

- ***Кристаллофизика*** изучает зависимость между физическими свойствами кристаллов и их внутренним строением.

Физика кристаллов привлекает все больший интерес как с научной, так и с практической точек зрения

Физические свойства кристаллов:

механические, оптические, электрические.

Обусловлены основными свойствами кристаллического вещества: однородностью, анизотропией, способностью к самоограничению, а также постоянством фазовых превращений

Основные свойства минералов и методы их определения

Для того чтобы распознать минералы в полевых условиях, или в условиях, приближенных к полевым, т.е. не прибегая к специальным методам минералогического исследования и оборудованию, необходимо знать и уметь определить их основные физические свойства, которые можно использовать как **диагностические признаки**.

1. Механические свойства кристаллов

К механическим свойствам кристаллов относятся свойства, связанные с такими механическими воздействиями на них, как удар, сжатие, растяжение – **спайность, пластическая деформация, излом, твердость, хрупкость**

■ **1.1. Спайность** - свойство кристаллов раскалываться или расщепляться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных гладких плоскостей, называемых плоскостями спайности

В зависимости от степени совершенства выделяют несколько видов спайности:

1. весьма совершенная
2. совершенная
3. средняя
4. несовершенная
5. весьма несовершенная

Весьма совершенная спайность – кристалл способен расщепляться на тонкие листочки, получить излом иначе, чем на спайности, весьма трудно (**слюды, хлориты**);



Совершенная спайность

при ударе молотком выколки по спайности, внешне очень напоминают настоящие кристаллы. Например, при разбивании **галенита** получаются правильные кубики, **кальцита** – ромбоэдры

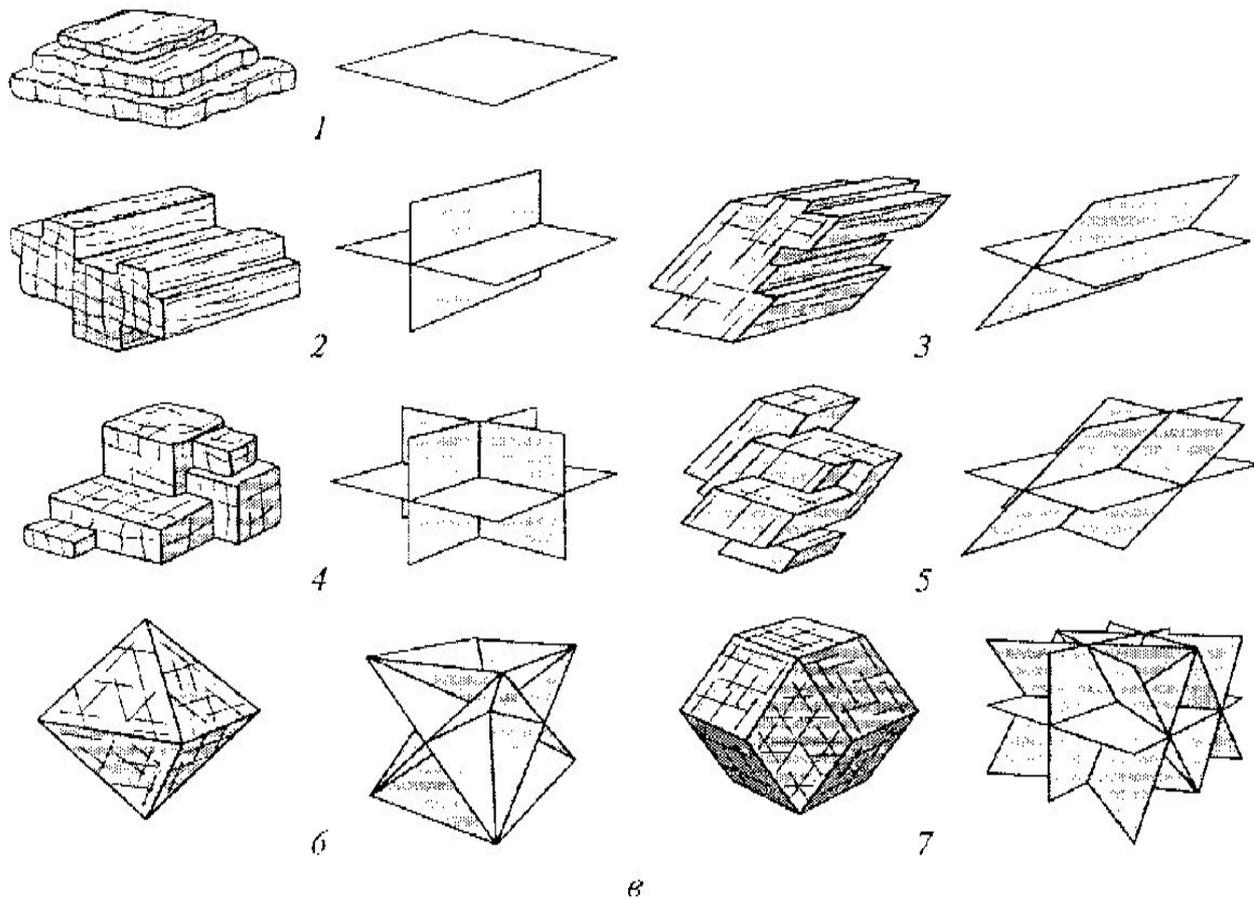


Рис - различная ориентировка и количество плоскостей спайности: 1 — спайность в одном направлении, слюда; 2 — спайность в двух взаимно перпендикулярных направлениях, ортоклаз; 3 — спайность в двух неперпендикулярных направлениях, амфибол; 4 — спайность в трех взаимно перпендикулярных направлениях, галит; 5 — спайность в трех неперпендикулярных направлениях, кальцит; 6 — спайность в четырех направлениях, параллельных граням октаэдра, алмаз; 7 — спайность в шести направлениях, сфалерит



Средняя спайность

– на обломках
кристаллического
вещества
различаются следы
спайности и неровные
изломы по случайным
направлениям
(пироксены)



Несовершенная спайность

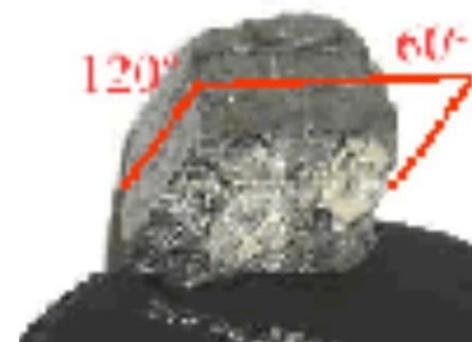
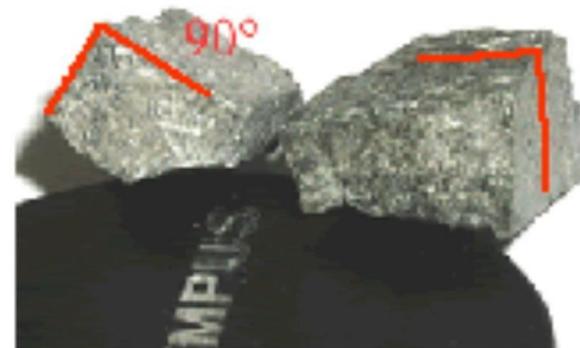
обнаруживается с трудом, ее нужно искать на обломке минерала. Изломы представляют неровные поверхности (**апатит, касситерит, самородная Си**)



**Весьма
несовершенная
спайность**
практически
отсутствует. Такие
тела имеют
раковистый излом
(подобно *обсидиану*)



**Спайность может
быть
в нескольких
направлениях, под
постоянными углами:
(пироксен – 90°
амфибол – 120°)**



1.2. Излом – способность минералов раскалываться не по плоскостям спайности, а по сложной неровной поверхности.

Типы изломов

- раковистый
- занозистый
- крючковатый
- ровный
- ступенчатый
- неровный

Раковистый излом

похож на внутреннюю поверхность раковины
характерен для кристаллов, у которых отсутствует спайность
(кварц, халцедон, обсидиан)



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



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



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



Ровный излом

типичен для кристаллов с
Совершенной спайностью.
Свойственен очень
мелкозернистым
агрегатам, например,
яшмам



Ступенчатый

излом характерен
для кристаллов со спайностью
в нескольких направлениях,
например, полевой шпат



1.3. Твердость кристаллов – Степень сопротивления вещества какому-либо внешнему механическому воздействию (царапанию).

Mineral	Knoop	Vickers	Mohs'
<u>Talc</u>	N/A.	1	1
Gypsum	61	3	2
Calcite	141	9	3
Fluorite	181	21	4
Apatite	483	48	5
<u>Orthoclase</u>	621	72	6
Quartz	788	100	7
Topaz	1190	200	8
Corundum	2200	400	9
Diamond	8000	1600	10



Фр. Моос

Шкала относительной твердости Мооса.

Так, инструментально измеренная абсолютная твердость алмаза больше твердости талька не в 10 раз, а примерно в 4200 раз. К тому же возрастание твердости в пределах шкалы происходит от эталона к эталону весьма неравномерно.

Шкала Мооса

Минерал	Формула	Твердость		Бытовая шкала
Тальк	$Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$	1	Графит	карандаш мягкий
Гипс	$CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$	2	Галит, хлорит, слюда	ноготь
Кальцит	$CaCO_3$	3	Биотит, золото, серебро	медная монета
Флюорит	CaF_2	4	Сфалерит, доломит,	стальная проволока
Апатит	$Ca_5(PO_4)_3[F,Cl,OH]$	5	Гематит, лазурит	простое оконное стекло
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	6	Опал, рутил	лезвие стального ножа
Кварц	SiO_2	7	Гранат, турмалин	напильник
Топаз	$Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$	8	Берилл, шпинель	
Корунд	Al_2O_3	9	Сапфир, рубин	
Алмаз	C	10	Эльбор	

Для определения относительной твердости минерала по его свежей (невыветрелой) поверхности с нажимом проводят острым углом минерала-эталоны. Если эталон оставляет царапину, значит, твердость изучаемого минерала меньше твердости эталона, если не оставляет — твердость минерала больше. В зависимости от этого выбирают следующий эталон выше или ниже по шкале до тех пор, пока твердость определяемого минерала и твердость минерала-эталоны совпадут или окажутся близкими, т.е. оба минерала не царапаются друг другом или оставляют слабый след. Если исследуемый минерал по твердости оказался между двумя эталонами, его твердость определяется как промежуточная, например 3,5.

- **1.4. Удельный вес (плотность)** – соответствует массе минерала в граммах, заключенной в одном кубическом сантиметре его объема.

Примеры:

- **легкие минералы** (менее $2,5\text{г/см}^3$) – гипс, галит,
- **средние минералы** ($2,5\text{-}4\text{г/см}^3$) – кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены.
- **тяжелые минералы** ($4\text{-}6\text{г/см}^3$) – пирит и большинство сульфидов, магнетит, гематит
- **очень тяжелые минералы** (больше 6г/см^3) – барит, галенит

Из механических свойств, которые могут быть использованы как диагностические признаки минералов, следует упомянуть хрупкость и ковкость.

Хрупкость — свойство вещества крошиться под давлением или при ударе.

Ковкость — свойство вещества под давлением расплющиваться в тонкую пластинку, быть пластичным.

2. Магнитность – способность некоторых минералов действовать на магнитную стрелку компаса (сильно отклоняя ее) или притягиваться магнитом
(*магнетит, пирротин, ферроплатина, самородное железо*)



3. Оптические свойства кристаллов

- 3.1. Прозрачность
- 3.2. Цвет
- 3.3. Блеск
- 3.4. Двупреломление



3.1. **Прозрачность** – способность минерала пропускать свет. В зависимости от степени прозрачности все минералы делятся на 3 группы:

- **Прозрачные** (сквозь минерал можно легко видеть различные предметы) – горный хрусталь, исландский шпат, топаз и др.
- **Полупрозрачные** (сквозь минерал виден свет, но контуры предметов уже не различимы) – сфалерит, киноварь и др.
- **Непрозрачные** – пирит, магнетит, графит и др.

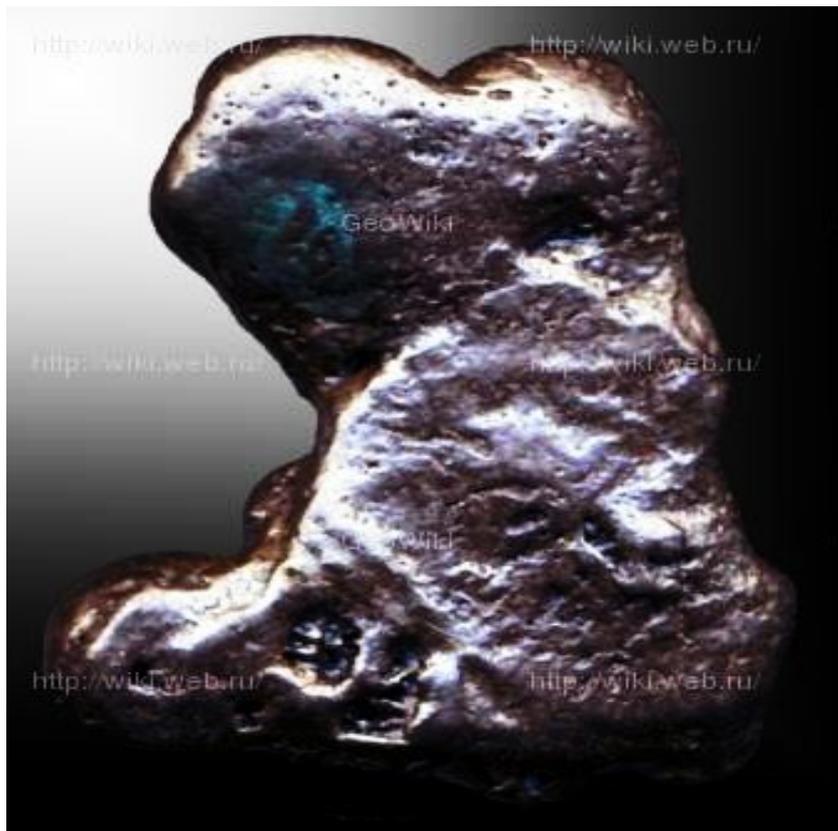
3.2. Цвет

Типы окраски минералов:

- ***идиохроматическая*** (от греческого *идиос* – собственный) – минерал имеет отчетливо выраженный собственный цвет;
- ***аллохроматическая*** (от греческого *аллос* – чужой) – минерал окрашен примесями;
- ***псевдохроматическая*** – «ложная окраска». Иногда тонкий поверхностный слой минерала имеет дополнительную окраску. Это явление называется **побежалостью**

Идиоохроматическая окраска минералов

Медь

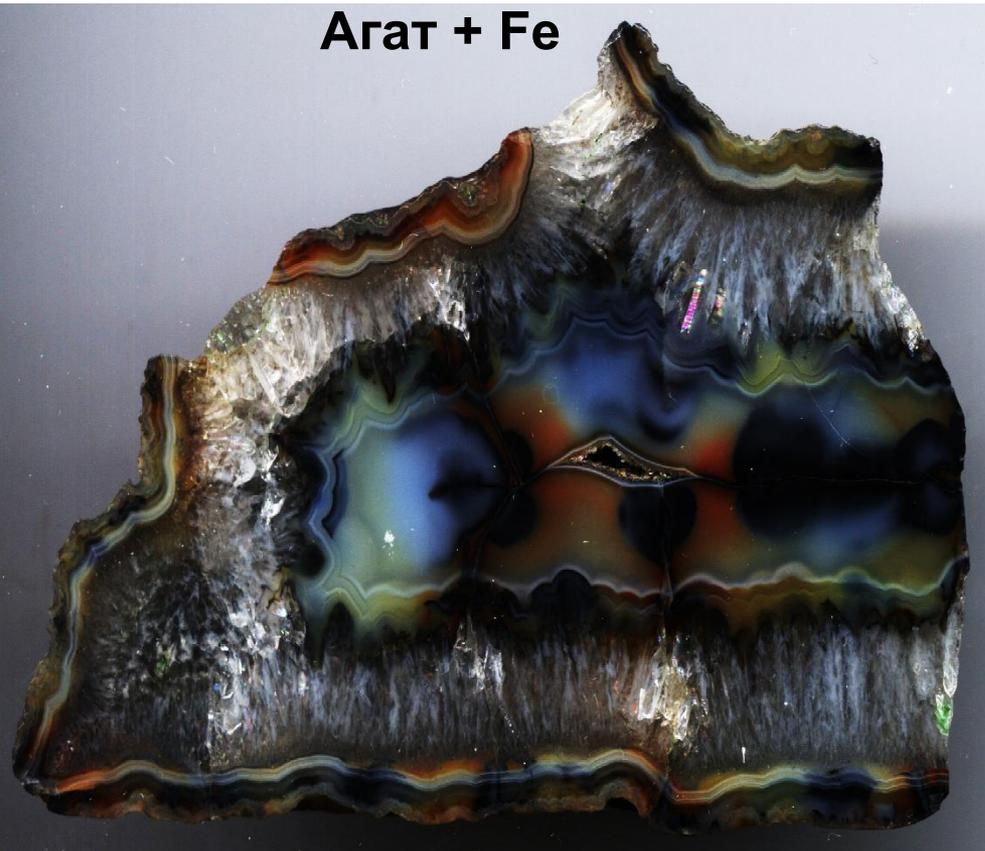


Золото



Аллохроматическая окраска минералов

Агат + Fe



Берилл + Mn



Псевдохроматическая окраска минералов

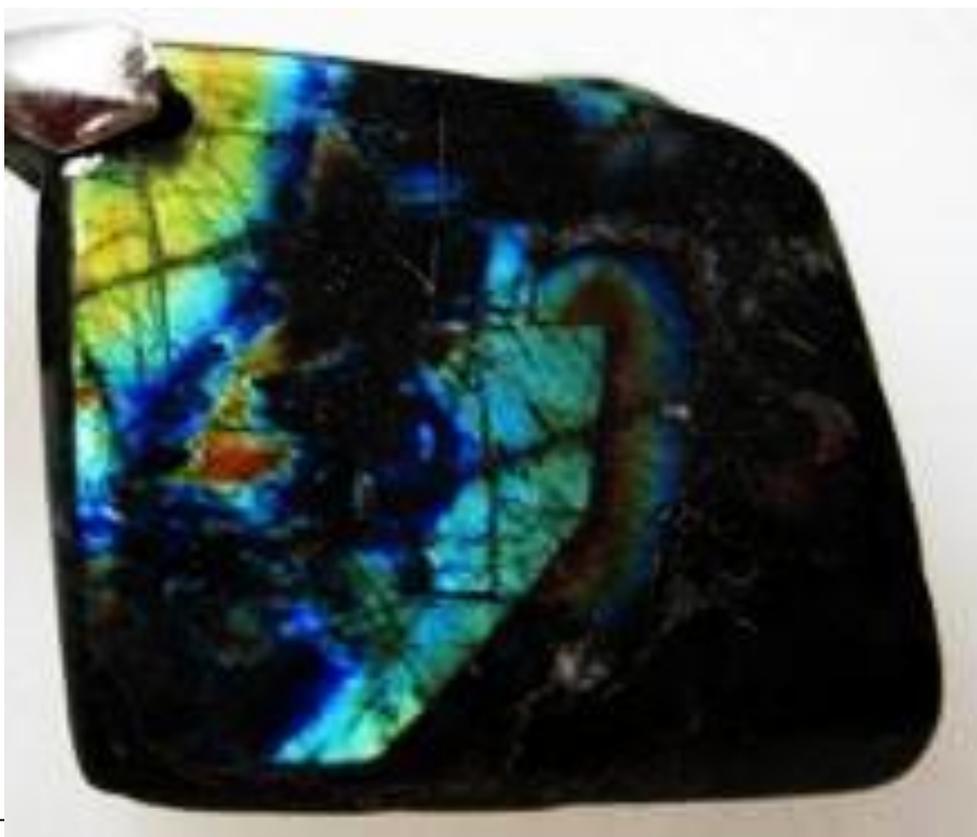
опалисценция опала



Кристаллофизика, кристаллохимия 6,325 ct.

Разновидности псевдохроматической окраски

побежалость борнита



ирризация лабрадора



- **3.3. Блеск** – способность минералов с различной интенсивностью отражать падающий на них свет

По убыванию интенсивности различают следующие виды блеска:

- Металлический
- Полуметаллический
- Алмазный
- Перламутровый
- Шелковистый
- Жирный
- Смоляной
- Восковой

Металлический –
напоминает блеск
полированного металла
(серебро, золото,
сульфиды). Минералы,
обладающие
металлическим блеском
всегда непрозрачны



Полуметаллический блеск – более тусклый чем металлический, 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.

Стеклянным блеском
обладает

большинство (около
70%) прозрачных и

полупрозрачных

минералов. Например,
кварц, топаз, гипс и др



Quartz sheaf-like split crystal, 12 cm long

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. 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, каолин). 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). Аналог жирного блеска для минералов с темной окраской



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



Цвет минерала в порошке, или **цвет черты**, является также важной характеристикой, играющей иногда решающую роль в определении минерала. Цвет минерала в порошке может быть таким, как его цвет в отдельном крупном индивиде или кристаллическом агрегате, но может и значительно отличаться. Для темноцветных и непрозрачных минералов цвет порошка — важный диагностический признак. Особенно это касается рудных минералов.

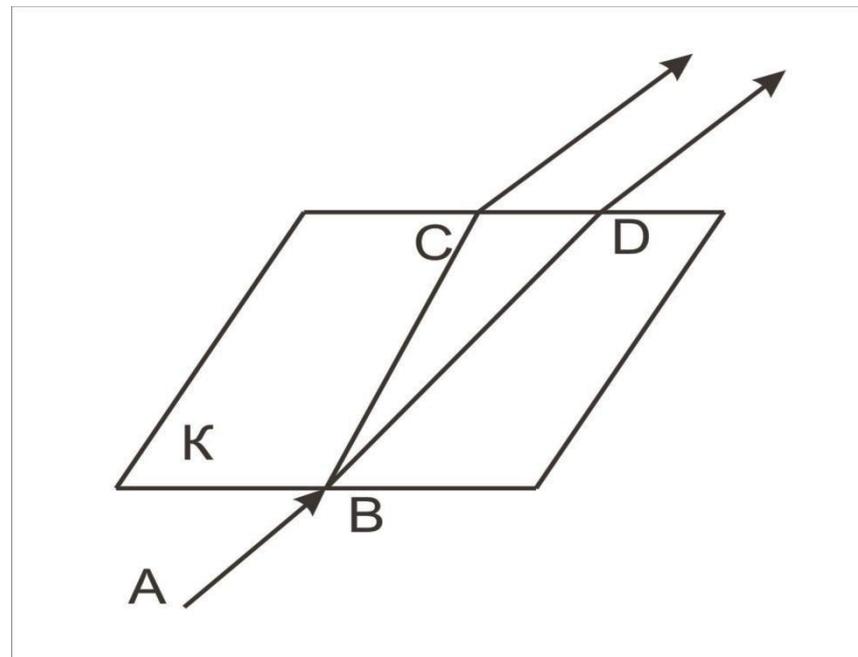
У большинства светлочетных прозрачных и полупрозрачных минералов порошок бесцветный, белый или имеет слабую окраску в тонах, повторяющих цвет самого минерала.

Для определения цвета минерала в порошке или цвета черты минералом проводят, чертят по шероховатой поверхности фарфоровой пластинки, очищенной от эмали. Такая пластинка называется *бисквитом* (от фр. *biscuite* — непокрытый глазурью фарфор). Именно на ней и остается черта, позволяющая оценить цвет минерала в порошке. Однако если твердость минерала превышает твердость бисквита, получить черту подобным путем невозможно.

Особые свойства.

Для некоторых минералов характерны особые, только им присущие свойства — вкус, запах, двойное лучепреломление, реакция с соляной кислотой, иризация и некоторые другие. Особыми свойствами обладают далеко не все минералы, но их наличие облегчает решение диагностических задач.

- **Двупреломление** – разложение в анизотропных средах светового луча, входящего в кристалл на два преломленных поляризованных луча со взаимно перпендикулярными световыми колебаниями



Раздвоение надписи, рассматриваемой через кристалл исландского шпата



Вкус. Соленым вкусом обладает галит (каменная соль), горько-соленым — сильвин. Кроме того, эти минералы легко растворяются в воде и обладают *гигроскопичностью* — способностью поглощать воду.

Запах. Специфическим запахом, запахом чертовщины, обладает сера, особенно если двумя образцами постучать друг о друга. Выделения арсенопирита при трении издадут запах чеснока.

Реакция с соляной кислотой. Некоторые минералы класса карбонатов вступают в реакцию с соляной кислотой, сопровождающуюся выделением углекислого газа. Для кальцита, например, эта реакция проходит весьма бурно. Говорят, что минерал вскипает:
$$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

У некоторых минералов, например Лабрадора, в зависимости от условий освещения на поверхности могут возникать разноцветные радужные блики. Такое свойство минералов получило название *иризации* (от греч. *iridos* — радуга). Оно обусловлено интерференцией световых волн при прохождении сквозь микроскопические параллельно ориентированные пластинки или трещины.

