составот на голем број на метаморфни и магматски карпи. Во нашата татковина ги има во повеќе локалитети, обидете се со вашиот наставник да дознаете каде е констатирано нивно присуство, посетете ги тие локалитети и пронајдете некои од наведените минерали со што ќе ја збогатите вашата училишна минералозна збирка. Од гранатите се изработуваат украсни предмети. Најпознати се Чешките гранати.

## Индивидуална вежба за самооценување

### Вежба 24.

#### Цели:

✓ Оценување на способност за одредување својства и име на силикатни минерали;

#### Потребни материјали:

- примероци од силикатни минерали,
- плочки од стакло,
- бакарни и челични жици.
- пополнета Табела 3.3 со податоци за најдобри особини за препознавање на минералите

Учениците работат самостојно. Секој ученик добива примерок од минерал, потребен прибор за работа и ја има пред себе сопствената Табела 3.3 со податоци.

Фаза 1. Секој ученик самостојно на минерал примерок одредува физички својства и начин на појавување. Резултатите ги запишува во тетратката.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со податоците за минералите дадени во Табела 3.3 и соодветно го одредува името на минералот примерок.

Фаза 3. По одредувањето на името го повикува наставникот кој ја контролира точноста на податоци кој ги одредил ученик и точноста на име на минералот примерок што го одредувал ученикот. Податоците ги бележи во чек листа за секој ученик. По завршување на проверката ученикот добива нов примерок.

Фазата 1, 2 и 3 се повторуваат до крајот на часот.

При оценувањето во предвид се земаат: точноста на одредените својства и бројот на минерали примероци на кои ученикот точно одредил име за време од еден наставен час.

Табела 3.4 Критериуми за оценување

Резултат од учење	Не е доволно	Доволно	Добро	Многу добро	Одлично
Макроскопски одредува особини и име на минерал од групата на силикати	се обидува да одреди особини, често со грешки и тешко ги поврзува со име на минерал	одредил особини со мали грешки и ги поврзал со име на минерал, но главно грешно. Точни 1 до 2	одредил особини со мали грешки и точно одредил имиња на 3 до 5 минерали	точно одредил особини и точно одредил имиња на 5 до 7 минерали	точно одредил особини и точно одредил имиња на повеќе од 7 минерали

## ОКСИДИ, КАРБОНАТИ И СУЛФАТИ

### Оксиди

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*  
- да дефинира поим оксидни минерали;  
- да набројува минерали од групата на оксиди

После силикатите оксидите се најраспространети минерали во Земјината кора. Оксидите се минерали кој во својот состав содржат метал и кислород. Зависно дали содржат еден и имаат едноставен хемиски состав и кристална структура или се изградени од повеќе различни метали со сложена структура и хемиски состав, оксидите можат да се поделат на **прости** и **сложени**. Настанокот на оксидите е поврзан, главно, со земјината површина и нејзината непосредна длабина. Голем број од оксидните минерали градат металични наоѓалишта (куприт  $\text{Cu}_2\text{O}$ , цинкит  $\text{ZnO}$ , пиролузит  $\text{MnO}_2$ , хематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) итн. Со нив ќе се запознаеме кога ќе ја изучуваме темата за металични минерали.

Ако оксидните минерали се појавуваат во добро изразени кристални форми со убави бои и голема тврдина истите се користат во јувелирството за изработка на накит. Од оксидните минерали како најважени може да се издвојат кварц, калцедон и корунд.

### Кварц $\text{SiO}_2$

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*  
- да набројува најдобри особини за препознавање на кварц;  
- да препознава кварц;

Кристализира хексагонално. Се појавува во добро изразени кристални форми издолжени по с-оската, ограничени со призматски и пирамидални рамнини. Кристалите може да бидат со милиметарски до метарски големини. Карактеристично за кристалниот кварц е појавувањето во близнаци. Кога влегува во составот на карпестите маси се појавува во зрнести форми кај полиминералните карпи или како масивен во мономинералните карпи.

Тврдина 7, специфична тежина 2,65, цепливост многу слабо

изразена, сјајност стаклеста на рамни површини, а на нерамни површини масна, кршливост нерамна. Според бојата кај кварцот се разликуваат повеќе вариетети (различни видови на кварц):

- безбоен и провиден се вика **горски кристал**;
- виолетово обоен **аметист**;
- розово обоен **розов кварц**;
- сиво обоен **чадливец**;
- црно обоен **морион**;
- жолто обоен се вика **цитрин**;



Слика 52. Кристален кварц

Кварцот е еден од поважните петрогени минерали. Застапен е во магматските, седиментните и метаморфните карпи.

Сличен е со калцит од кого се разликува според поголемата тврдина. Помалата тврдина и цепливост кај фелдспатите се добри особини за да се направи разлика со кварцот. Најдобра особина за препознавање: тврдината 7 по Мосовата скала и начинот на појавување во издолжени кристални форми, ограничени со пирамидални и призматски рамнини. Види сл. 52.

Кај нас кварц во добро изразени кристални форми е појавува во Беровско во близина на с.Мачево, с.Митрашинци и с.Будинарци. Кристали на кварц со поголеми димензии пронајдени се и кај с.Алинци-Прилепско и во рудниците за олово и цинк Саса- Македонска Каменица и Злетово-Пробиштип.

#### **Задача 19.**

##### **Цели:**

- ✓ *Одредување на начин на појавување на кристален кварц;*

*Со помош на вашиот наставник пребарајте интернет страници со фотографии од минералот кварц!*

*Дискутирајте ги облиците во кои се појавува кристалниот кварц.*

*Скицирајте во вашето блокче, облик во кој според заклучокот од вашата дискусија најчесто се појавува кристалниот кварц!*

## Калцедон $\text{SiO}_2$

Калцедонот претставува вариетет на кварцот кој е изграден од ситни микрокристалести зрна на кварц. По хемиски состав е силициум диоксид со примеси на железо и алуминиум.



Слика 53. Калцедон

Тврдина 7. Специфична тежина 2.6.

Кршливост школкаста. Сјајност восочна, стаклеста или земјеста. Боја сива или различно обоен од примеси. Според бојата постојат повеќе вариетети на калцедон:

- црвенкастиот калцедон се нарекува **јаспис**;
- зеленкастиот вариетет се нарекува **хризопрас**;
- концентрично различно обоениот се нарекуваат **ахат**;



Слика 54. Варијетети на калцедон: а) јаспис б) ахат в) хризопрас

Настанува со излучување од ладни водени раствори (хидатогено) во близина на земјината површина во услови на релативно ниски температури и притисоци, а поретко со излучување од топли води.

Најдобра особина за распознавање се бојата, сјајноста и тврдината.

Ретки се минералите кои според особините би можеле да се помешаат со калцедонот. Се користи како полудраг украсен камен.

## Вежба 25.

### Цели:

- ✓ Одредување на својства на минерал;
- ✓ Издвојување на кварц од група на непознати минерали;

### Потребни материјали:

- примероци од минерали (кварц, калцедон, опал, калцит, гранати, гипс, калцит, пирит и др.),
- порцелански и стаклени плочки,
- бакарни и челични жици.

Учениците се делат во парови, секој пар добива прибор за работа и примероци од минерали.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да одреди тврдина на примерок од непознат минерал. Примероците се делат во две групи според тоа дали имаат иста тврдина со минералот кварц или не.

Наставникот ги проверува резултатите од работата на паровите и доколку има потреба ги корегира со соодветно образложение.

Фаза 2. За секој примерок кој припаѓа во групата на издвоени минерали со иста тврдина со кварц учениците се обидуваат со помош на наставникот да ги одредат и останатите особини и ги проверуваат со особините на кварц. Ако и останатите особини кои сте ги одредиле се поклопуваат со особините на кварц голема е веројатноста дека тој минерал е кварц. Ако постои разлика меѓу останатите особини на минералот примерок со особините на кварц, тогаш дефинитивно се работи за некој друг минерален вид.

**Напомена:** Ако само бојата се разликува, а другите особини се поклопуваат можно е да се работи за некој вариетет на кварц.

Фаза 3. До крајот на часот дискутирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознава кварцот.

### За дома:

-внесете ги особините за кварц и калцедон во Табела 3.3

Минералите на кварц многу често во карпестите маси се среќаваат заедно со минералите од групата на фелдспати. Споредете ги особините на кварц кои ги внесовте во Табела 3.3 и особините на фелдспатите прикажани во Табела 3.3. Одредете кои ќе бидат битни карактеристики за нивно разликување и истите напишете ги во вашите училишни тетратки.

## Корунд $Al_2O_3$

Хемискиот состав е алуминиум оксид. Може да содржи примеси кои различно го обојуваат. Различно обоените корунди се издвојуваат како посебни вариетети.

Тој кристализира хексагонално. Се појавува во правилни призматски, табличести, бочвести и пирамидални кристални форми. Големината на кристалите варира од ситнозрнести до крупни со тежина до неколку килограми.



Слика 55. Рубин



Слика 56. Накит од Прилепски рубин

Тврдина 9. Специфична тежина 3.9 – 4.1. Цепливост нема, кршливост нерамна до школкаста. Сјајност - стаклеста. Провиден до матен. Безбоен, син, црвен, жолт, виолетов, сив. Од примеси на хром добива црвена боја, а од примеси на титан сина. Провиден корунд со крваво црвена боја се вика рубин и е еден од најценетите минерали. Прикажано на слика 56.

Корундот има и други драгоценни вариетети од кои ќе го издвоиме сафир (син корунд) кој многу е ценет на пазарот.



Слика 57. Кристални форми на корунд

Има настанок магматски или пегматитски под услов растопот да е многу богат со алуминиум. Контактено метасоматски, на контакт на интрузив со варовничка карпа. Регионално метаморфен со преобразба на седименти, богати со алуминиум.



На површински услови е стабилен и може да се среќава во наноси.

Најдобра особина за препознавање е големата тврдина и специфична тежина.

Сличен е со калискиот фелдспат, но корундот спаѓа во тешки минерали и има далеку поголема тврдина. Кристали од корунд (рубин) со изразито убави бои на циклама кој е доста баран од колекционерите на минерали се констатирани во близината на Прилеп.



Слика 58. Прилепски рубин

Кристали од кварц со метарски димензии пронајдени се во Бразил. Голем број од минерали во групата на оксиди се користат како драгоцен и полудрагоцен камења. Ако сакаш повеќе да дознаеш за тоа постојат голем број на податоци на интернет. Пребарај и наредниот наставен час дискутирајте со предметниот наставник за она што го откривте.

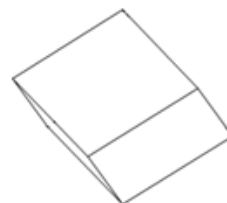
1. Во која група на минерали припаѓа кварц?
2. Наброј ги најдобрите особини за распознавање на кварц?
3. Објасни ја разликата во хемискиот состав меѓу кварц и калцедон!
4. Кои се вариетети на кварц, а кои на калцедон?
5. Како се вика црвениот, а како синиот корунд!
6. Кои особини се важни за некој минерал да се вброи во полудраг или драгоцен камен?
7. Наброј некои драгоцен камења!

## Карбонати

На крајот од наставниот час ученикот треба:

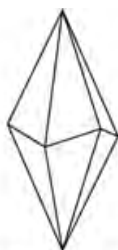
- да набројува карбонатни минерали;
- да препознава карбонатни минерали според неговите особини;

Карбонатите се соли на јаглеродната киселина. Во својот состав содржат еден или повеќе металични елементи и карбонатна група. Во природата се доста распространети.



Форма на ромбоедар

Еден член од оваа група на минерали, калцит гради мономинерални седиментни карпи (варовници) кои



Ромбоедарска форма на карбонати

покриваат широки и долги пространства од земјината кора. Карбонатите се кршливи минерали, посебно по рамнините на цепливост, при што се издвојуваат во карактеристични ромбоедарски форми. Многу од нив се безбојни и проѕрачни, но може да бидат и различно обоени.

Најважни се карбонатите на Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, Zn, Pb. Кристализираат ромбично или ромбоедарски. Според начинот на кристализација поделени се на две групи.

Во ромбоедарски карбонати спаѓаат:

- калцит  $\text{CaCO}_3$
- магнезит  $\text{MgCO}_3$
- родохрозит  $\text{MnCO}_3$
- сидерит  $\text{FeCO}_3$
- смитсонит  $\text{ZnCO}_3$

Кај карбонатните минерали постои можност за замена на еден металичен елемент со друг односно формирање на изоморфни смеси. Овие замени можат да бидат потполни или непотполни. Пример: калцитот и родохрозитот можат во потполност да



Слика 59. Калцит

се заменуваат, додека изоморфизмот меѓу калцитот и магнезитот е ограничен. Овие минерали можат да се мешаат само во однос 1:1 при што настанува нов минерал доломит  $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$  или  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

Калцитот, доломитот и магнезитот спаѓаат во петрогени минерали, влегуваат во составот на различни карпи, а градат и мономинерални карпи како што се: варовници, мермери и доломити.

Во ромбични карбонати спаѓаат:

- арагонит  $\text{CaCO}_3$
- стронцијанит  $\text{SrCO}_3$
- витерит  $\text{BaCO}_3$
- церузит  $\text{PbCO}_3$

Како неметални минерали од оваа група кои влегуваат во петролошкиот состав на карпите се арагонит, стронцијанит и витерит. Сите ромбични карбонатни минерали покажуваат слични физички особини.

## Ромбодарски карбонати

### Калцит $\text{CaCO}_3$

По хемиски состав е калциум карбонат. Дел од калциумот може да биде заменат со манган. Кристализира во ромбодарска хемиедрија



Слика 60. Калцит во доломитски мермер

често во убави кристални форми. Кај калцитот можно е близнење. Освен во кристали, калцитот често се сретнува во зрнести агрегати, топчести и столбчести творби (сталагмити и сталактити). Калцитот се појавува во повеќе од 200 различни форми. Тврдина 3. Специфична тежина 2.7. Сјајност стаклеста. Провиден

до матен. Чист и безбоен вариетет се вика исландски калцит. Обично е бел (сл. 60) или различно обоен: сивкаст, жолт, црвенкаст итн.

Настанува хидатогено или хидротермално. Се лачи од водени раствори во кои е присутен лесно растворлив калциум хидроген карбонат доколку дојде до ослободување на јаглеродниот диоксид од водата или пад на температурата на растворот. Во одредени услови може да има и магматски настанок.

Се излучува од магми, богати со јаглерод диоксид и вода.



Слика 61. Калцит

Секундарно, со распаѓање на минерали богати со калциум (плагиоклас, амфиболи, пироксени и др.). Калцитот е релативно лесно растворлив под дејство на атмосферските влијанија.

Претставува најраспространет карбонатен минерал во природата. Најмногу е застапен во мермерите, варовниците, лапорците, а се јавува и како самостоен минерал во рудните жици.

Според бојата и сјајноста сличен е со фелдспатот кој има поголема тврдина и гипсот кој е со помала тврдина.

Најдобра особина за препознавање: совршената цепливост и тврдината.

### **Магнезит $MgCO_3$**

Според хемиски состав е магнезиум карбонат. Обично хемиски е доста чист. Ретко содржи мали количества на изоморфно примешан калциум, манганили железо. Ретко се јавува во убави кристали. Обично се развива во крупно зрнести до скриено кристалести агрегати.



Слика 62. Магнезит

Тврдина 4 до 4,5. Боја бела, жолтеникава, сивкаст. Кршливост школкаста. Сјајност земјеста.

Настанок хидротермално или хидатогено.

Најдобра особина за препознавање: земјеста сјајност, бела боја и школкаста кршливост.

Сличен со калцит и доломит кој имаат помала тврдина.

### **Доломит** $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

Претставува двојна сол на калциум и магнезиум.

Кристализира слично на калцитот, кристалите се чести и истите се седлесто искривени. Се појавува во зрнести агрегати често и во компактни маси.

Тврдина 3.5 до 4. Специфична тежина 2.8 до 2.9. Боја бела, жолта или безбоен. Сјајност стаклеста, бисерна. Цепливост совршена во три правци.

Настанува на повеќе начини. Метасоматски со дејство на раствори богати со магнезиум врз калциум карбонатни карпи. Хидатогено со излучување во морски и езерски средини. Хидротермално поврзан со рудни минерали. Прикажано на слика 63.



Слика 63. Доломит

Најдобра особина за препознавање седлеста искривеност и бисерна сјајност.

Сличен е со калцитот, но се разликуваат по сјајноста и начинот на кристализација.

Се појавува со баритот и флуоритот во доломитски карпи; со калцит во доломитски мермери; калцит, сидерит и родохрозит во хидротермално изменети карпи.

## Ромбични карбонати

### Арагонит $\text{CaCO}_3$

По хемиски состав е калциум карбонат. Во својот состав содржи мали количества на стронциум, олово или цинк.

Арагонитот е полиморфна

модификација<sup>2</sup> Со калцитот има ист хемиски состав но се разликуваат по внатрешната градба и надворешниот изглед. Кристализира ромбично, често во кратки или издолжени призматични кристали. Самостојни кристални индивидуи се ретки. Кристалите се појавуваат најчесто во близнаци. Тврдина 3.5 до 4. Специфична тежина 2.9 до 3. Цепливост совршена во два правци. Боја бела, жолта, сива, виолетова, кафеава. Сјајност стаклеста.

Настанува на ниски температури под  $100^{\circ}\text{C}$  со излучување од раствори богати со калциум карбонат.

Сличен со калцитот од кој макроскопски тешко се разликува. Најдобра особина за препознавање е појавата во близни кристали и совршената призматска цепливост.

Се појавува заедно со гипс и калцит во хемиски седиментни карпи; со азурит, халкопирит и куприт во хидротермални лежишта.



Слика 64. Кристални форми на арагонит.

*Задача 20.*

*Цели:*

*Одредување на начин на појавување на карбонатни минерали.*

*Со помош на вашиот наставник пребарајте интернет страници со фотографии од калцит, доломит, арагонит!*

*Дискутирајте ги облиците во кои се појавуваат.*

*Скицирајте во вашето блокче облици во кој најчесто се појавуваат карбонатните минерали!*

<sup>2</sup> **Полиморфизам** се јавува кога една супстанца со ист хемиски состав во различни услови кристализира во различни кристалографски системи или во иста система но со различни параметарски односи. Пример калцит  $\text{CaCO}_3$  – кристализира ромбодарски арагонит  $\text{CaCO}_3$  – кристализира ромбично.

**Задача 21.**

**Цели:**

✓ *Констатирање разлики во својства кај карбонатни минерали; Прецртај ја Табела 3.5 и внеси ги податоци за својствата на наведените карбонатни минерали.*

*Податоците ги барате во учебникот или на интернет.*

*Со помош на наставникот споредете ги својствата на минералите од групата на карбонати (калцит, магнезит, доломит и арагонит) и обидете се да ги издвоите битните карактеристики по кои меѓусебно се разликуваат.*

**Табела 3.5** Својства на карбонатни минерали.

Својства на минерали	Група на минерали			
	калцит	магнезит	доломит	арAGONит
начин на појавување				
тврдина				
цепливост				
кршливост				
сјајност				
боја				
специфична тежина				
останати карактеристики и особини				

Карбонатните минерали градат мономинерални карпи од кои најзастапени на површината и блиску до површината се: варовници и бигор. Огромни пространства на површината на Земјата се покриени со карбонатни карпи. Овие карпи под дејство на водата и јаглеродниот диоксид од воздухот лесно се раствараат при што во внатрешноста на Земјата се создаваат големи празни простори (варовнички пештери) украсени со егзотични појави на сталагмити и сталактити, Ако сакаш повеќе да дознаеш за тоа постојат голем број на податоци на интернет. Пребарај и наредниот наставен час дискутирајте со предметниот наставник за она што го откријте.

## Сульфати

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува минерали кои спаѓаат во групата на сульфати;
- да препознава сулфатни минерали според неговите особини;

Сульфатите се соли на сулфурната киселина ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Во природата се помалку застапени од карбонатите, иако се претставени со голем број на минерални видови.

Според хемискиот состав можат да бидат изградени од еден метален катјон и киселински остаток (англезит  $\text{PbSO}_4$ ), потоа од повеќе метали киселински остаток и вода [полихалит  $\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ], или од еден метален катјон киселински остаток и вода. Пример: гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Во најголем број сулфатните минерали се безбојни или бели, провидни до прозрачни и со мала тврдина. Растворливи се во вода, но има и такви (на пр. калциски сулфат) кои тешко се раствораат, некои (сулфати на бариум, стронциум и олово) кои се скоро сосема нерастворливи.

Во однос на настанокот можеме да разликуваме:

-хидатогени сулфати кои се таложат во солени морски и езерски средини;

-хидротермални сулфати кои се појавуваат, главно, во рудни жици.

Поважни петрогени минерали од групата на сулфиди се: гипс, анхидрит и барит.

### Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Хемискиот состав на гипсот е калциум сулфат со две молекули на вода. Главно е чист, понекогаш може да има механички вклопено глиновита супстанца, органски материјал и други.



Слика 65. Гипс



Кристализира моноклинично во добро развиени кристали обично ограничени со пинакоидални, призматски и пинакоидални рамнини. Близнење на два начини по пинакоид (100) кога настанува карактеристично близнење во вид на ластовичина опашка или поретко по (101) кога настануваат близнаци во форма на копје.



Слика 66. Гипс алабастер

При масивно појавување гипсот е зрнест или влакнест. Ситнозрнест вариетет со убави, бои се вика [алабастер](#). Види слика 66.

Тврдина 1.5 до 2. Специфична тежина 2.3 до 2.4. Цепливост совршена во еден правец (010), јасна во останатите два правци. Сјајноста бисерна по рамнината на цепливост, стаклеста на останатите рамнини. Влакнестите вариетети покажуваат свилеста цепливост. Провиден и прозрачен, може да биде и заматен. Безбоен и бел, ретко од примеси може да е жолто или сиво обоен. Пластичен лесно се деформира со трајни деформации.

Настанок со таложење од морска вода заедно со халит (готварска сол) и анхидрит.

Настанува и со дејство на сулфурна киселина врз карбонатни карпи. Најдобри особини за препознавање: малата тврдина. Сличен со кварц, мусковит и калцит од кој е помек и има поинакви



Слика 67. Гипс

форми на појавување. Се појавува заедно со доломит и барит во хидротермални лежишта. Кај нас гипс во убави кристали провиден и прозрачен застапен е кај Дебар (сл. 67).

## Анхидрит $\text{CaSO}_4$

Анхидрит е калциум сулфат без вода. Како примеси може да содржи мало количество на стронциум.



Слика 68. Анхидрит

Кристализира ромбично. Кристалите од анхидрит се ретки сл.68, обично на нив се развиени трите пинакоидални рамнини. Почесто се појавува во зрнести, влакнести и масивни агрегати.

Тврдина 3 до 3.5. Специфична тежина 2.9 до 3. Провиден до прозрачен може да биде и заматен. Цепливост - совршена по базниот пинакоид (001), нешто послаба по (010) и јасна по (100). Сјајност - бисерна по (001), стаклеста по (010) и масна (100). Безбоен, бел до синкаст. Види сл. 69.



Слика 69. Анхидрит

Настанок - хидатогено ретко и хидротермално.

Најдобра особина за негово препознавање е цепливоста. Цепливоста под агол од  $90^\circ$  е добра особина за да се разликува од калцитот, а од гипсот има поголема тврдина.

Се појавува заедно со гипс и халит во лежишта на соли, а со барит и гипс во карбонатитски карпи.



Слика 70. Барит

## Барит $\text{BaSO}_4$

По хемиски состав е бариум сулфат. Голем дел од бариумот може да биде заменет со стронциум, олово или калциум. Кристализира ромбично во плочести индивидуи.

Најчесто се појавува во зрнести агрегати и неправилни маси. Барит е прикажан на слика 70.

Тврдина 3 до 3.5. Специфична тежина 4.3 до 4.6 и спаѓа во тешки минерали. Цепливост совршена во еден правец. Сјајност стаклеста. Провиден до прозрачен или непровиден. Безбоен, бел или различно обоен: сив, црн, црвен, жолт, кафеав, син.

Настанок хидротермален или хидатоген. Хидротермалниот



барит е поврзан со лежиштата на обоени метали. Се појавуваат во баритски жици каде баритот се јавува во крупни убави кристали. Хидатогениот барит е поврзан со лагуните (плитки делови од морето одделени од отвореното море со гребен). Хидатогениот барит е ситнозрнест со сива до црна боја. Барит може да се пронајде и во песочници и други седиментни карпи (пустинска роза).

Слика 71. Кристален барит

Најдобра особина за препознавање на баритот е

големата специфична тежина.

Од калцитот и флуоритот се разликува по специфичната тежина и цепливоста. Од фелдспатите тој има помала тврдина.

Се појавува заедно со анхидрит, апатит, и калцит во карбонатите; со кварц, калцит и флуорит во епитемпературни и мезотермални жици.

Убави кристали од барит во Македонија се пронајдени во рудниците на олово и цинк Злетово - Пробиштип. (Сл. 71).

## Вежба 26.

### Цели:

- ✓ Одредување својства на барит и гипс;
- ✓ Споредување на својства на барит и гипс со калцит;

### Потребни материјали:

- примероци од барит, гипс и калцит
- плочки од стакло
- бакарни и челични жици

Учениците се делат во парови, секој пар добива по еден примерок од барит, гипс и калцит, како и потребен прибор за работа.

**Напомена:** Учениците се остават самостојно да увидат дека покрај барит и гипс во примероците за одредување има и трет минерал (калцит) со многу слични особини со барит и гипс.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на барит и гипс прикажани во учебникот.

Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат кои примероци се барит, а кои гипс. Повештите ученици ќе забележат дека одредени својства од примерок минерал не одговараат на барит и гипс.

Фаза 4. Наставникот образложува дека тие минерални примероци се од минерал калцит кој од гипсот се разликува со поголемата тврдина, а од баритот со помалата специфична тежина.

До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кои се препознаваат барит, гипс и калцит!

### За дома:

-внесете ги особините за барит, гипс и калцит во Табела 3.3

-скицирајте во блокчето облици на појавување на калцит, гипс и барит.

Во рудниците поврзани со Кратовско-Злетовска и Коселско- Дебарската вулканска област застапени се голем број на сулфатни и сулфидни минерали. Пронајди податоци за овие рудници и дознај повеќе за минералните парагенези кои се поврзани со нив.

1. Во која група на минерали спаѓаат калцит и арагонит?
2. Наброј ги минералите од групата на сулфати!
3. Каков настанок имаат минералите од групата на карбонати?
4. Која е примена на гипсот во стопанството?
5. Кои се најдобри особини за препознавање на барит?

## Минерали елементи

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да опишува особини на минерали елементи;
- да препознава минерали елементи според нивните особини;

### Графит С

Хемискиот состав на графитот е самороден јаглерод, но често има вклопено минерали на глина или оксиди на железо.



Кристализира хексагонално. Секогаш се појавува во кристали. Тие се табличести со хексагонални контури. Почесто се појавува во лушпести агрегати или во густе земјести маси. Тврдина 1-2. Специфична тежина 1.9 до 2.3. При допир масен и ги валка прстите. Боја на огреб сива до црна. Сјајност - метална со висок сјај до земјеста. Цепливост совршена по база.

Графитот настанува со метаморфизам на јаглеродни седименти длабоко во земјината внатрешност.

Најдобра особина за препознавање е малата тврдина и црната боја.

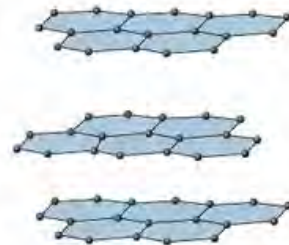
Често може да се помеша со молибден кој е специфично потешок.

Се појавува заедно со кварц и мусковит во регионално метаморфни шкрилци и мермери.

По хемиски состав чист јаглерод е и дијамантот, но поради разликата во начинот на уредување на кристалната решетка покажува потполно различни својства.



структура на дијамант



структура на графит

Кристализира тесерално, боја бела или различна: жолта, црвена, зелена, кафеава. Тврдина 10. Специфична тежина 3.5. Цепливост совршена во четири правци.



дијамант

Настанува со кристализација од растоп на многу високи температури и притисоци.

Со сечење и полирање на дијамантот се добива брилијант кој се користи како украс. Полирањето се изведува со дијамантска прашина. Дознај повеќе за најтврдиот минерал во природата, пребарувајќи интернет страници за драгоцен минерали.

## Сулфур S

По хемиски состав е самороден сулфур, понекогаш содржи мали количества на глиновити или органски материјали, или пак селен, телур и други примеси.



Слика 72. Сулфур

Кристализира ромбично во бипирамидални или табличести кристали. Најчесто се сретнува во зрнести или влакнести агрегати или во бубрежести, гроздести и земјести маси. Прикажано на Слика 72.

Тврдина 1.5 до 2.5. Специфична тежина 2 до 2.1. Цепливост слабо изразена во два правци. Кршливост - нерамна до школкаста. Сјајноста на рамнините на цепливост дијамантска, а на кршливоста восочна до масна. Боја - восочно жолта, медена жолта, од примеси сива до кафеава.

Настанок вулканоген во околината на сулфатарите и геотермалните извори (сл. 72.) каде настанува со оксидација на сулфур водородот. Често се среќава во подлабоките делови на оксидационата зона на сулфидни лежишта, каде се ослободува при оксидација на сулфидните минерали.



Слика 73. Сулфур

Најдобра особина за препознавање е восочно жолтата боја и

малата тврдина. Сулфурот е минерал кој според своите особини лесно се препознава и многу тешко при препознавањето може да се замени со сличен минерал.

Се среќава заедно со минерали на жива и антимон во вулкански карпи; со гипс, анхидрит во контактено метасоматски и седиментни лежишта. Сулфур кај нас пронајден е во Кратовско-Злетовската и во Охридска-Коселската вулканска област.

### *Вежба 27.*

#### *Цели:*

- ✓ Оценување на својства на графит и сулфур;*

#### *Потребни материјали:*

- примероци од графит и сулфур,*
- плочки од стакло,*
- бакарни и челични жици,*
- порцелански плочки.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива примероци од минерали и потребен прибор за работа.*

*Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува со помош на наставникот да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на графит и сулфур прикажани во учебникот.*

*Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката сеиздвојуваат кои примероци се графит, а кои сулфур.*

*Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.*

*До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознава графит, а по кои сулфур.*

*Внесете ги особините за макроскопско препознавање на графит и сулфур во Табела 3.3. Најдобрите особини потенцирајте ги!*

*Искористете ја Вежба 25 и Табела 3.4 за самооценување на постигањата на учениците за модуларна единица „Петрогени минерали“. Како минерален примерок за одредување на особини и име при оценувањето може да биде земен секој минерал опишан во Табела 3.3*

## Модуларна единица 4: МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛИ

По реализација на теоретските часови и вежбите од модуларната единица „Металични минерали“ ученикот ќе биде способен да:

- Дефинира поим металични минерали
- Поврзува својства (тврдина, цепливост, кршливост, боја, боја на огреб, сјајност и специфична тежина) со металичен минерал
- Црта форми на минерали,
- Опишува начин на настанок на металичен минерал,
- Набројува најдобри особини на металичен минерал за разликување од слични минерали и
- Одредува и поврзува особини со име на непознат металичен минерал



## МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛИ

Човекот металите ги користи уште од дамнешни времиња. Важност на металите за човекот доволно ќе ја објасниме само ако кажеме дека и временските епохи во развојот на човечкото општество се поделени зависно кои метали се користеле во тоа време (бронзена епоха, железна епоха итн.). Денес животот на човекот не би можел да се замисли без метали. Потребите и примената на металите од ден на ден се зголемуваат како количински така и по разноврсност. Некои метали кои до скоро не беа познати денес наоѓаат голема и разноврсна примена. Металични минерали се оние кои градат лежишта на металични минерални сировини, од кои економски оправдано со металуршка постапка се добива метал.

### *Минерали на црни метали*

#### **Минерали на железо**

*На крајот од наставниот час ученикот треба:*

- да набројува минерали кои градат лежишта на железо;*
- да препознава поважни минерали на железо;*

Железото влегува во составот на голем број на минерали во природата, но мал е бројот на оние минерали кои градат руди на железо, односно минерали со чија металуршка преработка се добива метал железо. Рудните минерали на железо се јавуваат најчесто како оксиди, карбонати, сулфиди или силикати. Од минералите на железо најголемо економско значење имаат:

- |            |   |
|------------|---|
| - хематит  | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                           |
| - макхемит | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                           |
| - магнетит | $\text{FeO} \times \text{Fe}_2\text{O}_3$         |
| - лимонит  | $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ |

- сидерит	$\text{FeCO}_3$
- шамозит	Fe-силикати со сложен хемиски состав
- турингит	Fe- силикати со сложен хемиски состав
- пирит	$\text{FeS}_2$
- пиротин	$\text{FeS}_2$
- марказит	$\text{FeS}_2$

### Хематит $\text{Fe}_2\text{O}_3$

По хемиски состав е железо триоксид.

Кристализира хексагонално во дебели до тенки плочести кристали. Често се појавува како зрнест, листест,лушпест, радијално влакнест, бубрежест, а понекогаш и земјест. Тврдина 5 до 6. Специфична тежина 4,9 до 5,3. Цепливост нема. Кршливост школкаста до нерамна. Сјајност променлива во зависност од примесите кои ги содржи и начинот на појавување. Кристалниот хематит покажува метална сјајност, додека земјестиот хематит е без сјајност. Боја црвена, црвенкаста кафеава до црна. Боја на огребот темно црвена, кафеавкасто црвена. Слабо магнетичен.



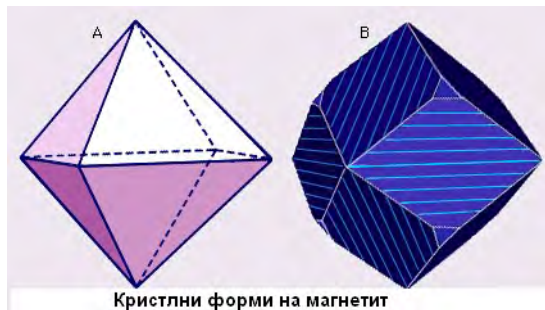
Слика 74. Начин на појавување на хематит: лушпест, бубрежаст и кристален

Настанува магматски, метаморфно, вулканогено седиментно и хидротермално. Најдобра особина за препознавање на минералот е црвената боја на огребот.

Од магнетитот се разликува по слабата магнетичност, а од лимонитот, рутилот и илменитот по темно црвената боја на огреб.

Тој се појавува заедно со: биотит, албит и барит во карбонатитите; со диопсид и епидот во контактнo метаморфни и регионално метаморфните карпи; со кварц и сидерит во мезотермални до епитермални жици; со флуорит, калцит и барит во скарновски лежишта.

### Магнетит $\text{FeO} \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ или $\text{Fe}_3\text{O}_4$



По хемиски состав е железо два и железо триоксид понекогаш содржи мали количества на манган, никел, хром или титан.

Кристализира тесерално често во октаедри, поретко во ромбододекаедри и хексаедри. Најчесто се јавува во зрнести, лушпести и големи маси. Тврдина 5,5 до 6,5. Специфична тежина 4,9 до 5,2. Јако магнетичен. Непровиден. Цепливост нема. Кршливост школкаста. Сјајност метална до полуметална. Боја железно црна. Боја на огребот црна.

Настанува магматски, вулканогено седиментно, седиментно и метаморфно.

Најдобри особини за препознавање на минералот магнетит е појавувањето на триаголни рамнини, како причина на неговата кристализација во октаедри, црната боја и боја на огреб како и својството на магнетичност. Магнетит е прикажана на слика 75.



Слика 75. Кристален магнетит

Од хромит и франклинит се разликува по јаката магнетичност, а од илменитот по црната боја на огребот.

Се појавува со хеденбергит и андрадит во контактено метаморфни карпи; со алмандин, андрадит и талк во талкни шкрилци; со калцит андрадит и хлорит во скарнови; со барит и флуорит во хидротермални лежишта. Се појавува во минералниот состав на многу магматски карпи: диорит, габро, монзонити, нефелин сијанити.



Слика 76. Кристален магнетит во форма на октаедри

Застапен е и во многу видови на метаморфни и седиментни карпи.

### Лимонит $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$

По хемиски состав е хидроксид на железо. Лимонитот не претставува вистински минерал, туку е изграден од повеќе прости хидратисани оксиди на железо. По голем дел од лимонитот е изграден од гетит. Се појавува како аморфен. Може да се појавува во лажни форми на сулфидни железни минерали кои се распаднале до хидроксиди, но ја задржале формата. Пример: пирит во форма на коцки под дејство на агенси се распаднал до лимонит, но ја задржал својата хексаедарска надворешна форма. Најчесто се појавува во масивни, бубрежести, влакнести, гроздести агрегати (сл.77).



Слика 77. Начин на појавување на лимонит: бубрежест, земјест и кристален

Тврдина од 4 до 4,5. Специфичната тежина варира од 2,9 до 4,3. Цепливост нема. Сјајност земјеста. Боја жолта, портокалова, црвено кафеавкаста, кафеавкасто црна. Боја на огребот жолта, кафеавкасто жолта.

Настанува со распаѓање на сулфидните, оксидните, карбонатните и силикатните минерали на железо. На сл. 77 прикажан е лимонит кој е настанат со распаѓање на пирит  $\text{FeS}_2$ .

Најдобра особина за распознавање: недостаток на кристални форми, недостаток на цепливост и бојата на огреб.

Доста распространет на земјината површина и се појавува заедно со долга листа на минерали, особено во секундарни минерални лежишта.

### Сидерит $\text{FeCO}_3$

По хемиски состав е калциум карбонат на железо, а понекогаш содржи манган, цинк или кобалт.

Кристализира хексагонално ограничен со ромбоедарски рамнини. Обично е зрнест, се јавува во ситни и крупни зрнести агрегати, а поретко во бубрежести и куглести маси познати како [сверосидерит](#).



Слика 78. Жолта боја на огреб на сидерит

Тврдина 3,5 до 4. Специфичната тежина 3,8 до 3,9. Цепливост совршена во три правци. Боја светло до темно кафеава, црвенкаста кафеава или бела. Боја на огребот бела или бледо жолта (сл.78). Сјајност стаклеста, бисерна, земјеста.

Настанок хидротермален на ниски до средни температури.

Најдобра особина за препознавање е кафеавкастата боја и совршената цепливост во три правци.

Се појавува заедно со барит и халкопирит во карбонатитите; калцит, родохрозит и галенит во хидротермални жици; со галенит, пирит, и свалерит во хидротермалните полиметалични лежишта.



сидерит

Кај нас сидерит е констатиран во олово-цинкови лежишта.

### Шамозит и турингит

Претставуваат железо силикати со примеси на алуминиум и магнезиум и со многу сложен хемиски состав.



Слика 79. Турингит

Кристализираат моноклинично ретко во кристални форми. Шамозитот се јавува во големи оолитски маси со зеленкава сива до зеленкава црна, а турингитот во ситно лушпести и ситнозрнести маси со жолто зелена до темнозелена боја.

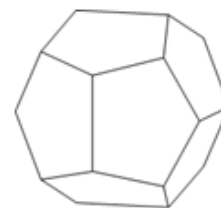
Настануваат вулканогено седиментно.

Оруднување со шамозитско, турингитска руда на железо констатирано е Демир Хисарско, Кичевско и Гостиварско.

### Пирит $\text{FeS}_2$

По хемиски состав е сулфид на железо.

Кристализира тесерално во убави кристали. Од кристалните форми во кои се појавува најчести се хексаедрите и пентагон додекедрите. Често се јавува и во зрнести, топчести, бубрежести и дендритични агрегати.



Пентагон додекаедар

Тврдина 6,5 до 6,7 Специфична тежина 4,9 до 5,2. Цепливост нема, често олуцестата избразденост на површината може да се помеша со цепливост. Кршливост нерамна. Сјајност метална. Боја месингано жолта до златножолта. Боја на огребот зеленкасто црна.

Настанок: ендеген.

Најдобра особина за препознавање на пиритот е месингано жолтата боја боја (сл. 80) и големата тврдина. Сличен е со халкопирит кој е со помала тврдина и зеленикаво жолта. Се појавува заедно со голем број на



Слика 80. Пирит

различни минерали во скарновски, хидротермални, пегматитски, карбонатитски, метаморфни и седиментни лежишта.

Во Македонија убави кристали се пронајдени во рудниците за олово и цинк „Саса“ - Македонска Каменица и „Злетово“ - с. Добрево.

### Марказит $\text{FeS}_2$

По хемиски состав е сулфид на железо. Кристализира ромбично. Се појавува во плочести, остри призматични форми. Често во масивен, игличест и бубрежест облик. Боја жолта до жолто-зелена. Боја на огребот зеленкаста до кафеавкасто црна.



Слика 81. Пирит

### Пиротин $\text{FeS}_2$

Високо температурен сулфид на железо.

Кристализира хексагонално. Ретко се појавува во самостојни кристали. Кристалните агрегати најчесто се листести или масивни. Кристален пиротин е прикажан на слика 82.



Слика 82. Пиротин

Боја: темно жолта до кафеава. Тврдина 4. Магнетичен минерал. Се појавува во базичните карпи заедно со петландит и халкопирит.

## Вежба 28.

### Цели:

- ✓ Разликување на металични минерали од петрогени минерали;
- ✓ Препознавање на минерали на железо; Потребни материјали:
  - примероци од металични и петрогени минерали (магнетит, хематит, пирит, гипс, калцит, графит и др.)
    - плочки од стакло,
    - порцелански плочки,
    - бакарни и челични жици,
    - еталонски минерали.

Фаза 1. За секој минерален примерок се спроведуваат трите чекори.  
Чекор 1. Се разгледува сјајноста на минерален примерок.

**Напомена:** Металичните минерали скоро секогаш покажуваат метална сјајност додека кај петрогените најчесто е стаклеста, дијамантска, бисерна, масна, смолеста, свилеста и т.н.

Чекор 2. Неполираниот дел од порцеланската плоча ќе пробаме да го загребеме со минералниот примерок.

**Напомена:** Металичните минерали скоро секогаш оставаат трага од ситна прашина во одредена боја, што ретко се случува со петрогените минерали.

Чекор 3. Се споредува специфична тежина на металичен примерок од минерал со специфична тежина на примерок од петроген минерал.

**Напомена:** Металичните минерали скоро секогаш покажуваа поголема специфична тежина од петрогените минерали.

По спроведувањето на трите чекори за даден минерал со голема сигурност можеме да се суди за неговата припадност во металични или во петрогени минерали.

**Напомена:** Постојат и отстапувања:

-Металични минерали имаат дијамантски сјај, Пр. свалерит и др.

-Металични минерали имаат помала специфична тежина од петрогени, Пр. аурипигмент минерал на арсен има сп. т. 3,5 додека фајалит минерал од групата на оливин има сп. т. 4,39

-Графитот има црна боја на огреб, а спаѓа во петрогени минерали.

Фаза 2. Кај минералите кои ги издвоивте како металични одредете ги останатите особини и споредете ги со особините на минерали на железо даден во учебникот. Одредете дали некој припаѓа во оваа група и доколку припаѓа за кој минерал се работи.

Дебатирајте за најдобрите особини за макроскопско препознавање на магнетит, хематит и пирит и истите напишете ги во вашите тетратки!

**За дома:** На лист хамер А3 формат креирајте Табела 4.1 со 8 колонии 20 реда и внесете ги особини по кој се препознаваат: магнетит, хематит и пирит. Најдобрите потенцирајте ги.

Табела 4.1. Својства за макроскопско препознавање на металични минерали.

име	начин на појавување	тврдина	сјај	цепливост, кршливост	боја	боја на огреб	остан. особини



## Минерали на хром

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на хром;
- да препознава хромит;

Хромот е елемент кој се јавува во мал број на минерали кои градат лежишта. Како поважни се:

- хромит  $\text{FeCrO}_4$
- крокоит  $\text{PbCrO}_4$

### Хромит $\text{FeCrO}_4$

По хемиски состав е железо хромит.

Кристализира тесерално во октаедри. Во кристали ретко се јавува, почесто се сретнува во зрна или како масивен.

Тврдина 5.5. Специфична тежина 4.3 до 5. Сјајност полуметална



Слика 83. Хромит

до метална. Цепливост нема. Кршливост школкаста до нерамна. Боја кафеавкасто црна до зеленкасто црна. Боја на огребот темно кафеава.

Претставува типично магматски минерал. Се издвојува со кристализациона диференцијација од базични и ултрабазични магми кои се сиромашни со сулфур. Хромит поретко се појавува во пегматити и наноси.

Најдобра особина за препознавање на минералот е темно кафеавата боја на огреб.

При идентификацијата може да се замени со магнетит кој покажува јаки магнетни својства, кои кај хромитот истите се слабо изразени.

Се појавува заедно со уваровит, спесартин, хлорит и оливин во перидотитските карпи. Хромитските лежишта се значајни за

добивање на хром. Хромитско лежиште поврзано со перидотитски карпи кај нас е лежиштето Радуша во близина на Скопје.

### **Крокоит $PbCrO_4$**

По хемиски состав е олово хромит.

Кристализира моноклинично, во издолжени призматични кристали. Истите се изразито долги и поединечно издвоени, но се јавува и во дезорганизирани групи од мали призматични кристали.

Тврдина 2.5 до 3. Специфична тежина 5.9 до 6.1. Сјајност дијамантска. Цепливост јасна според призма. Кршливост школкаста до нерамна. Се појавува во убави примероци со портокалово црвена боја. Боја на огребот: портокалово црвена со жолта нијанса. Види слика 84.



Слика 84. Крокоит

Настанува во зоните на оксидација и цементација.

Најдобра особина за препознавање на минералот се кристалните форми, бојата и дијамантската сјајност.

Сличен е со реалгар кој е со помала тврдина и со цинобаритот што се појавува во форма на тенки плочи. Се појавува заедно со церузит, галенит и вулфенит. Претставува минорна руда на хром. Кога се јавува како провиден и прозрачен со убави бои е доста ценет минерал од колекционерите.

*Задача 22.*

*Цели:*

✓ *Одредување разлики меѓу хромит и магнетит;*

*Со помош на вашиот наставник одредете својства на минерален примерок од хромит и магнетит и истите споредете ги.*

*Објаснете според кои карактеристики ќе ги разликувате хромитот и магнетитот. Својствата на хромитот внеси ги во Табела 4.1.*

## Минерали на лесни и легирачки метали

### Минерали на титан

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на титан;
- да препознава рутил и илменит;

Повеќе распространети минерали на титан се:

- илменит  $\text{FeTiO}_3$
- сфен (титанит)  $\text{CaTiSiO}_5$
- рутил  $\text{TiO}_2$

### Илменит $\text{FeTiO}_3$



Слика 85. Илменит

Претставува економски многу важен и интересен минерал за

добивање на титан. По хемиски состав е железо титан оксид, често со примеси на магнезиум и манган. Кристализира хексагонално, во дебело плочести кристали. Обично се јавува во зрнести маси или механички зафатен во други минерали.

Тврдина 5 до 5.5. Специфична тежина 4.5 до 5. Сјајност метална до полуметална. Цепливост нема. Кршливост школкаста. Боја железно црна со преоди кон црвеникава. Боја на огребот црна.

Настанува со кристализација на магмата на високи температури. Главно е поврзан со магматските карпи, но се среќава и во метаморфни и седиментни карпи.

Најдобра особина за препознавање на минералот е црната боја на огреб.

Според начинот на појавување (хексагонални плочести кристали) многу лесно може да се замени со хематитот, но хематитот има далеку поразлична боја на огреб. Со магнетитот покажуваат повеќе заеднички својства поради што при одредувањето лесно

може да се помешаат. Како и да е од магнетитот лесно ќе се издвои, поради разликата во формите на појавување и многу по изразената магнетичност кај магнетитот.

Се појавува заедно со лабрадор, магнетит и хорнбленда во длабински базични магматски карпи.

### **Сфен (титанит) $\text{CaTiSiO}_5$**

По хемиски состав е калциум титанов силикат. Поради хемискиот состав често во литературата може да се сретне како титанит.

Кристализира моноклинично, во плочести кристали кои завршуваат клиновидно. Се појавува во поединечни кристали или можно е индивидуите да се допирно или продорно близнети. Кристален сфен види на сл.86.



Слика 86. Титанит

Тврдина 5 до 5.5. Специфична тежина 3.4 до 3.6. Прозрачен до провиден. Сјајност стаклеста до дијамантска, на површините од кршливоста јасна. Кршливост школкаста. Боја: кафеава, кафеавкасто црвена до црна, жолта, зеленикаво црвена. Боја на огребот бела.

Настанува со кристализација на магмата и е застапен во мали количества скоро во сите видови на магматски карпи. Најдобро се познава по кристалните форми на појавување и бојата. Види слика 87.



Слика 87. Титанит

При одредувањето според бојата може да асоцира на свалеритот, но дилемата лесно ќе се разреши со споредување на тврдините и бојата на огреб на свалеритот со тврдините и бојата на огреб на титанитот.

Во мали кристали, заедно со петрогени минерали, се среќава во гранити, гранодиорити, диорити и монцонити. Кристали на сфен со димензии поголеми од десет сантиметри се сретнуваат во

гранитските пегматити и нефелин сијанитските пегматити. Во овие карпи се наоѓаат во парагенеза со албит, кварц и микроклин. Кристали од свен се среќаваат и во регионално метаморфни карпи заедно со алмандин, глаукофан.

Поединечни кристали и близнаци со експозантни димензии (должина 25 см) кај нас се пронајдени се во близината на с. Алинци-Прилепско.

## Рутил $TiO_2$

Многу важен минерал кој гради лежишта на титан.

Според хемискиот состав спаѓа во оксидните минерали на титанот.

Кристализира тетрагонално, често во долги прави призматски кристали. Обично се јавува како игличест или влакнест.



Слика 88. Рутили од Селечка планина

Кај рутилот често се појавува коленасто и срцевидно близнење. Коленасто близнење е прикажано на сл. 88.

Тврдина 6 до 6.5.  
Специфична тежина 4.2  
Сјајност дијамантска до

полуметална. Цепливост совршена по рамнината на призма. Кршливост нерамна. Бојата може да биде црвена, црвено кафеава до црна. Боја на огребот бела или жолто кафеава.

Настанува пегматитски или контактно пневматолитски. Најдобра особина за препознавање на минералот е бојата на огребот и начинот на појавување.

Сличен со илменитот кој покажува магнетни својства, а истите кај рутилот отсутнуваат.

Се појавува заедно со ортокласот и баритот во карбонатитите; албит и глаукофан во регионално метаморфни шкрилци; со пирофилит во хидротермални лежишта.

Кристални рутили со изразити димензии поголеми од 10 сантиметри кај нас се пронајдени во близина на с. Ореово – Селечка планина.

#### *Вежба 29.*

##### *Цели:*

✓ *Одредување име на минерал на титан врз основа на негови својства;*

##### *Потребни материјали:*

- *примероци од минерали (илменит, рутил),*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици,*
- *порцелански плочки,*
- *еталонски минерали.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива примероци од минерали и потребен прибор за работа.*

*Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување.*

*Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на минералите на титан прикажани во учебникот.*

*Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат кои примероци се илменит, а кои рутил.*

*Наставникот ја контролира работата на паровите, помага, охрабрува, а доколку има потреба корегира со соодветно образложение.*

*До крајот на часот дебатирајте со останатите парови и со помош на наставникот издвојте ги најдобрите особини по кој се препознаваат илменит и рутил!*

*За дома: Особините внесете ги во Табела 4.1, најдобрите потенцирајте ги.*

- 1. Наброј ги минералите кои градат лежишта на титан!*
- 2. Објасни како настануваат силикатните минерали на титан.*
- 3. Каков настанок имаат рутилот и илменитот?*
- 4. Кои се најдобрите особини за препознавање на рутил?*
- 5. Во кои локалитети кај нас се пронајдени минерали на титан?*

## Минерали на никел

На крајот од наставниот час ученикот треба:  
- да набројува минерали кои градат лежишта на никел;

Повеќе распространети минерали на никел се:

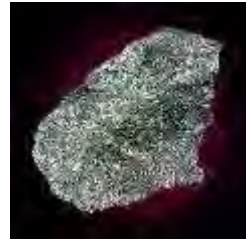
- **пентландит**  $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$

- **милерит**  $\text{NiS}$

### Пентландит $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$

Хемиски состав е железо, никел сулфид.

Пентландитот е еден од најзначајните рудни минерали на никелот. Кристализира тесерално, но не гради добри кристали. Најчесто се појавува во масивни или зрнести агрегати. Види слика 89.



Слика 89. Петландит

Тврдина 3.5 до 4. Специфична тежина 4.6 до 5.1 Сјајност метална. Цепливост нема. Кршливост школкаста до нерамна. Боја светло бронзена до жолта. Боја на огребот бронзено кафеава.

Настанува на високи температури во првиот стадиум на кристализација на ултрабазични и базични магми.

Најдобра особина за препознавање на минералот е појавувањето во масивни агрегати заедно со халкопирит и пиротин.

Според особините е сличен со пиротинот кој покажува магнетни особини, а истите отсуствуваат кај петландитот.

Се појавува во базичните карпи (габрови) заедно со пиротин и халкопирит.

### Милерит $\text{NiS}$

По хемиски состав е никел сулфид, често со мали количества на кобалт, железо и бакар.

Кристализира хексагонално, кристалите се игличести често радијално групирани. Илустрирано на слика 90.

Тврдина 3 до 3.5. Специфична тежина 5 до 5.5. Сјајност метална. Цепливост совршена во два правци, но тешко се забележува. Кршливост школкаста до нерамна. Боја месингано жолта. Боја на огребот зеленкасто црна.



Слика 90. Милерит

Настанува со преобразба на другите минерали на никел во цементационата зона.

Најдобра особина за препознавање на милеритот се кристалните форми во кои се појавува.

Сличен е со турмалинот и рутилот. Овие два минерала ретко имаат жолта боја кога се наоѓаат заедно со милеритот во седиментни карпи и покажуваат слични форми на кристализација.

### **Никелин NiAs**

Кристализира хексагонално, Ретко се појавува во облик на кристали со развиени рамнини во форма на базен пинакоид и призми. Понекогаш се јавува во крупни, густе и бубрежести агрегати.

Никелинот има светло црвена до бакарно црвена боја. Бојата на огребот е сиво црна. Сјајноста е метална. Цепливост несовершена. Тврдината е 5 до 5.5 со специфична тежина 7.8.

Најдобри карактеристики за макроскопско препознавање на никелинот се бакарно црвена боја.

По постанок е хидротермален. Се наоѓа во асоцијација со сулфиди на Ni, и арсениди на Co, како и самороден бизмут, арсен и други минерали. Се појавува во ултрабазичните карпи во асоцијација со пиротин.

Хром, никел и титан се стратешки сировини за секоја земја.  
Побарај податоци и дознај повеќе за:  
-лежиштата на хром „Радуша“, „Раброво“ и „Лојане“;  
-лежиштата на никел „Ржаново“, „Црна Тумба“ и „Гроот“ и  
-појавите на титан на Селечка Планина.



## Минерали на обоени метали

### Минерали на бакар

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на бакар;
- да препознава поважни минерали на бакар;

Бакарот има важна улога во развојот на човечкото општество. Уште од најстари времиња луѓето го експлоатирале и го користеле за изработка на разни предмети. Денес практично претставува асенцијален дел од сите електрични апарати без кои не би можело да се замисли животот. Во природата често се среќава како



Слика 91. Самороден бакар

самороден, (сл. 91) но за градење на лежиште многу поважни се неговите соединенија. Се појавува во вид на сулфиди, сулфосоли, оксиди, хидроксиди, карбонати и др.

Убави развиени кристални минерали на бакар се ретки. Бакарните минерали во принцип се поврзани со вулканските и хидротермално изменетите карпи.

Поважни рудни минерали на бакар кои градат минерални лежишта од кои со експлоатација и металуршка преработка се добива металот бакар се:

- |              |  |
|--------------|--|
| - халкозин   | $\text{Cu}_2\text{S}$                          |
| - ковелин    | $\text{CuS}$                                   |
| - халкопирит | $\text{CuFeS}_2$                               |
| - борнит     | $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$                      |
| - куприт     | $\text{Cu}_2\text{O}$                          |
| - малахит    | $\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$  |
| - азурит     | $2\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$ |

## Халкозин $\text{Cu}_2\text{S}$

По хемиски состав е сулфид на бакар.

Кристализира ромбично во кратки призми или плочи, често зрнест или масивен. Кристален халкозин е прикажан на слика 92.



Слика 92. Халкозин

Физичките особини тврдина 2,5 до 3. Специфична тежина 5.5 до 5.8. Цепливост слабо изразена во еден правец. Кршливост школкаста. Сјајност метална. Боја темно оловна до сива. Боја на огребот темно сива до црна.

Настанува нискотемпературно, хидротермално.

Најдобра особина за препознавање на минералот: сивата боја, слабата цепливост и појавувањето заедно со другите минерали на бакар. Од галенитот се разликува по цепливоста.

Се појавува заедно со галенит, пирит и кварц во средно температурни хидротермални лежишта; со елементарен бакар и калцит во вулкански карпи; со халкопирит, борнит и пирит во порфирски лежишта.

## Ковелин $\text{CuS}$

По хемиски состав е бакар сулфид, често со мало количество на железо.

Кристализира хексагонално ретко во добри кристали. Најмногу се наоѓа во ситнозрнести маси. Илустрации на сл. 93.



Слика 93. Ковелин

Тврдина 1.5 до 2. Специфична тежина 4.6 до 4.8. Цепливост совршена по база. Сјајност полуметална. Боја му е темно индиго сина. Боја на огребот оловно сива до црна.

Настанок - хидротермален.

Најдобра особина за препознавање на ковелинот е индиго сината боја. Сличен со халкопирит и борнит од кои се разликува по

бојата. Се појавува заедно со халкопирит и пирит во порфирски лежишта: со пирит, халкопирит и борнит во скарновски лежишта.

### **Халкопирит $\text{CuFeS}_2$**

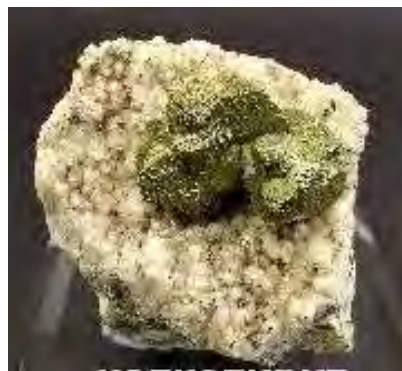
По хемиски состав е бакар железен сулфид, често во својот состав содржи нешто сребро и злато.

Кристализира тетрагонално ретко во покрупни кристални форми. Најчесто се појавува како масивен, компактен, зрнест и бубрежаст.

Тврдина 3.5 до 4. Специфична тежина 4.1 до 4.3. Сјајност метална, Цепливост слабо изразена. Кршливост нерамна до школкаста. Боја златножолта до зеленкасто жолта. Боја на огребот зеленкасто црна. Види сл. 94 (халкопирит со зеленкасто жолта боја).

Настанува во широк дијапазон на кристализација на магмата. Се среќава во лежишта кои настануваат на високи температури до лежишта настанати на ниски температури.

Најдобра особина за препознавање на минералот е тврдината и бојата. Сличен со пиритот од кој се разликува по тврдината.



Слика 94. Халкопирит

Еден од најраспространетите минерали на бакар. Се појавува заедно со барит и борнит во карбонатитите. Со пирит, молибденит и андрадит во скарнови. Со пирит, халкозин и злато во хидротермални жици.

Од халкопиритска руда е изградено лежиштето „Бучим“-Радовиш.

## Борнит $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$

Според хемискиот состав претставува бакар железо сулфид.

Кристализира ромбично. Ретко се појавува во кристали. Најчесто се јавува како компактен или ситно зрнест.



борнит

Тврдина 3. Специфична тежина 4.9 до 5.1. Цепливост нема. Кршливост нерамна. Сјајност метална. Боја бакарно црвена до црвеникаво кафеава кога е свеж. Ако подолго стои на воздух на површината брзо потемнува и бојата му се променува во сина или виолетова.

Настанува ендегено и поврзан е со голем број на лежишта.

Најдобра особина за препознавање на минералот е бојата. Сличен со пиротин кој е магнетичен и никелин кој е потврд и со поголема специфична тежина. Се појавува заедно со пирит, барит и калцит во карбонатитите; со андрадит, галенит и калцит во скарнови; со кварц, енаргит и пирит во средно температурни хидротермални жици; со халкопирит, халкозин и пирит во порфирски лежишта.

Еден од поважните минерали кои градат руда на бакар.

## Куприт $\text{Cu}_2\text{O}$

Според хемискиот состав претставува оксид на едно валентен бакар.

Кристализира тесерално, често во октаедри, поретко во хексаедри и ромбододекаедри. Види слика 95. Почесто се појавува како компактен, зрнест или во земјести агрегати.



Слика 95. Куприт

Тврдина 3.5 до 4. Специфична тежина 6.1

Прозрачен до непровиден. Цепливост нема. Кршливост школкаста

до нерамна. Сјајност дијамантска до полуметална. Боја црвена во сите нијанси. Боја на огребот кафеавкасто црвена.

Купритот е секундарен минерал на бакарот, настанува во оксидационата зона, која е богата со бакар.

Најдобра особина за препознавање на купритот: кристалните форми и тврдината.

Се појавува заедно со самороден бакар, малахит, халкозин и калцит во оксидационата зона.

**Малахит**  $\text{CuCO}_3 \times \text{Cu(OH)}_2$  и

**Азурит**  $2\text{CuCO}_3 \times \text{Cu(OH)}_2$

По хемиски состав се бакар карбонат хидроксиди. Кристализира моноклинично.

Малахитот се појавува во издолжени и игличести агрегати со зелена боја и светлозелена боја на огребот. Азуритот се појавува во кратко столбчести, бубрежести и земјести агрегати со азурно сина до светлосина боја и црна боја на огребот.

Настануваат со површинско распаѓање на минерали на бакар.

Најдобра особина за препознавање на азуритот и малахитот е бојата. Се среќаваат заедно со лимонит и халкопирит.



Слика 96. Малахит и азурит

Уште праисторискиот човек користел бои за да го обои своето тело или засолниште. Боите ги добивал со ситнење на минерали и мешање на ситната прашина со животински масти. Дознај повеќе кои минерали на железо и бакар се користат како природни пигменти и за кои бои!

### Вежба 30.

#### Цели:

- ✓ Одредување својства на минерали на бакар;

#### Потребни материјали:

- примероци од минерали на бакар (куприт, халкопирит, малахит и азурит)
- плочки од стакло
- бакарни и челични жици
- порцелански плочки

Учениците се делат во парови, секој пар добива примероци од минерали и потребен прибор за работа.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар одредува физички својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на минералите на бакар дадени во учебникот.

Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се издвојуваат примероци од куприт, халкопирит, малахит и азурит!

**За дома:** Внесете ги особините на минералите на бакар во Табела 4.1!

1. Кои се поважни минерали кои градат лежишта на бакар?
2. Како настануваат сулфидните минерали на бакар?
3. Каков настанок имаат малахитот и азуритот?
4. Со кој минерал на железо е сличен халкопиритот и по што најдобро се разликуваат?
5. Со кои минерали се појавува заедно се појавува борнитот?
6. Која е примената на бакарот?
7. Во кои локалитети кај нас се пронајдени минерали на бакар?
8. Кое е наше најголемо наоѓалиште на бакар?

## Минерали на олово

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на олово;
- да препознава галенит;

Оловото се сретнува како самородно, но не е значајно за формирање на рудни лежишта. Главни носители на олово се сулфидите и сулфосолите. Во лежиштата минералите на олово се редовно придружувани со минерали на цинк и градат заеднички олово-цинкови лежишта.

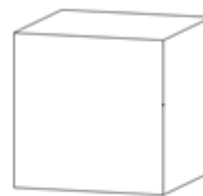
Најраспространети минерали на олово се:

- |            |                    |
|------------|--------------------|
| - галенит  | $PbS$              |
| - џемсонит | $Pb_4FeSb_6S_{14}$ |
| - церузит  | $PbCO_3$           |
| - англизит | $PbSO_4$           |

### Галенит $PbS$

По хемиски состав е сулфид на оловото.

Кристализира тесерално, често во убави кристали во форма на коцки, октаедри или комбинации на хексаедар икоситетраедар. Галенитот се среќава уште како: крупнозрнест, ситнозрнест, плочест и влакнест облик.



Хексаедар

Тврдина 2.5. Специфична тежина 7.4 до 7.6. Цепливост совршена во три правци. Сјајност метална. Боја оловно сива. Боја на огребот сивкасто црна.

Настанува хидротермално или контактено метасоматски.

Најдобра особина за препознавање на галенитот е совршената цепливост во три правци, оловно сивата боја и големата сп. тежина.

Сличен со антимонит кој се појавува во издолжени призматични и игличести форми.

Се појавува заедно со андрадит, пирит, халкопирит и барит во скарнови. Во хидротермални лежишта заедно со кварц, свалерит и борнит.

Галенитот претставува најважен и најраспространет минерал кој гради лежишта на олово. Крупни кристали, (види слика 97) од галенит се среќаваат заедно со свалерит во олово - цинковите лежишта „Сага“ во близина на Македонска Каменица, „Тораница“ - Крива Паланка и „Злетово“ - Пробиштип.



Слика 97. Кристален галенит

### Џемсонит $Pb_4FeSb_6S_{14}$

По хемиски состав е олово, железен антимон сулфид, често со значително количество на бакар и цинк.



Слика 98. Џемсонит

Кристализира моноклинично во издолжени призматски и игличести форми, обично се појавува како масивен или во влакнести радијални агрегати. Тврдина 2.5. Специфична тежина 5.5 до 6. Сјајност метална. Цепливост совршена по база. Боја челично сива до темно оловно сива. Боја на огребот сивкасто црна. Настанок хидротермален на средни до ниски температури.

Најдобра особина за препознавање на минералот е појавувањето во игличести форми.

Сличен е со антимонит кој има многу совршена цепливост во два правци.

Претставува доста распространет минерал на олово. Се појавува заедно со кварц и злато во хидротермални жици.



## Церузит $PbCO_3$

Церузитот по хемиски состав е олово карбонат.

Кристализира ромбично, во плочести кристали. Види слика 99. Кристалите се мали и споени (циклично близнети). Обично се јавува во влакнести, игличести до снопчести агрегати.



Тврдина 3 до 3.5. Слика 99. Кристали од церузит

Специфична тежина 6.5 до 6.6. Сјајност масна до дијамантска. Цепливост јасна во еден правец. Провиден, прозрачен до заматен. Боја бела, безбоен, жолт, сив, кафеав. Боја на огреб бела. Настанок со површинско распаѓање на галенитот.

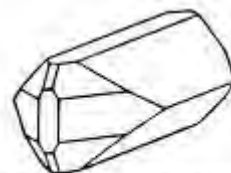
Најдобра особина за препознавање е дијамантската сјајност. Сличен е со англезит и барит кои се со поголема тврдина.

Се појавува во зоната на секундарни измени на изданоци од олово-цинкови лежишта заедно со галенит, малахит, барит и смитсонит.

## Англезит $PbSO_4$

Хемискиот состав на англезитот е олово сулфат.

Кристализира ромбично, во тенки и дебели призматични кристали. Обично се појавува како зрнест, масивен или во сталактитни форми.



ромбична призма

Тврдина 2.5 до 3. Специфична тежина 6.4.

Провиден до прозрачен. Цепливост совршена во еден правец, послабо изразена по вториот правец. Боја бела, сива, жолта, зелена. Боја на огребот бела до сива. Настанува на ниски температури, најчесто со површинско распаѓање на карпите или со оксидација на галенитот.



Англезит

Најдобра особина за препознавање на минералот е дијамантската сјајност и големата специфична тежина. Според бојата сличен е со баритот и калцитот од кои се разликува по дијамантската сјајност и специфичната тежина.

Се појавува заедно со барит, анхидрит и галенит во зоната на секундарни измени на изданоци од олово-цинкови лежишта.

### Вежба 31.

#### Цели:

- ✓ *Одредување својства на галенит;*

#### Потребни материјали:

- *примероци од галенит,*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици,*
- *порцелански плочки.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива примерок од галенит и потребен прибор за работа.*

*Фаза 1. Секој пар ги одредува физичките својства на минералниот примерок и неговиот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на минералите на олово дадени во учебникот.*

*Фаза 3. Врз основа на совпаѓањето меѓу својствата на минералот добиени од одредувањето и својствата на даден минерал на олово опишани во учебникот се одредува за кој минерал се работи.*

#### *За дома:*

*-особините на галенит внесете ги во Табела 4.1!,*

*-скицирајте форми на појавување на галенит во вашето блокче!*

- 1. Кој е најважен минерал кој гради лежишта на олово?*
- 2. Со кои минерали се појавува галенитот во хидротермалните лежишта?*
- 3. Освен во хидротермални во кои други лежишта се среќава галенит?*
- 4. Каде наоѓа примена оловото?*
- 5. Кои метали се добиваат со металуршка преработка на рудата од лежиштето „Саса“?*

## Минерали на цинк

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на цинк;
- да препознава свалерит;

Цинкот влегува во составот на повеќе соединенија, но како носители на цинково оруднување се: сулфидите, оксидите и карбонатите. Поважни минерали на цинк се:

- свалерит  $ZnS$
- цинкит  $ZnO$
- смитсонит  $ZnCO_3$

### Свалерит $ZnS$

Според хемискиот состав свалеритот е сулфид на цинкот, често со мали примеси на манган и кадмиум.

Кристализира тесерално; кристалите се со мали димензии во форма на хексаедри, тетраедри, ромбододекаедри др. Види сл. 100. Најчесто се појавува како зрнест. Тврдина 3.5 до 4 Специфична тежина 3.9 до 4.1. Сјајност дијамантска до полуметална. Цепливост совршена. Боја: жолта, кафеава, црвена, зелена, црна. Боја на огребот светло кафеава.



Слика 100. Свалерит



Свалерит

Свалеритот е најзначаен минерал за добивање на цинк. Настанува на повеќе начини, но најголеми количини од овој минерал се сретнуваат во хидротермалните и метасоматските лежишта. Најдобра особина за препознавање на минералот е дијамантската сјајност и светло кафеавата до жолта боја на огреб.

Според особините, често дава лажен впечаток дека се работи за неметаличен минерал и лесно може да се замени со друг минерал. Оваа особина е причина по која го добил името свалерит (лажен). Види слика 101. Скоро редовно се сретнува заедно со минералот на олово,



Слика 101. Свалерит

галенит и градат заеднички, така наречени олово-цинкови лежишта. Свалерит во Македонија се сретнува во олово-цинковите лежишта „Саса“, „Злетово“ и „Тораница“.

### Цинкит $ZnO$

По хемиски состав е цинк оксид кој во својот состав може да содржи манган, а поретко и железо.

Кристализира хексагонално. Кристалите се ограничени со призматски и пирамидални рамнини сл.102 Кристалиод цинкит ретко се среќаваат. Се појавува обично како ламеларен масивен, или зрнест.



Слика 102. Цинкит

Тврдина 4. Специфична тежина 5.4 до 5.7 Сјајност дијамантска. Цепливост совршена во еден правец. Прозрачен до провиден. Боја темно црвена до портокалова, жолта или кафеава. Бојата зависи од количеството на манган во хемискиот состав на цинкитот. Боја на огребот портокалово жолта.

Настанок контактно метаморфен.

Најдобра особина за препознавање на минералот е темно црвената боја. Се појавува заедно со калцит и франклинит.

## СМИТСОНИТ $ZnCO_3$

По хемиски состав е цинк карбонат често со мало количество на железо. Кристализира хексагонално. Кристалните форми се ретки. Обично се појавува како бубрежест, зрнест, компактен.

Тврдина 4 до 4.5. Специфична тежина 4.4. Цепливост совршена во три правци. Сјајност стаклеста, дијамантска, бисерна. Боја бела, зелена, сина, жолта, розова, кафеава (сл.103). Боја на огребот бела. Прозрачен но непровиден.



Слика 103. Смитсонит

Настанува со површинско распаѓање на цинк сулфидни руди како што е свалеритот.

Најдобра особина за препознавање на смитсонитот е големата специфична тежина. Смитсонитот е специфично потежок и потврд од поголем број на карбонатни минерали.

Смитсонитот е секундарен минерал. Се појавува заедно со галенит, церузит, азурит и малахит во зоната на површинско распаѓање.

На територијата на нашата татковина рударството има долга традиција. Особено е поврзано со ископување на олово-цинковата руда во Кратовско- Злетовската област. Според арапскиот географ Едриз: рударството овде започнало во дванаесеттиот век. Побарај информации на интернет и во стручна литература за да дознаеш повеќе за рудниците на олово и цинк во Кратовско- Злетовската област и за минералните парагенези кои се јавуваат во нив.

1. Кои се поважни минерали кои градат лежишта на цинк?
2. Каков настанок има свалеритот?
3. Со кој минерал заедно се појавува свалерит во олово-цинкови лежишта?

## Минерали на арсен

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на арсен;
- да препознава арсенопирит, реалгар и аурипигмент;

Арсенот се јавува во многу лежишта на метали, но секогаш во нив се јавува како штетна компонента. Единствено не е штетен кога се појавува во сопствените лежишта. Во природата постои како самороден, но најмногу е застапен како арсенови сулфиди. Најважни минерали кои градат лежишта на арсен се:

- арсенопирит  $\text{FeAsS}$
- реалгар  $\text{AsS}$
- аурипигмент  $\text{As}_2\text{S}_3$

### Арсенопирит $\text{FeAsS}$

По хемиски состав е железо арсен сулфид, често со мало количество на кобалт.

Кристализира моноклинично во призматични, кратко столбчести форми. Обично се појавува како зрнест, масивен ретко и бубрежест.



Арсенопирит

Тврдина 5.5 до 6. Специфична тежина 6 до 6.2. Сјајност метална. Цепливост јасна во еден правец. Кршливост нерамна. Боја сребрено бела до челично сива. Боја на огребот црна со сива нијанса.

Арсенопиритот е еден од поважните минерали кој гради лежишта на арсен. Настанува во пегматитски и хидротермално во високо температурниот стадиум, а понекогаш се јавува и во метаморфни лежишта.

Најдобра особина за препознавање на арсенопиритот се кристалните форми во кои се појавува.

Арсенопиритот од сличните минерали се разликува по следното: пиритот се појавува во хексаедри и пентагондодекаедри, пиритинот ретко се појавува во кристални форми, а марказитот се појавува во плочи.

Тој се појавува заедно со кварц, халкопирит и злато во хидротермалните лежишта; со кварц, лискун и ортоклас во пегматитските карпи. Кај нас го има во рудникот Алшар на планината Кожуф.

### Реалгар AsS

По хемиски состав е сулфид на двовалентен арсен.

Кристализираат моноклинично често во призматски облици, но како кристален реалгар ретко се сретнува. Обично се појавува како зрнест, земјест. Реалгар во кристални форми е прикажан на сл. 104.

Тврдина 1.5 до 2. Специфична тежина 3.5.

Сјајност дијамантска, масна или земјеста.

Цепливост јасна во еден правец. Прозрачен до провиден. Кршливост школкаста. Боја светло црвена, темно црвена до портокалова. Боја на огребот портокалово жолта.



Слика 104. Реалгар



Слика 105. Реалгар

Настанок ниско температурен хидротермално, во последниот стадиум на хидротермалното подрачје. Најдобри особини за препознавање на реалгарот се бојата и малата тврдина.

При препознавањето реалгарот лесно може да се замени со цинобаритот кој е со далеку поголема специфична тежина. Се појавува заедно со цинобаритот, аурипигментот и антимонитот во хидротермалните лежишта. Поголемо присуство на реалгар констатирано е на планината Кожуф во лежиштето Алшар.

## Аурипигмент $As_2S_3$

По хемиски состав е сулфид на тривалентен арсен.

Кристализираат моноклинично, кристалите се ретки. Обично се појавува како бубрежест, зрнест, земјест и гроздест.

Тврдина 1.5 до 2. Специфична тежина 3.5.

Сјајност масна, земјаста или бисерна на рамнините на цепливост. Цепливост совршена во еден правец. Прозрачен до провиден. Боја лимон жолта. Боја на огребот лимон жолта.



Слика 106. Аурипигмент

Настанок ниско температурен хидротермален, во последниот стадиум на хидротермалното подрачје или со распаѓање на реалгарот. Најдобри особини за препознавање се бојата и бисерната сјајност. При препознавањето аурипигментот лесно може да се замени со сулфурот кој нема цепливост.

Се појавува заедно со цинобарит, реалгар и калцит во жични лежишта. Кај нас пронајден е на планината Кожуф во лежиштето Алшар.

### *Вежба 32.*

#### *Цели:*

- ✓ *Одредување својства на арсенопирит;*

#### *Потребни материјали:*

- *примероци од арсенопирит,*
- *плочки од стакло,*
- *бакарни и челични жици,*
- *порцелански плочки.*

*Учениците се делат во парови, секој пар добива примерок од арсенопирит и потребен прибор за работа.*

*Фаза 1. Секој пар ги одредува физичките својства на минералниот примерок и неговиот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на минералите на арсен дадени во учебникот.*

*Фаза 3. Врз основа на совпаѓањето меѓу својствата на минералот добиени од одредувањето и својствата на даден минерал на арсен опишани во учебникот се одредува за кој минерал се работи.*

*За дома: Внесете ги особините за арсенопиритот во Табела 4.1!*



## Минерали на антимон

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да набројува минерали кои градат лежишта на антимон;
- да препознава антимонит;

Во природата се појавува како самороден, но не во доволни количини за да изгради лежишта. За формирање на примарни лежишта на антимон значајни се сулфидите. Со распаѓање на антимоновите сулфидни минерали во оксидационата зона се формираат лежишта изградени од оксиди на антимон.

- **АНТИМОНИТ**  $Sb_2S_3$
- **ВАЛЕНТИНИТ**  $Sb_2O_3$

### АНТИМОНИТ $Sb_2S_3$

По хемиски состав е сулфид на тривалентен антимон.

Кристализира ромбично, во издолжени призматични кристали во правец на оската с. Издолжените призматски кристали мрежесто се испреплетени, често се појавува во многу издолжени кристали кои наликуваат на игли.



Слика 107. Антимонит

Тврдина 2. Специфична тежина 4.6. Сјајност метална сл.107. Цепливост многу совршена во два правци. Боја оловно сива. Бојана огребот челично сива. Настанува на ниски температури- хидротермално.

Најдобра особина за препознавање на минералот е појавата во издолжени кристални форми.

Сличен е со галенитот кој кристализира во хексаедри и има поголема специфична тежина.

Кај нас пронајден е во лежиштето Алшар на планината Кожуф, Крстов дол – Крива Паланка.

## Валентинит $Sb_2O_3$

По хемиски состав е оксид на тривалентен антимон.

Кристализира ромбично, во издолжени кристали по оската „с“.

Исто така се појавува и како игличест, влакнест до зрнест.

Тврдина 2.5 до 3. Специфична тежина 5.7. Сјајност дијамантска до бисерна. Цепливост совршена. Безбоен, бел, сив, жолт, црвеникав до црн. Боја на огребот бела.



Настанува секундарно со површинско распаѓање на антимонитот.

Слика108. Валентинит

Најдобра особина за препознавање на валентинитот е појавувањето во издолжени форми.

Со сенармонтит  $Sb_2O_3$  имаат многу слични својства и често може при одредувањето да се заменат. Се разликуваат по начинот на кристализација сенармонтитот кристализира тесерално.

Се појавува заедно со кварцот, антимонитот, самородниот антимон и други минерали на антимон во зоната на оксидацијата.

Антимон кај нас се јавува кај Крстов Дол - Крива Паланка, а заедно со минерали на арсен и талиум се јавува на планината Кожуф во лежиштето Алшар. Лежиштето Алшар е актуелно во светски рамки поради присуството на минерали на талиум. Побарај податоци и дознај повеќе за овие лежишта!

1. Кои се поважни минерали кои градат лежишта на арсен?
2. Каков настанок имаат реалгар и аурипигмент?
3. Кои природни бои можат да се добијат од реалгар и аурипигмент?
4. Како настанува антимонитот?
5. Кои минерали се среќаваат во лежиштето „Алшар“ – Кавадарци и поради кои причини истото е познато во светот?

### Вежба 33.

#### Цели:

- ✓ Одредување својства на антимон;
- ✓ Споредување својства на антимон и галенит;

#### Потребни материјали:

- примероци од антимон и галенит,
- плочки од стакло,
- бакарни и челични жици,
- порцелански плочки.

Учениците се делат во парови, секој пар добива примерок од антимонит и галенит и потребен прибор за работа.

Напомена: Учениците се остават самостојно да ја увидат разликата меѓу двата примероци после одредувањето на нивните особини иако поради сличноста на прв поглед се добиваше впечаток дека и двата примероци се од ист минерал.

Фаза 1. Во оваа фаза секој пар се обидува да ги одреди физичките својства на минералните примероци и нивниот начин на појавување. Резултатите ги запишуваат во тетратките.

Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со својствата на антимонит прикажани во учебникот.

Фаза 3. Врз основа на споредбата на својствата дадени во учебникот и добиените од одредувањето напишани во тетратката се одредува кој примерок е антимонит. Повештите ученици ќе забележат дека одредените својства од вториот примерок се на галенит, а оние парови кои не успеа да го препознаат галенитот се упатуваат својствата на неодредениот примерок да ги споредат со својствата на металичните минерали од Табела 4.1 од каде ќе дознаат за кој минерал се работи.

Фаза 4. Наставникот објаснува дека најдобри особини по кои се разликуваат антимонитот и галенитот се специфичната тежина и формите во кои се појавуваат.

#### За дома:

- особините за антимонит кои ги одредивте внесете ги во Табела 4.1. Најдобрите особини потенцирајте ги;
- скицирајте во блокчето облици на појавување на антимонит

## **Минерали на племенити метали**

На крајот од наставниот час ученикот треба:

- да дефинира поим племенит метал
- опишува особини на минерали од оваа група

Под поимот племенити или благородни метали се подразбираат група на металични елементи кои се доста барани и имаат висока цена на пазарот од причини што се ретки во природата и многу постојани на надворешни услови. Иако овие елементи се специфични секој за себе, истите покажуваат и заеднички особини како својство: да не кородираат, високата точка на топење, големата специфична тежина, голема пластичност и сјајност. Како поважни племенити елементи ќе ги наведеме: злато, сребро и платина. Во природата се појавуваат како самородни, но често се среќаваат и како соединенија со други елементи.

### **Минерали на злато**

Во природата најчесто се појавува како самородно злато, но и како: калаверит  $\text{AuTe}_2$ , силванит  $\text{AuAgTe}_4$ , пецит  $(\text{AgAu})_2\text{Fe}$ .

#### **Самородно злато Au**



Слика 109. Самородно злато

Кристализира тесерално во форма на ромбододекаедри, октаедри (сл.109) или поретко хексаедри. Обично се појавува во неправилни агрегати, исто така во форма на листови, жици, зрнести агрегати или грутки.

Тврдина 2.5 до 3 Специфична тежина 19.3. Сјајност метална. Цепливост нема. Боја златно жолта до месингано жолта. Боја на огребот златно жолта.

Најдобра особина за препознавање е златно жолтата боја и големата специфична тежина. Често според бојата и начинот на појавување може да се помеша со пиритот кој поради големата сличност со самородното злато уште го викаат „злато за будалите“. Од пиритот најдобро се разликува по тврдината.

Настанок хидротермален, најчесто поврзан со кварцни жици.

## ***Минерали на сребро***

Се појавува како самородно, но ретко во поголеми количини. Од останатите минерали на сребро поважни се: аргентит  $\text{Ag}_2\text{S}$ , стефанит  $\text{Ag}_5\text{SbS}_4$ , и пираргирит  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$

### **Аргентит $\text{Ag}_2\text{S}$**

Според хемискиот состав аргентитот претставува сребро сулфид, често со примеси на бакар.



Кристализира тесерално, но Слика 110. Аргентит ретко се појавува во кристални форми. Често се среќава во групи од паралелни индивидуи, масивен или како превлаки врз карпите. Види слика 109.

Тврдина 2 до 2.5 Специфична тежина 7.4. Сјајност метална  
Цепливост нејасна. Боја оловно сива. Боја на огребот црна. Настанок хидротермален. Се појавува заедно со галенит или со кварц, злато и пирит во хидротермални жици.

- 1. Минералите на кои елементи спаѓаат во племенити?*
- 2. Наброј ги најдобрите особини за препознавање на самородното злато!*
- 3. Со кои минерали е слично самородното злато?*
- 4. Со кои минерали најчесто се појавува аргентит во природата?*
- 5. Опиши ги физичките особини на аргентит!*

## Индивидуална вежба за самооценување

### Вежба 34.

#### Цели:

✓ *Оценување на способност за одредување својства и име на металични минерали;*

#### Потребни материјали:

- *примероци од металични минерали,*
- *плочки од стакло и порцелански плочки,*
- *бакарни и челични жици,*
- *пополнета Табела 4.1 со податоци за макроскопско препознавање на металичните минералите*

*Учениците работат самостојно. Секој ученик добива примерок од минерал, потребен прибор за работа и ја има пред себе сопствената Табела 4.1 со податоци.*

*Фаза 1. Секој ученик самостојно на минерал примерок одредува физички својства и начин на појавување. Резултатите ги запишува во тетратката.*

*Фаза 2. Добиените резултати ги споредуваат со податоците за минералите дадени во Табела 4.1 и соодветно го одредува името на минералот примерок.*

*Фаза 3. По одредувањето на името го повикува наставникот кој ја контролира точноста на податоци кои ги одредил ученик и точноста на име на минералот примерок што го одредувал ученикот. Податоците ги бележи во чек листа за секој ученик. По завршување на проверката ученикот добива нов примерок.*

*Фазата 1, 2, и 3 се повторуваат до крајот на часот.*

*При оценувањето во предвид се земаат: точноста на одредените својства и бројот на минерали примероци на кои ученикот точно одредил име за време од еден наставен час.*

Табела 4.2 Критериуми за оценување

Резултат од учење	Не е доволно	Доволно	Добро	Многу добро	Одлично
Макроскопски одредува особини и име на металичен минерал	се обидува да одреди особини, често со грешки и тешко ги поврзува со име на минерал	одредил особини со мали грешки и ги поврзал со име на минерал, но главно грешно. Точни 1 до 2	одредил особини со мали грешки и точно одредил имиња на 3 до 5 минерали	точно одредил особини и точно одредил имиња на 5 до 7 минерали	точно одредил особини и точно одредил имиња на повеќе од 7 минерали

## Користена литература

- Гаврилов Б., Минералогија, Просветно дело, Скопје, 1987
- Гаврилов Б., Минералогија, Просветно дело, Скопје, 1996
- Zim S. Herbert, Shafer R. Paul, Perlman Raymond, Rock end minerals, New York, 1967
- Илич М., Карамата С., Специјална минералогија, Београд, 1963
- Илич М. Специјална минералогија, Београд, 1975
- Јовановски Г., Боев Б., Макревски П., Најдоски М., Младеновски Г., Минерали од Македонија, Скопје, 2003
- Kleine M., Mineralienbuch, 1973
- Knopf A. Alfred, North American rock end minerals, New York, 1979
- Луканович С., Општа минералогија, Београд, 1963
- Мицковски Ј, Максимовска К. Снежана, Руди и метали, Скопје, 2013
- Поповски Љ., Минералогија, Просветно дело, Скопје, 2010

