

Кристаллы и их  
свойства. Понятие о  
симметрии кристаллов  
и элементах  
симметрии. Сингония.





# Кристаллы и их свойства.

Кристалл - это упорядоченная в пространстве система атомов.

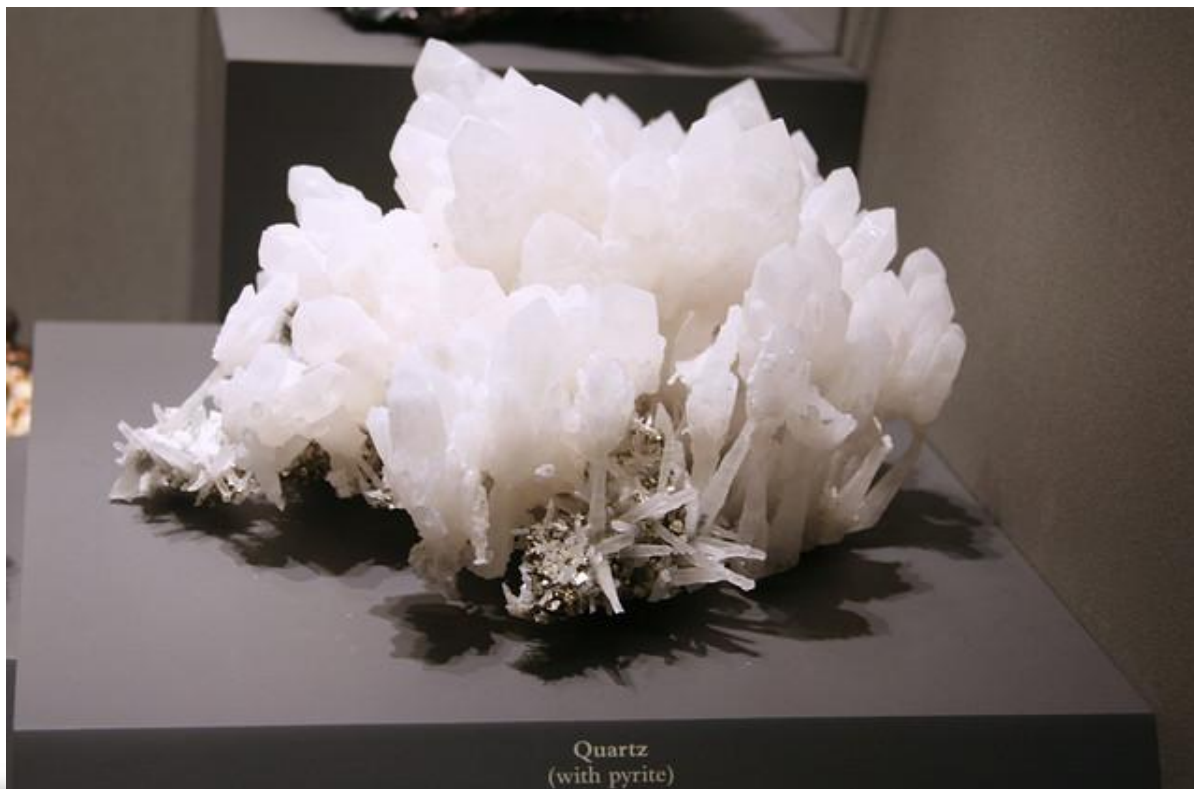


Рисунок 1 - Кристаллы кварца

Кристаллы  
поваренной соли





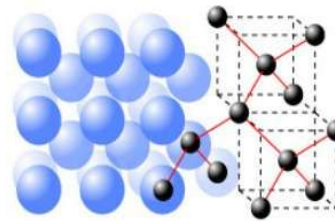
# Основные свойства кристаллов

Теория решётчатого строения кристаллов была создана в середине 19 века французским кристаллографом О. Бравэ, а затем русский кристаллограф академик Е.С. Фёдоров и немецкий учёный А. Шенфлис завершили математическую разработку этой теории.

Основными свойствами кристаллов являются их однородность, анизотропность, способность самоограняться и симметричность.

## КРИСТАЛЛЫ

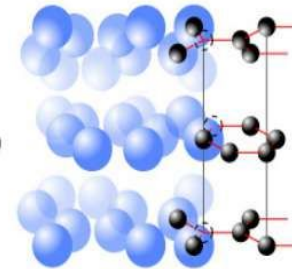
УПАКОВКА АТОМОВ  
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
РЕШЕТКА АЛМАЗА



АЛМАЗ



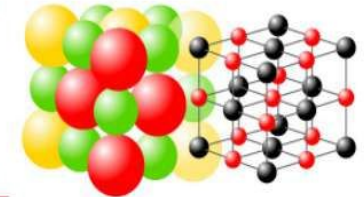
УПАКОВКА АТОМОВ  
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
РЕШЕТКА ГРАФИТА



ГРАФИТ

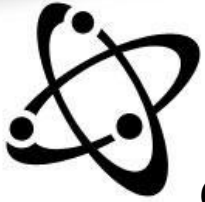


УПАКОВКА АТОМОВ  
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ  
РЕШЕТКА  
ПОВАРЕННОЙ СОЛИ



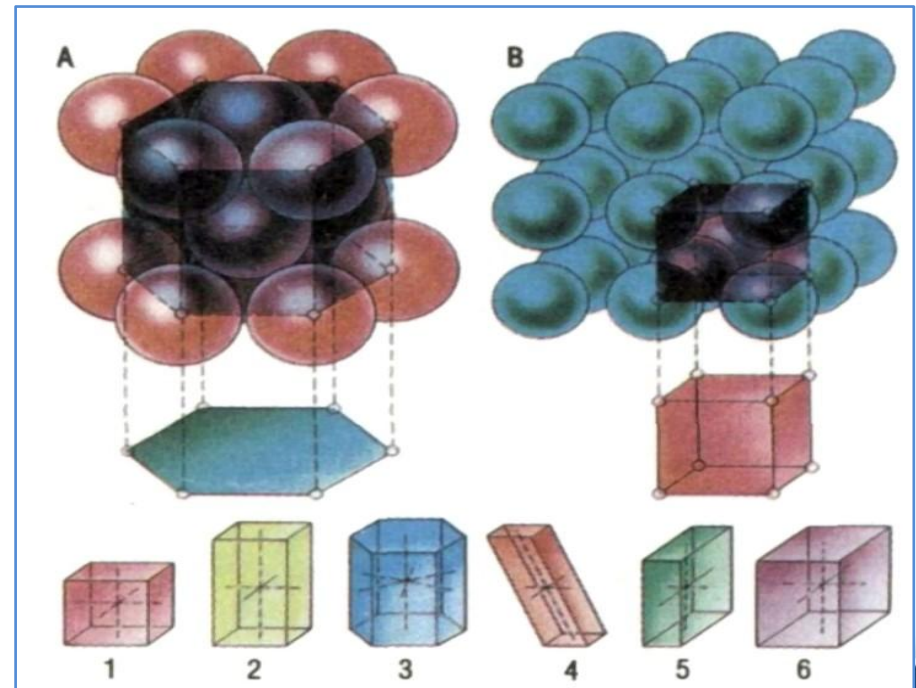
ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ





# Однородность

Однородным обычно называют тело, которое обнаруживает одинаковые свойства во всех своих частях. Кристаллическое тело однородно, т. к. различные участки его имеют одинаковое строение, т. е. одинаковую ориентировку слагающих частиц, принадлежащих одной и той же пространственной решётке. Однородность кристалла следует отличать от однородности жидкости или газа, которая имеет статистический характер.



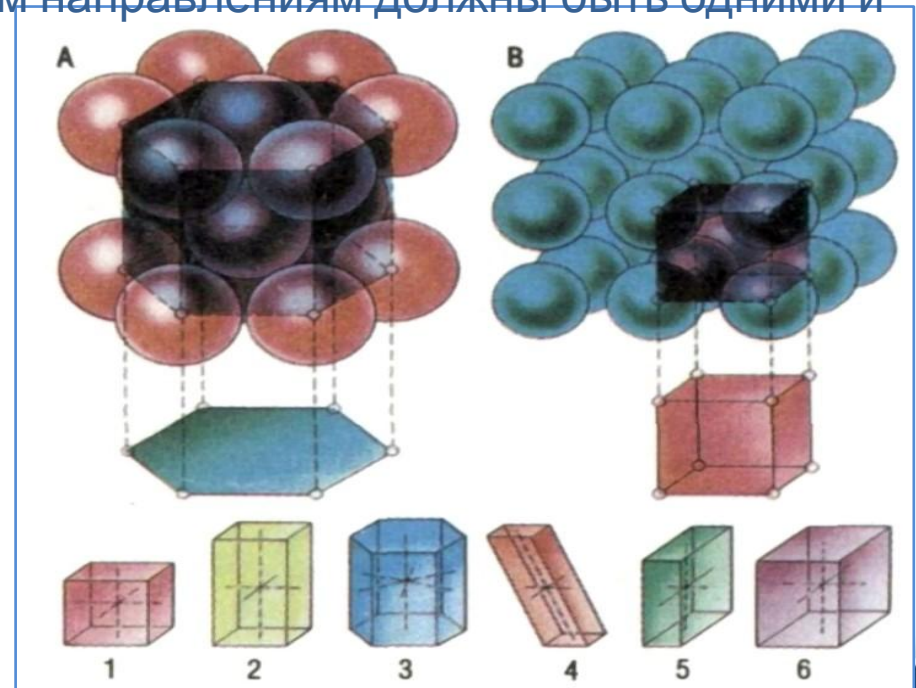


# Анизотропность

Анизотропным называется такое однородное тело, которое обладает неодинаковыми свойствами по непараллельным направлениям. Кристаллическое тело анизотропно, т. к. строение пространственной решётки, а значит и самого кристалла, в общем случае неодинаково по непараллельным направлениям.

По параллельным же направлениям частицы слагающие кристалл, как и узлы его пространственной решётки, расположены строго одинаковым образом, поэтому и свойства кристалла по таким направлениям должны быть одними и теми же.

Характерный пример резко выраженной анизотропии представляет слюда, кристаллы которой легко расщепляются лишь по одному определённом направлению.



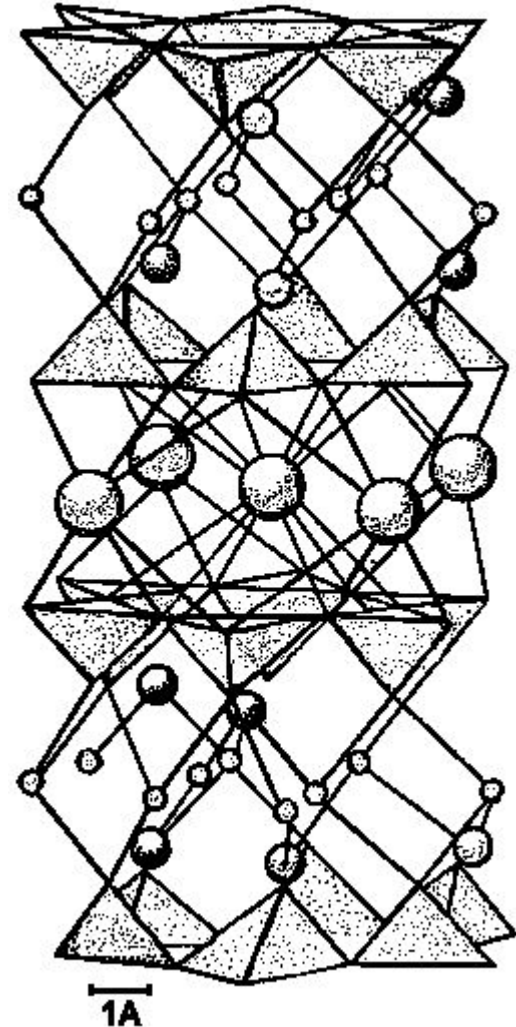


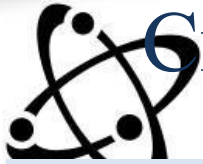
# Анизотропность



Рисунок -  
Слюда

Рисунок - **Структура кристалла слюды**  
МУСКОВИТ.





## Способность самоограняться. Симметрия

Образовываться в виде плоскостных многогранников могут лишь кристаллические тела. В способности самоограняться, т. е. принимать многогранную форму, проявляется наиболее характерный внешний признак кристаллического вещества.

Симметрия кристаллов также является отражением их закономерного внутреннего строения. Все кристаллы в той или иной степени симметричны, т. е. состоят из закономерно повторяющихся равных частей, так как их строение выражается пространственной решёткой, которая по своей природе всегда симметрична.

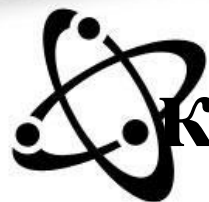




# Сингония, или кристаллографическая система

Разбивка 32-х классов симметрии кристаллов на группы по признаку сходства симметрии приводит к очень важному для минералогии и кристаллографии понятию **сингонии**, или **кристаллографической системы**. Кристаллы одной сингонии объединяются одинаковой совокупностью характерных углов и наличием одного или нескольких одинаковых элементов симметрии (в частности, главной оси или набора осей одного порядка).

Всего выделяют семь (в России) или шесть (за рубежом) сингонии; в порядке повышения симметрии это триклинная, моноклинная, ромбическая, тетрагональная, тригональная и гексагональная (часто, особенно за рубежом, объединяются в одну — **гексагональную**), а также кубическая сингонии. В таблице 2А.1. приведено распределение 32-х классов (видов) симметрии с их названиями и формулами симметрии по семи сингониям. Свои названия классы симметрии получили по наиболее характерным для них простым формам; обычно это так называемые "**общие**" простые формы каждого класса.



# Сингония, или

# кристаллографическая система

Триклинная	1. Моноэдрический (педиальный) 2. Пинакоидальный	$(L_1)$ C
Моноклинная	3. Сфеноидальный (диэдрический осевой) 4. Доматический (диэдрический безосный) 5. Призматический	$L_2P$ P $L_2PC$
Ромбическая	6. Ромбо-тетраэдрический (ромбо-бисфеноидальный) 7. Ромбо-пирамидальный 8. Ромбо-бипирамидальный	$3L_2$ $L_2P2P$ $3L_23PC$
Тетрагональная	9. Тетрагонально-пирамидальный 10. Тетрагонально-бипирамидальный 11. Тетрагонально-трапецоэдрический 12. Дитетрагонально-пирамидальный 13. Дитетрагонально-бипирамидальный 14. Тетрагонально-тетраэдрический (тетрагонально-бисфеноидальный) 15. Тетрагонально-скаленоэдрический	$L_4P$ $L_4PC$ $L_44L_2$ $L_4P4P$ $L_44L_25PC$ $L_4i$ $L_4i2L_22P$
Тригональная	16. Тригонально-пирамидальный 17. Ромбоэдрический 18. Тригонально-трапецоэдрический 19. Дитригонально-пирамидальный 20. Дитригонально-скаленоэдрический	$L_3P$ $L_3C=L_3i$ $L_33L_2$ $L_3P3P$ $L_33L_23PC=L_3i3L_23P$
Гексагональная	21. Гексагонально-пирамидальный 22. Гексагонально-бипирамидальный 23. Гексагонально-трапецоэдрический 24. Дигексагонально-пирамидальный 25. Дигексагонально-бипирамидальный 26. Тригонально-бипирамидальный* 27. Дитригонально-бипирамидальный*	$L_6P$ $L_6PC$ $L_66L_2$ $L_6P6P$ $L_66L_27PC$ $L_3P=L_6i$ $L_33L_24P=L_6i3L_23P$
Кубическая	28. Тритетраэдрический (пентагон-тритетраэдрический) 29. Дидодекаэдрический 30. Триоктаэдрический (пентагон-триоктаэдрический) 31. Гексатетраэдрический 32. Гексоктаэдрический	$4L_33L_2$ $4L_33L_23PC$ $3L_44L_26L_2$ $3L_44L_36P$ $3L_44L_36L_29PC$



# Триклинная сингония

Все три оси имеют разную длину и пересекаются под острыми углами. Это система с самым низким уровнем симметрии. Например, микроклин, плагиоклазы (альбит, анортит), бирюза, каолинит, змеевик, амблигонит.

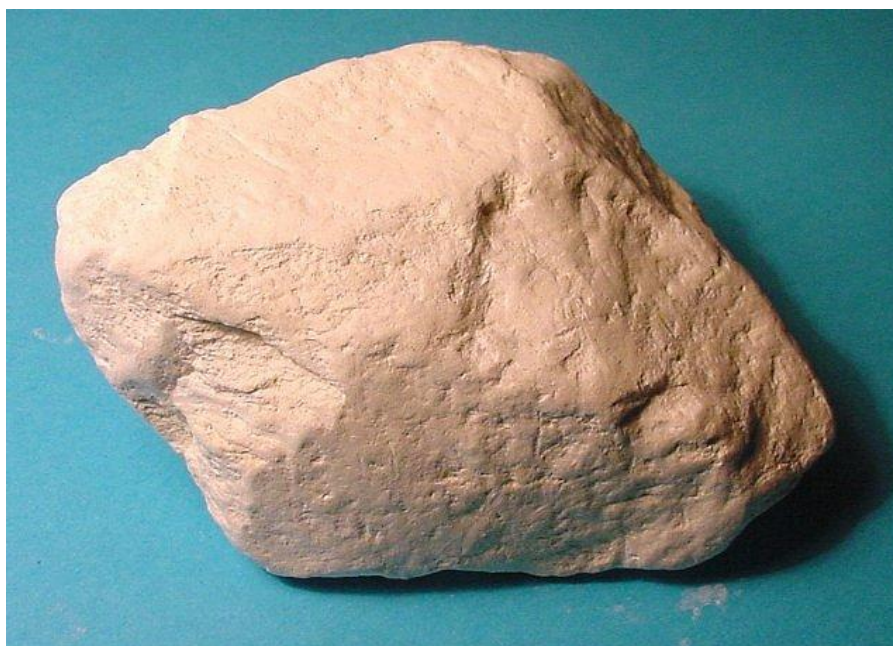
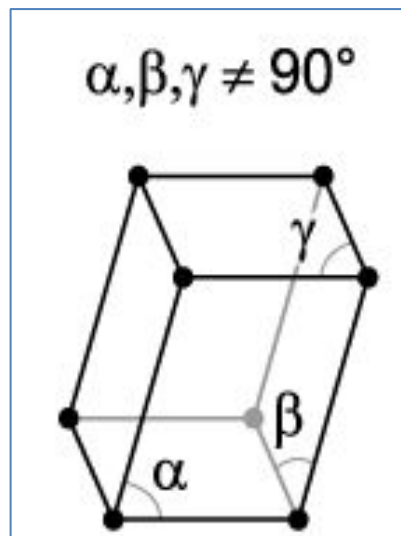
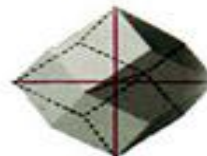
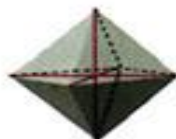


Рисунок - Каолинит



**Кубическая**



**Тетрагональная**



**Гексагональная  
и тригональная**



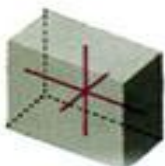
**Ромбическая**

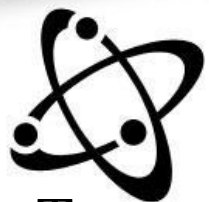


**Моноклинная**



**Триклинная**





# Моноклиная сингония

Три неравные оси, только две из них пересекаются под прямыми углами. Пример: селенит, гипс, слюда, ортоклаз, манганит, роговая обманка, бура, азурит, аурипигмент, авгит, диопсид.

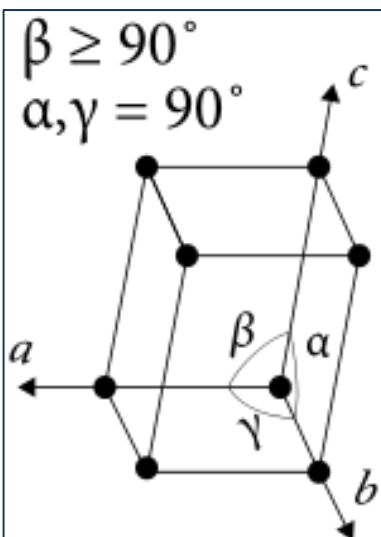


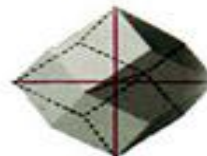
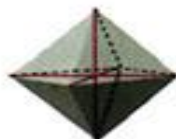
Рисунок –  
Гипс.



Рисунок – Азурит, природный  
минерал, подвид медной руды.



**Кубическая**



**Тетрагональная**



**Гексагональная  
и тригональная**



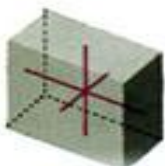
**Ромбическая**



**Моноклинная**



**Триклинная**





# Ромбическая сингония

Характерны три неравные оси, перпендикулярные друг другу. Например, барит, оливин, топаз, сера, марказит, арагонит, целестин, церуссит.

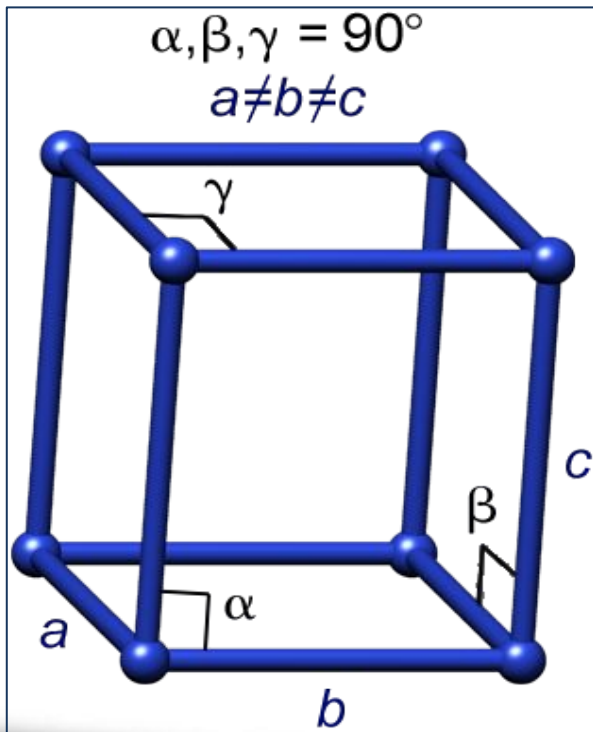


Рисунок – Барит.

# Гексагональная (и тригональная) СИНГОНΙΑ

Три равные оси пересекаются под углом в  $60^\circ$ , плюс одна ось другой длины, пересекающаяся под прямым углом. Гексагональные кристаллы имеют симметрию до шестого порядка, тригональные – до третьего. Например, берилл,

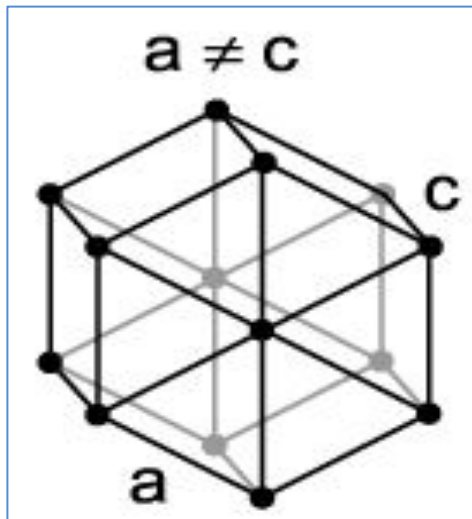


Рисунок – Берилл.





# Тетрагональная сингония

Три оси расположены перпендикулярно друг к другу, две оси имеют одинаковую длину, третья (главная ось) либо короче, либо длиннее. Например, везувиан, халькопирит, циркон, касситерит, рутил, вольфенит, шеелит.

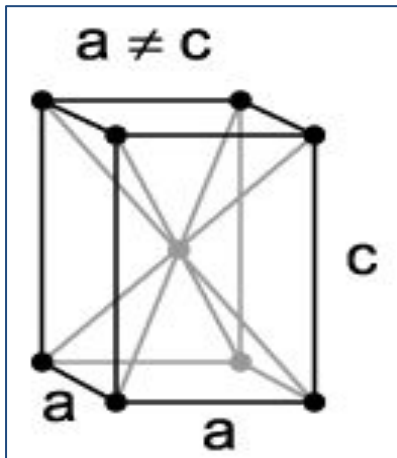
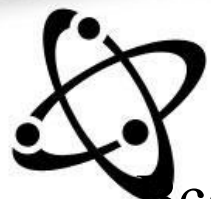


Рисунок – халькопирит.



# Кубическая сингония

Все три оси имеют равную длину и расположены перпендикулярно друг к другу. Данная сингония имеет максимальный уровень симметрии. Пример минералов с такой сингонией: галенит, Рисунок - галит, серебро, золото, флюорит, пирит, гранат, шпинель, магнетит, медь.

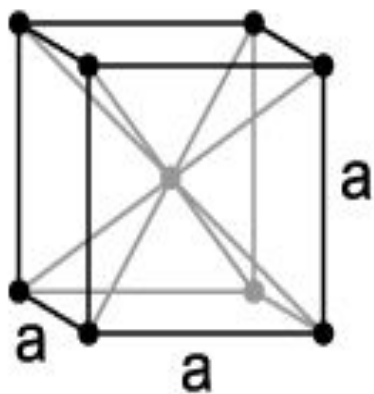
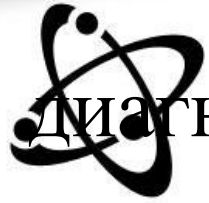


Рисунок – Галит.



Рисунок – Флюорит.



# Минералы и их свойства. Основные диагностические признаки. Формы минеральных агрегатов.

Однородное природное твердое тело, находящееся или бывшее в кристаллическом состоянии. Минералы являются составной частью горных пород (породообразующие минералы), руд, метеоритов.

# Физические свойства минералов



- 1 Цвет минерала
- 2 Цвет черты
- 3 Прозрачность
- 4 Блеск
- 5 Спайность
- 6 Излом
- 7 Твердость
  - 7.1 Шкала Мооса
- 8 Удельный вес
- 9 Магнитность
- 10 Ковкость и хрупкость
- 11 Электропроводность
- 12 Горючесть и запах
- 13 Вкус
- 14 Шероховатость и жирность
- 15 Гигроскопичность



# Цвет минерала, цвет черты.



**Цвет** - свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом и интенсивностью видимого излучения. Основные характеристики цвета - цветовой тон, насыщенность и светлота.

## Оптические свойства минералов

### 2. Цвет черты

Многие минералы в порошкообразном состоянии имеют другой цвет, чем цвет в куске. Обычно для определения цвета минерала в порошке проводят кусочком минерала черту на белой шероховатой поверхности неглазурированного фарфора. Этот метод диагностики весьма важен. Например, цвет черты соломенно-желтого пирита - черный, черного гематита - вишнево-красный, а черного магнетита - черный. В случае если твердость минерала выше, чем твердость фарфоровой пластинки, то минерал не дает черты, а образует на фарфоре царапину.

Так, например, лимонит (бурый железняк) дает коричневую черту, гематит (красный железняк) — красную, магнетит (магнитный железняк) - черную. Кварц и все минералы, имеющие твердость от 7 до 10, вообще не дают черты или имеют белую (бесцветную) черту.

Во многих случаях цвет черты и цвет минерала сильно различаются

#### *Окраска минерала и окраска черты*

Минерал	Окраска минерала	Окраска черты
Галенит	Серая, металлически -белая	Серовато-черная
Пирротин	Томпаково -бурая	Черная
Пирит Халькопирит	Шпейсово -желтая	Серовато-черная
	Золотисто -желтая	Зеленовато -черная



# Прозрачность

По своей способности пропускать свет минералы делятся на несколько групп:

- **прозрачные** (горный хрусталь, каменная соль) – пропускающие свет, через них ясно видны предметы;
- **полупрозрачные** (халцедон, опал) – предметы, через них плохо видны предметы;
- **просвечивающие** только в очень тонких пластинках;
- **непрозрачные** – свет не пропускают даже в тонких пластинках (пирит, магнетит).



# Блеск

Блеском называется способность минерала отражать свет. Строгого научного определения понятия блеск не существует. Различают минералы с металлическим блеском как у полированных минералов (пирит, галенит); с полуметаллическим (алмазным, стекляннм, матовым, жирным, восковым, перламутровым, с радужными переливами, шелковистым). Многие физические свойства являются важными диагностическими признаками при определении минералов.



Рисунок - Матовый,  
стеклянный блеск.  
Магнезит.





# Спайность

Явление спайности у минералов определяется сцеплением частиц внутри кристаллов и обусловлено свойствами их кристаллических решеток. Раскол минералов происходит легче всего параллельно наиболее плотным сеткам кристаллических решеток. Эти сетки наиболее часто и в наилучшем развитии проявляются и во внешнем ограничении кристалла.

Количество плоскостей спайности у разных минералов неодинаково, достигает шести, причем степень совершенства разных плоскостей может быть неодинаковой.



## Различают следующие виды спайности:

- весьма совершенную, когда минерал без особого усилия расщепляется на отдельные листочки или пластинки, обладающие гладкими блестящими поверхностями – плоскостями спайности (гипс);
- совершенную, обнаруживаемую при легком ударе по минералу, который рассыпается на кусочки, ограниченные только ровными блестящими плоскостями. Неровные поверхности не по плоскости спайности получаются очень редко (кальцит раскалывается на правильные ромбоэдры разной величины, каменная соль – на кубики, сфалерит – на ромбические додекаэдры);
- среднюю, которая выражается в том, что при ударе по минералу образуются изломы как по плоскостям спайности, так и по неровным поверхностям (полевые шпаты – ортоклаз, микроклин, лабрадор);



## Различают следующие виды спайности:

- несовершенную. Плоскости спайности в минерале обнаруживаются с трудом (апатит, оливин);
- весьма несовершенную. Плоскости спайности в минерале отсутствуют (кварц, пирит, магнетит). В то же время иногда кварц (горный хрусталь) встречается в хорошо ограненных кристаллах. Поэтому следует отличать естественные грани кристалла от плоскостей спайности, выявляющихся при изломе минерала. Плоскости могут быть параллельны граням и отличаться более «свежим» видом и более сильным блеском.



# Излом

- Ровный излом, если раскол минерала происходит по плоскостям спайности, как, например, у кристаллов слюды, гипса, кальцита.
- Ступенчатый излом получается при наличии в минерале пересекающихся плоскостей спайности; он может наблюдаться у полевых шпатов, кальцита.
- Неровный излом характеризуется отсутствием блестящих участков раскола по спайности, как, например, у кварца.
- Зернистый излом наблюдается у минералов с зернисто-кристаллическим строением (магнетит, хромит).
- Землистый излом характерен для мягких и сильно пористых минералов (лимонит, боксит).
- Раковистый – с выпуклыми и вогнутыми участками как у раковин (апатит, опал).
- Занозистый (игольчатый) – неровная поверхность с ориентированными в одном направлении занозами (селенит, хризотил-асбест, роговая обманка).
- Крючковатый – на поверхности раскола возникают крючковатые неровности (самородная медь, золото, серебро). Этот вид излома характерен для ковких металлов.



# Твердость

**Твердость минералов** – это степень сопротивляемости их наружной поверхности проникновению другого, более твердого минерала и зависит от типа кристаллической решетки и прочности связей атомов (ионов). Определяют твердость царапанием поверхности минерала ногтем, ножом, стеклом или минералами с известной твердостью из шкалы Мооса, в которую входят 10 минералов с постепенно возрастающей твердостью (в относительных единицах).

Относительность положения минералов по степени возрастания их твердости видна при сравнении: точные определения твердости алмаза (твердость по шкале равна 10) показали, что она более чем в 4000 раз выше, чем у [галька](#) (твердость – 1).

# Шкала твердости Мооса

<b>Тальк</b>  Царапается ногтем	<b>Твердость 1</b>	<b>Ортоклаз</b>  Царапается напильником	<b>Твердость 6</b>
<b>Гипс</b>  Царапается ногтем	<b>Твердость 2</b>	<b>Кварц</b>  Поддается обработке	<b>Твердость 7</b>
<b>Кальцит</b>  Царапается ножом	<b>Твердость 3</b>	<b>Топаз</b>  Царапает стекло	<b>Твердость 8</b>
<b>Флюорит</b>  Царапается ножом	<b>Твердость 4</b>	<b>Корунд</b>  Царапает стекло	<b>Твердость 9</b>
<b>Апатит</b>  Царапается ножом	<b>Твердость 5</b>	<b>Алмаз</b>  Режет стекло	<b>Твердость 10</b>



# Удельный вес

Удельный вес изменяется от 0,9 до 23 г/см<sup>3</sup>. У большей части минералов он составляет 2 – 3,4 г/см<sup>3</sup>, рудные минералы и самородные металлы имеют наивысший удельный вес 5,5 – 23 г/см<sup>3</sup>. Точный удельный вес определяется в лабораторных условиях, а в обычной практике – «взвешиванием» образца на руке:

- легкие (с удельным весом до 2,5 г/см<sup>3</sup>) – сера, каменная соль, гипс и другие минералы;
- средние (2,6 – 4 г/см<sup>3</sup>) – кальцит, кварц, флюорит, топаз, бурый железняк и другие минералы;
- с большим удельным весом (больше 4). Это барит (тяжелый шпат) – с удельным весом 4,3 – 4,7, сернистые руды свинца и меди – удельный вес 4,1 – 7,6 г/см<sup>3</sup>, самородные элементы – золото, платина, медь, железо и т.д. с удельным весом от 7 до 23 г/см<sup>3</sup> (осмистый иридий – 22,7 г/см<sup>3</sup>, платиновый иридий – 23 г/см<sup>3</sup>).



# Магнитность. Ковкость и хрупкость. Электропроводность

Свойство минералов притягиваться магнитом или отклонять магнитную стрелку компаса является одним из диагностических признаков. Сильно магнитными минералами являются магнетит и пирротин.

Ковкими являются минералы, изменяющие свою форму при ударе молотком, но не рассыпающиеся (медь, золото, платина, серебро). Хрупкие – рассыпаются при ударе на мелкие кусочки.

**Электропроводность минералов** – это способность минералов проводить электрический ток под действием электрического поля. В противном случае минералы относятся к диэлектрикам, т.е. не проводящим ток.



# Горючесть и запах. Вкус.

## Шероховатость и жирность.

### Гигроскопичность



**Горючесть и запах.** Некоторые минералы загораются от спички и создают характерные запахи (сера – сернистого газа, янтарь – ароматический запах, озокерит – удушливый запах угарного газа). Запах сероводорода появляется при ударе по марказиту, пириту, при растирании кварца, флюорита, кальцита. При трении кусочков фосфорита друг о друга появляется запах жженой кости. Каолинит при смачивании приобретает запах печки.

**Вкус.** Вкусовые ощущения вызывают только хорошо растворимые в воде минералы (галит – соленый вкус, сильвин – горько соленый).

**Шероховатость и жирность.** Жирными, слегка мажущими являются тальк, каолинит, шероховатыми – боксит, мел.

**Гигроскопичность.** Это свойство минералов увлажняться, притягивая молекулы воды из окружающей среды, в том числе из воздуха (карналлит).

*Некоторые минералы реагируют с кислотами. Для опознавания минералов, которые по химическому составу являются солями угольной кислоты, удобно пользоваться реакцией вскипания их со слабой (5 – 10%) соляной кислотой.*