

Предмет и задачи минералогии Кристаллохимия



morozov.minsoc.ru



Предмет и задачи минералогии

2

слово «минерал» происходит от лат. *minera* (руда)

МИНЕРАЛ – природное химическое соединение, обладающее кристаллической структурой

исключения:

опал – аморфное вещество
самородная ртуть – жидкость

минералоиды – природные минеральные вещества, не обладающие определенными составом и структурой (вулканические стекла, янтарь и т.п.)

синтетические аналоги минералов – продукты технической деятельности человека (целенаправленной или случайной)

3

конституция минерала = только ему присущее единство кристаллической структуры и химического состава

МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД объединяет минералы, имеющие одинаковый состав и структуру
на 2004 год известно ~ 4000 минеральных видов

название минеральных видов утверждает международная комиссия

4

разновидности минералов относятся к одному минеральному виду, но имеют специфическую конституцию (например, форму кристаллов, цвет, состав примесей...)

КОРУНД Al_2O_3 – минеральный вид
рубин и **сапфир** – его разновидности
различия в окраске связаны с примесями



5

МИНЕРАЛОГИЯ – это наука о минералах ©

фундаментальная (создает базу знаний о минералах и их свойствах):

- **описательная** – изучение облика, состава и строения минералов
- **генетическая** – изучает происхождения минералов
- **экспериментальная** – воспроизводит природные процессы в лаборатории

прикладная (использует базу знаний для решения конкретных задач):

- **диагностика** минералов
- учение о **типоморфизме** минералов
 - типоморфизм** – зависимость конституции минерала от условий его образования
- **поисковая** – поиски и разведка П.И.
- **технологическая** – добыча П.И.
- **техническая** – синтез минеральных веществ и их материаловедение
- **экологическая** – минеральное вещество в окружающей среде
- **геммология** – изучение драгоценных камней
- **минералогия** объектов культуры
- **биоинтералогия** – минералы в живых организмах

6

КРИСТАЛЛОХИМИЯ

изучает **пространственное расположение** (структуру)
и **химическую связь** между атомами в кристаллах,

а также

зависимость физических и химических свойств
кристаллических **веществ от их строения.**

7

СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ

существуют 32 закона расположения элементов кристалла
= **32 вида симметрии**

8

32 вида симметрии кристаллов									
КАТЕГОРИЯ	СИНГОНИЯ	ВИД (КЛАСС) СИММЕТРИИ							
		-	C						
низшая (нет осей высшего порядка)	триклинная								
	моноклинная			P	I_2	I_2PC			
	ромбическая			I_22P	$3I_2$	$3I_23PC$			
средняя (одна ось высшего порядка)	тригональная	I_3	I_3C	I_33P	I_33I_2	I_33I_23PC			
	тетрагональная	I_4	I_4PC	I_44P	I_44I_2	I_44I_25PC	$I_4 \Rightarrow I_2$	$I_43I_22P \Rightarrow 3I_22P$	
	гексагональная	I_6	I_6PC	I_66P	I_66I_2	I_66I_27PC	$I_6 \Rightarrow I_3P$	$I_63I_23P = I_33I_24P$	
высшая (4I ₃)	кубическая	$4I_33I_2$	$4I_33I_23PC$	$3I_44I_26P \Rightarrow 4I_33I_26P$	$3I_44I_26I_2$	$3I_44I_26I_29PC$			

форма кристалла отражает симметрию его структуры

Сингонии кристаллов и параметры элементарной ячейки (рёбра и углы между ними)

категория	сингония	a	b	c	$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$
низшая	триклинная	a	b	c	α	β	γ
	моноклинная	a	b	c	90	β	90
	ромбическая	a	b	c	90	90	90
средняя	тригональная	a	a	a	α	α	α
	тетрагональная	a	a	c	90	90	90
	гексагональная	a	a	c	90	90	120
высшая	кубическая	a	a	a	90	90	90

ось ребро э.я.
X a $\alpha = \angle bc$
Y b $\beta = \angle ac$
Z c $\gamma = \angle ab$

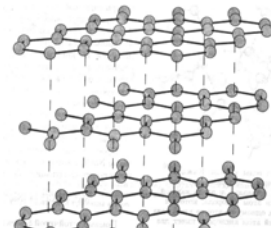
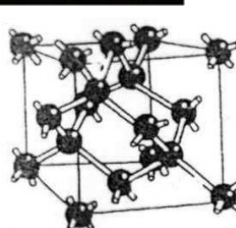
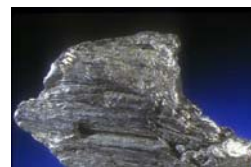
10

СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ

существуют 32 закона расположения элементов кристалла
= **32 вида симметрии**

существует 230 законов расположения частиц внутри
элементарной ячейки кристалла
= **230 пространственных (Федоровских) групп**

первооткрыватель – акад. Е. С. Федоров,
профессор (а затем ректор) Горного института



кристаллическая структура минерала определяет его свойства

12

СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ

видны
относительные
размеры ионов

видно строение
элементарной
ячейки
целиком

видно расположение
ближайших соседей
атомов

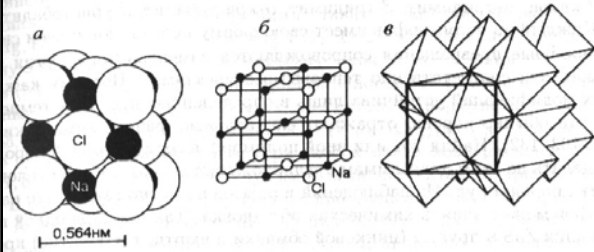
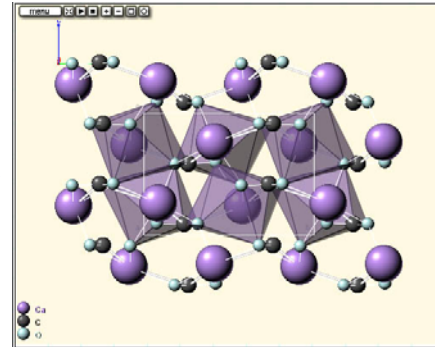


Рис. 19. Структура галита в шариковом изображении (а), в виде сфер (б) и полиэдров (в).



Структурная позиция атома



аргонит
CaCO₃

= геометрически тип положения атома в структуре кристалла (от него зависит состав и размещение атомов-соседей).

Формулы минералов

Формулы у минералов **кристаллохимические**:
они указывают не только соотношение хим. элементов,
но и структурные позиции.

15

Формулы минералов

Пример:

минерал	хим. формула	к/х формула
гематит	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
магнетит	Fe ₃ O ₄	FeFe ₂ O ₄

ПОЧЕМУ ТАК ???

16

ФОРМУЛЫ МИНЕРАЛОВ

в магнетите имеется ДВЕ разные структурные позиции –
одна имеет 4 соседа-кислорода (тетраэдр) = «тесная»
вторая – 6 соседей-кислородов (октаэдр) = «просторная»

большой катион (Fe²⁺) занимает Oct-позицию

малый катион (Fe³⁺) занимает все имеющиеся Tet-позиции,
его остатки попадают в Oct-позицию

кристаллохимическая формула: Fe²⁺_(oct)Fe³⁺_(oct)Fe³⁺_(tet)O₄

17

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В МИНЕРАЛАХ

что важно:

- 1) направленность связи = расположение соседних атомов
- 2) насыщенность связи = возможное количество соседних атомов
- 3) есть 4 типа химической связи, но реальная химическая связь всегда имеет смешанный характер !
- 4) сила связи

прямо пропорциональна количеству электронов, связывающих атомы,

обратно пропорциональна расстоянию между ними (радиусам ионов)

18

• металлическая связь
 = электронный «газ» между ядрами атомов металла

СТРУКТУРА
 максимальное количество соседей атома
 = «плотные упаковки»

СВОЙСТВА
 высокая ковкость, плотность, тепло- и электропроводность, сильный блеск, непрозрачность и темная окраска

МИНЕРАЛЫ
 самородные металлы, некоторые сульфиды и оксиды



• ковалентная связь
 = общие электроны между парами атомов → очень сильная связь

СТРУКТУРА
 не очень плотные упаковки; конфигурация соседних атомов зависит от вида электронных орбиталей (s, p, d)

СВОЙСТВА
 высокая твердость, яркая или светлая окраска, низкая проводимость, обычно низкая плотность

МИНЕРАЛЫ
 алмаз, многие сульфиды, соли кислородных кислот




• ионная связь
 = электростатическое притяжение анионов (-) и катионов (+)

СТРУКТУРА
 максимально плотные упаковки

СВОЙСТВА
 хрупкость, невысокая плотность, плохая проводимость, прозрачность и светлая окраска

МИНЕРАЛЫ
 большинство минералов



• ван-дер-ваальсова связь
 = дипольное электростатическое притяжение за счет движения электронов вокруг ядер → очень слабая, но существует между всеми атомами



22

• ван-дер-ваальсова связь
 = дипольное электростатическое притяжение за счет движения электронов вокруг ядер → очень слабая, но существует между всеми атомами

существует между ВСЕМИ атомами и молекулами, но проявляется только при отсутствии других типов связи

СВОЙСТВА
 хрупкость, низкая твердость, низкая температура плавления, плохая тепло- и электропроводность

МИНЕРАЛЫ
 при замерзании – органические соединения и инертные газы в минералах – «попутная» связь: графит, сера, некоторые сульфиды



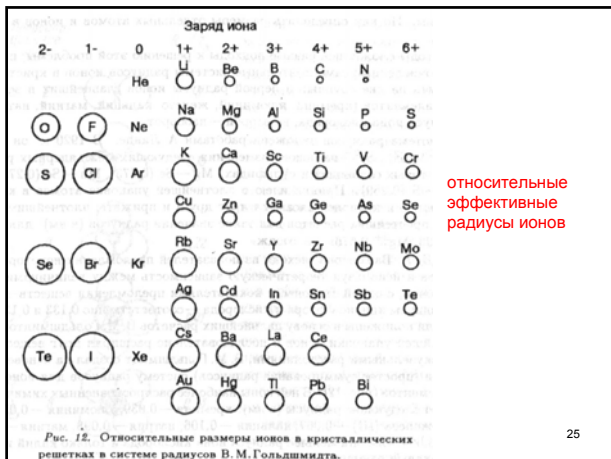
23

ПАРАМЕТРЫ АТОМА (ИОНА) В КРИСТАЛЛЕ

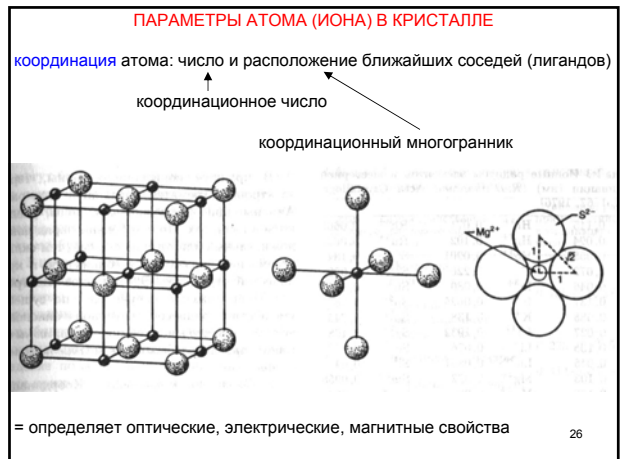
эффективный (т.е. кажущийся) заряд иона
 = определяет соответствие атома его окружению

эффективный (т.е. кажущийся) радиус
 = определяет геометрическое соответствие атома структуре кристалла

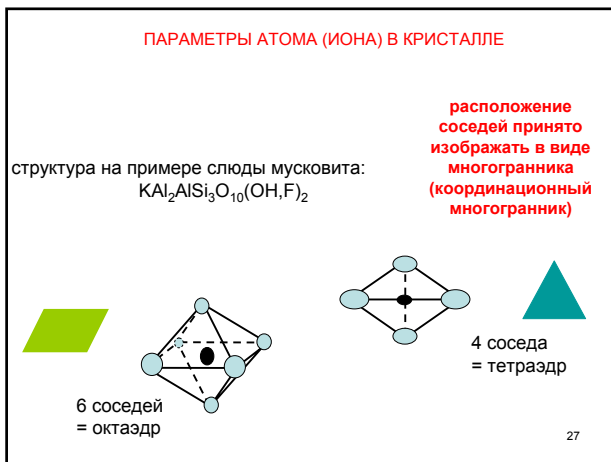
24



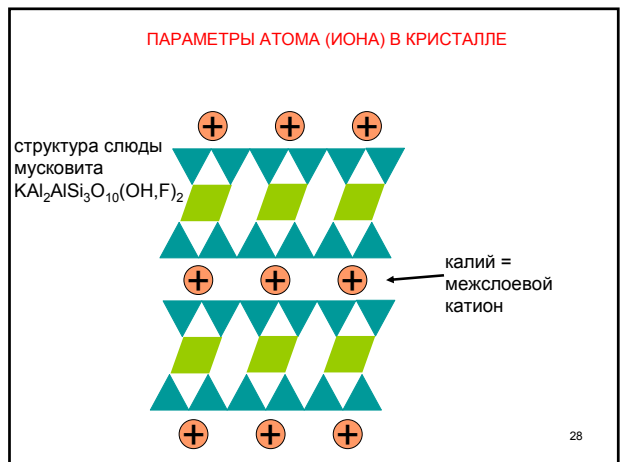
25



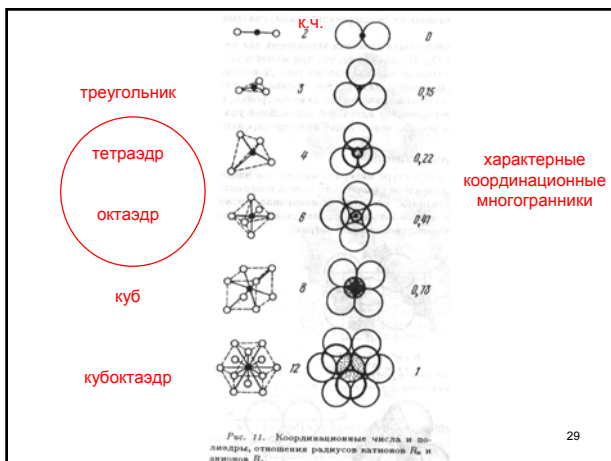
26



27



28



29

