

Курс лекций Спецкурс минералогии

Тема 4: КРИСТАЛЛОФИЗИКА, КРИСТАЛЛОХИМИЯ

Ассоциированный профессор
кафедры ГРМПИ: доктор PhD, к.т.н.

Маусымбаева Алия Думановна

2025



Тема 4: КРИСТАЛЛОФИЗИКА, КРИСТАЛЛОХИМИЯ

План лекции:

Основы кристаллофизики механические свойства кристаллов
оптические свойства кристаллов

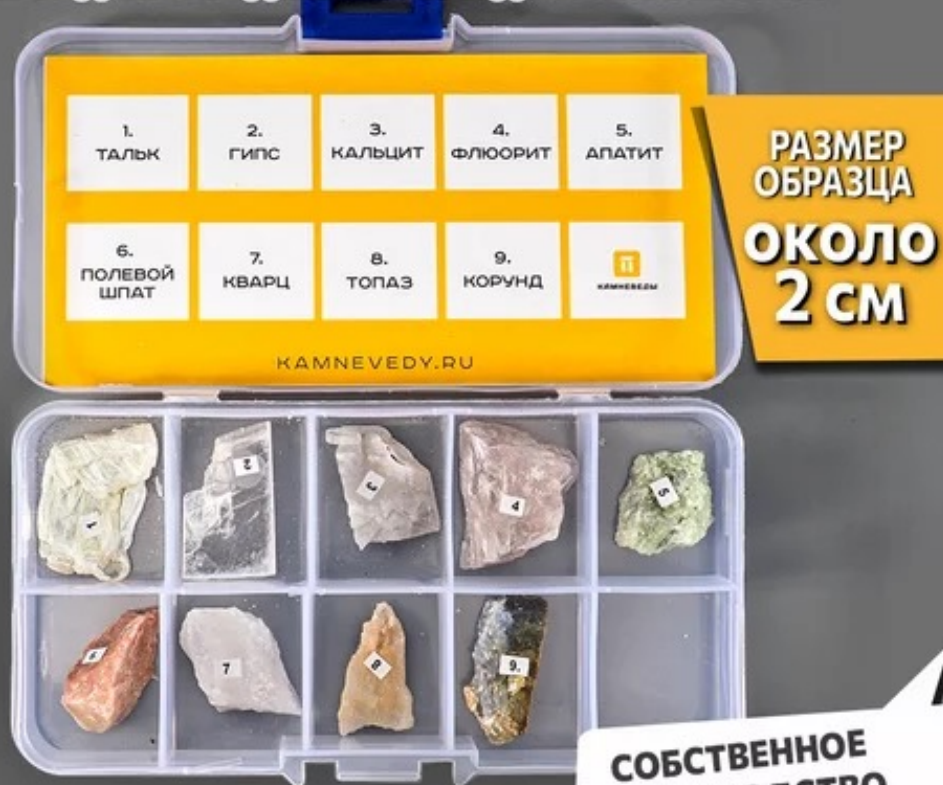
Основы кристаллохимии атомные и ионные радиусы типы связей в
структурах минералов

Понятия изоморфизма и полиморфизма

КОЛЛЕКЦИЯ ЮНОГО ГЕОЛОГА

ШКАЛА МООСА

НАБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ МИНЕРАЛОВ























СОБСТВЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



КАМНЕВЕДЫ

- ▶ Основы кристаллофизики
- ▶ **Кристаллофизика** изучает зависимость между физическими свойствами кристаллов и их внутренним строением. **Физика твердых тел** и, в частности **физика кристаллов** привлекает все больший интерес, как с научной, так и с практической точек зрения.
- ▶ **Физические свойства** представлены механическими, оптическими, электрическими и пр. свойствами кристаллов. Обусловлены основными свойствами кристаллического вещества; однородностью, анизотропией, способностью к самоограничению, а также постоянством фазовых превращений.
- ▶
- ▶ 1.1. Механические свойства кристаллов
- ▶ К **механическим свойствам** кристаллов относятся свойства, связанные с такими механическими воздействиями на них, как удар, сжатие, растяжение и прочее - (спайность, пластическая деформация, излом, твердость, хрупкость).
- ▶ **Спайностью** называется свойство кристаллов раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных гладких плоскостей, называемых плоскостями спайности.
- ▶ **Плоскости спайности** ориентированы параллельно действительным или возможным граням кристаллов. Это свойство всецело зависит от внутреннего строения минералов и проявляется в тех направлениях, в которых силы сцепления между материальными частицами кристаллических решеток наименьшие.
- ▶ В зависимости от степени совершенства выделяют несколько видов спайности:
- ▶ **Весьма совершенная** — минерал легко расщепляется на отдельные тонкие пластинки или листочки, расколоть его

Твёрдость по Моосу	Эталонный минерал	Абсолютная твёрдость	Изображение	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твёрдостью	Аналоги строительных материалов «мягче-твёрже»
1	Тальк $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	1		Царапается ногтем	Графит	 Мел
2	Гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	3		Царапается ногтем	Галит, хлорит	 Газобетон
3	Кальцит $CaCO_3$	9		Царапается медной монетой	Биотит, золото, серебро	 Кирпич силикатный
4	Флюорит CaF_2	21		Царапается ножом, оконным стеклом	Доломит, сфалерит	 Кирпич
5	Апатит $Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$	48		Царапается ножом, оконным стеклом	Гематит, лазурит	 Кирпич
6	Ортоклаз $K(AlSi_3O_8)$	72		Царапается напильником	Опал, рутил	 Стекло
7	Кварц SiO_2	100		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Гранат, турмалин	 Напольная плитка
8	Топаз $Al_2SiO_4(OH, F)_2$	200		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Берилл, шпинель, аквамарин	 Керамогранит
9	Корунд Al_2O_3	400		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Сапфир, рубин	 Al_2O_3
10	Алмаз C	1600		Режет стекло		

Излом - способность минералов раскалываться не по плоскостям спайности, а по сложной неровной поверхности. Различают следующие виды излома:

Раковистый - похожий на внутреннюю поверхность раковины (кварц, халцедон, обсидиан). Характерен для кристаллов, у которых отсутствует спайность. С раковистым изломом кремня человек познакомился в каменном веке, т.к. именно этот тип излома дает такие острые режущие края.

Занозистый - напоминает поперечный излом древесины и свойственен волокнистым минеральным агрегатам - (асбест, амфиболы)

Крючковатый - поверхность излома как бы покрыта мелкими крючками (самородная медь, серебро и другие ковкие металлы)

Землистый - поверхность излома матовая и как бы покрыта мелкой пылью (каолин)

Ровный - свойственен очень мелкозернистым агрегатам, например, яшмам.

Ступенчатый - возникает у минералов с хорошей спайностью или отдельностью.

Отдельность - свойство некоторых минералов раскалываться с образованием параллельных, хотя чаще всего не совсем ровных плоскостей, не обусловленных строением кристаллической решетки, которое иногда принимают за спайность.

Основные типы текстуры руд

Твердость – устойчивость минерала к царапанию.

Шкала твердости Мооса Твердость Минерал шкалы Мооса Бытовая шкала

1. Тальк Карандаш мягкий
2. Гипс Ноготь
3. Кальцит Медная монета
4. Флюорит Стальная проволока
5. Апатит Простое оконное стекло
6. Полевой шпат (ортоклаз) Лезвие стального ножа
7. Кварц Напильник
8. Топаз
9. Корунд
10. Алмаз





Тальк (1)



Гипс (2)



Кальцит (3)



Флюорит (4)



Апатит (5)



Ортоклаз (6)



Кварц (7)



Топаз (8)



Корунд (9)



Алмаз (10)

По убыванию интенсивности различают следующие виды блеска:

металлический – напоминает блеск полированного металла (сталь, серебро, золото). Вы уже знаете, что минералы с металлическим блеском всегда непрозрачны. **полуметаллический** – подобен металлическому, но более тусклый, как у потускневших от времени металлов (гематит) или как у грифеля простого карандаша (графит). Минералы, обладающие полуметаллическим блеском также всегда непрозрачны. **алмазный** – сильный блеск, обусловленный неоднократным отражением света от внутренних поверхностей прозрачных и полупрозрачных минералов (алмаз, сера, сфалерит, киноварь).

стеклянный – поверхность минерала блестит как стекло (но значительно слабее, чем у минералов с алмазным блеском). Стеклянным блеском обладает большинство (около 70%) прозрачных и полупрозрачных минералов. Например, кварц, топаз, гипс и др. **перламутровый** – минерал блестит и переливается как поверхность перламутра или жемчуга. Наблюдается у прозрачных и просвечивающих минералов, имеющих тонкое пластинчатое строение или обладающих весьма совершенной спайностью. Свет одновременно отражается от множества поверхностей внутри минерала, в результате чего возникают перламутровые «переливы». Примеры: слюды, тальк, гипс.

шелковистый – обусловлен волокнистым строением минерала, поэтому минерал блестит и переливается, как шелк или моток шелковых нитей (гипс-селенит, асбест, иногда малахит) **жирный** – поверхность минерала кажется смазанной жиром или покрытой маслянистой пленкой (нефелин). Возникает тогда, когда поверхности минерала покрыта мельчайшими неровностями. В результате при рассеянии получается эффект «жирной поверхности».

смоляной – блеск, напоминающий блеск застывшей смолы или гудрона (обсидиан, янтарь, морион). Аналог жирного блеска для минералов с темной окраской.

восковой – полуматовый блеск, напоминающий блеск пчелиного воска, характерный для минералов, равномерно рассеивающих свет (халцедон, серпентин).

3. Понятия изоморфизма и полиморфизма

Важная особенность кристаллических веществ заключается в развитии в них явлений полиморфизма и изоморфизма, которые впервые ввел в научную терминологию немецкий химик Эйльхайд Митчерлих в 1919-1921 гг.

Под изоморфизмом (от греч. «изос» — равный, «морфэ» — форма) понимается явление взаимного замещения атомов, ионов или их групп в кристаллических решетках минералов без изменения их строения.

Результатом процесса изоморфного замещения являются изоморфные смеси (смешанные кристаллы, твердые растворы, кристаллы переменного состава).

В зависимости от количественных соотношений замещающих друг друга компонентов различают

Полный, или совершенный, изоморфизм, это явление полного без ограничений замещения, т.е. наблюдается полный переход от одного крайнего члена изоморфного ряда к другому

Неполный, или несовершенный, изоморфизм, когда смешимость возможна только в определенных соотношениях.

Причины проявления изоморфизма

Внутренние причины, обусловленные строением атомов:

Близость ионных радиусов

Близость свойств атомов: валентности, строения внешней электронной оболочки, потенциалов ионизации, сродства к электрону.

Характер возникающего соединения и его строение: тип химических связей, структура решетки.

Внешние причины:

Термодинамическая обстановка (температура, давление)

Смена окислительно - восстановительных условий.

Значение изоморфизма для изучения природных процессов:

Осуществляет миграцию элементов в земной коре.

Индикатор P-T условий геологических процессов.

▶ **Основной список литературы**

- ▶ 1 Абдулин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. Алматы: Гылым, 2004.
- ▶ 2 Геологическое строение Казахстана / Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. и др. - Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2005.
- ▶ 3 Полезные ископаемые Казахстана: Объяснительная записка к Карте полезных ископаемых Казахстана масштаба 1:1 000 000 / Никитченко И.И. - Кокшетау, 2006.
- ▶ 4 Геология и минерагения Казахстана. Алматы: «Казгео», 2008.
- ▶ 5 Геонауки в Казахстане. Алматы: «Казгео», 2008.
- ▶ 6 Бекжанов Г.Р., Фишман И.Л. Прогнозные ресурсы и управление недропользованием в Казахстане. Алматы, 2012.
- ▶ 7 Бакенов М.М. Оновы рудно-формационного анализа. Алматы, 2011.
- ▶ 8 Бакенов М.М., Отарбаев К. Геология полезных ископаемых Казахстана, Алматы, 2012.
- ▶ 9 Бакенов М.М. Нетрадиционные и новые виды полезных ископаемых Казахстана, Алматы, 2008.
- ▶ 10 Рельеф Казахстана (пояснительная записка к Геоморфологической карте Казахстана масштаба 1: 1 500 000). В 2 - х частях. - Алма - Ата: Гылым, 2011.
- ▶ 11 Бакенов М.М. Нерудные полезные ископаемые Казахстана, Алматы, 2009.
- ▶ 12 Бакенов М.М. Месторождения золота Казахстана, Алматы, 2008.
- ▶ 13 Сырьевая база алюминиевой промышленности Казахстана. Алматы: Академия минеральных ресурсов РК, 2006.
- ▶ 14 Сырьевая база черной металлургии Казахстана (железо, марганец, хром). Караганда: 2005.