Авторы: Лабекина И. А., Гаврилов В. И., Середнев М. А., Никитин А. А.

Физические свойства минералов

Учебное пособие дает представление об основных физических свойствах минералов, таких как спайность, твердость, цвет, плотность и др., необходимых для макроскопического определения минералов. Свойства проиллюстрированы на примере экспонатов геологического музея НГУ.

Физические свойства минералов имеют существенное значение для их макроскопической диагностики. Свойства минерала зависят от его строения и химического состава. Главнейшими физическими свойствами являются цвет, блеск, плотность, твердость, спайность и т. д.

**Цвет** – способность минерала отражать или пропускать через себя ту или иную часть видимого спектра.

**Цвет минерала может быть обусловлен:**

* наличием в его структуре элементов-хромофоров (Cu, Fe, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni и др.);
* дефектами кристаллической решетки;
* примесями, как изоморфными, т. е. входящими в структуру минерала, так и механическими.

Элементы-хромофоры могут окрашивать минералы в разные цвета в зависимости от их валентности, концентрации, присутствия других химических элементов и соединений и пр.

**Fe3+** – красно-бурый ( [сидерит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0987) Fe CO3, [лимонит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0597) Fe2O3 n H2O, [гидрогётит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0607) FeOOH n H2O)
**Fe2+** – зеленый ( [анапаит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1072) Ca2Fe2+[PO4]2 4H2O)
**Mn3+** – розовый ( [родонит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0129) Ca Mn4v [Si3O9])
**Cr3+** – зеленый ( [уваровит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0709) Ca3Cr2[SiO4]3) и красный ( [рубин](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0528) Al2O3), в зависимости от содержания окиси хрома
**Cr6+** – оранжевый ( [крокоит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=2037) Pb [CrO4])
**Cu2+** – зеленый ( [малахит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0251) Cu2[CO3]2 OH2) и синий ( [азурит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0302) Cu3[CO3]2 OH2), в зависимости от   количества кристаллизационной воды
**Co2+** – розовый ( [эритрин](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1061) Co3[AsO4]2 8H2O)
**Ni2+** – зеленый и желтый ( [гарниерит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0813) Ni [Si4O10] (OH)4 4H2O)
**V3+**  – зеленый ( [смарагдит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1425) Ca2(Mg, Fe2+)5[Si8O22]OHv2)
**Ti4+** – синий ( [сапфир](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0529) Al2O3), в присутствии ионов гидроксила и наличии железа

Дефектами кристаллической структуры обусловлена, например, голубая и синяя окраска [галита](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1077) (NaCl), возникающая в результате радиоактивного облучения K40, Rb87.

Примером окраски минерала механической примесью другого вещества может служить зеленый кварц ( [празем](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0286) ), цвет которого обусловлен мельчайшими включениями чешуек зеленого хлорита или иголочек актинолита. Механическая примесь гематита часто вызывает красную или бурую окраску минералов, например [галита](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1087) и сильвина, [агатов](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0047) .

В отдельных случаях окраска минерала может быть вызвана иризацией и побежалостью.

* [*Иризация*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0288)– цветной отлив на гранях или плоскостях спайности некоторых минералов (например, лабрадор), обусловленный наличием тонких включений или трещин, вызывающих интерференцию лучей света.
* [*Побежалость*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0301)– цветная пленка на слегка окислившейся поверхности минерала (халькопирит, борнит).

При описании минералов обычно используется физическая шкала цветов в сочетании с бытовой.

* *Физическая шкала*: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый; дополнительно: белый, серый, черный, пурпурный, коричневый.
* *Бытовая шкала* объединяет хорошо знакомые всем цвета: вишневый, яблочный, медовый и пр. Эти цвета часто применяют для уточнения оттенка цвета минерала, например вишнево-красный, [оловянно-белый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0511) , [латунно-жёлтый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0316) , [соломенно-желтый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0504) и т.п.

**Цвет черты** – цвет минерала в порошке на белом фоне. Для определения цвета черты используют неглазурованную поверхность фарфора (бисквит). По сравнению с окраской минералов цвет черты является более постоянным, вследствие чего имеет важное диагностическое значение.
Минералы с металлическим блеском, как правило, имеют черную черту с разными оттенками, минералы со стеклянным блеском – белую, реже слабоокрашенную. Цвет минерала часто не совпадает с цветом его черты.

Пример:
[пирит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0364) – цвет минерала соломенно-желтый, черта черная
[халькопирит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0369) – цвет минерала латунно-желтый, черта черная с зеленоватым оттенком
[гематит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0365) – цвет минерала стально-серый, черта вишнево-красная
[магнетит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0367) – цвет минерала черный, черта черная
[актинолит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0368) – цвет минерала зеленый, черта белая

**Блеск** – способность минерала отражать свет. Интенсивность и характер блеска зависит от показателя преломления (N), отражательной способности (R) и характера поверхности, от которой отражается свет. При условии, что свет отражается от ровной гладкой поверхности (грани, плоскости спайности), выделяют следующие типы блеска по возрастанию яркости:

* [*стеклянный*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0320)**–** характерен для прозрачных и полупрозрачных минералов (N = 1,3**–**1,9; R < 15 %). Большинство минералов имеют именно этот блеск.
* [*алмазный*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0458)**–** N = 1,9**–**2,6; R = 15**–**19 %,  встречается значительно реже (алмаз, сфалерит, киноварь);
* [*полуметаллический*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1683)**–** N = 2,6–3,0; R = 19**–**26 % (магнетит);
* [*металлический*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0504)**–** характерен для непрозрачных минералов, N > 3,0; R > 26 %, например, пирит

**Кроме основных типов блеска выделяют:**

* [*жирный*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0319)**–** у минералов со стеклянным и алмазным блеском на скрытобугорчатой поверхности излома (кварц, нефелин);
* [*восковый*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0351)**–** у скрытокристаллических масс и твердых гелей (кремни, опал);
* [*матовый*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0352)**–** у пористых тонкодисперсных масс (мел, каолин, лимонит).

**У минералов, обладающих явно выраженной ориентировкой элементов строения, возникает отлив:**

* [*шелковистый*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0356)**–** в минералах с параллельно-волокнистым строением (асбест, селенит);
* [*перламутровый*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0359)**–** у прозрачных минералов с весьма совершенной спайностью (мусковит, гипс).

**Прозрачность** – способность минерала пропускать через себя свет. Оценивается на качественном уровне путем просмотра минерала на просвет. По степени прозрачности минералы условно делят на:

* [*прозрачные*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0267)**–** хорошо пропускают свет. Видны внутренние дефекты (трещины, включения);
* [*полупрозрачные*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0269)**–** просвечивают в тонких осколках или шлифах;
* [*непрозрачные*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0272)(как правило, минералы с металлическим блеском)

**Спайность** – способность минерала раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием гладких параллельных поверхностей, называемых *плоскостями спайности*. Спайность обусловлена внутренней структурой минерала и не зависит от внешней формы кристалла или зерна минерала.
Спайность в минерале проходит по направлениям, параллельным плоским сеткам с максимальной ретикулярной плотностью атомов, но наиболее слабо связанным между собой.
Чтобы охарактеризовать спайность определяют:

* степень ее совершенства;
* простую форму, по которой кристалл раскалывается;
* в некоторых случаях указывают угол между плоскостями спайности.

Степень совершенства спайности определяют по следующей условной шкале:

* [*весьма совершенная*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0370)**–** минерал легко раскалывается или расщепляется на тонкие пластинки или листы (минералы со слоистой структурой: слюды, графит и пр.);
* [*совершенная*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0377)**–** кристаллы колются на более толстые пластинки, бруски с ровными поверхностями (кальцит, галенит);
* [*средняя*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0391)**–** поверхность скола не всегда ровная и блестящая (полевые шпаты);
* [*несовершенная*](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0381)**–** обнаруживается с трудом, поверхность скола неровная (апатит, нефелин).

Ряд минералов не имеет спайности (магнетит и т. д.).

В зависимости от простой кристаллографической формы кристалл может раскалываться по одному, двум, трем и более направлениям:

* [по пинакоиду – одно направление](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0370)
* по ромбической или тетрагональной призме – два;
* по гексагональной призме, [ромбоэдру](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0377) и [кубу](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0373) – три;
* по октаэдру – четыре;
* по ромбододекаэдру – шесть.

[**Отдельность**](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0418)– расколы кристаллов по плоскостям их физической неоднородности. Плоскостями отдельности могут быть:

* плоскости срастания двойников (например, [корунд](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0394) )
* поверхности зон и секторов роста кристаллов;
* плоскости мельчайших включений других минералов.

В отличие от спайности отдельность проявляется по всему кристаллу, расколы в случае отдельности более грубые и четкие.

**Излом** – раскол минерала в направлениях, где нет спайности. Различают изломы:

* [ровный](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0428)
* [неровный](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0429)
* [ступенчатый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0423)
* крючковатый
* [занозистый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0424)
* [раковистый](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0430)

**Твердость** – степень сопротивления минерала механическому воздействию (давлению, сверлению, царапанию, шлифованию и т.п.) В обычной минералогической практике определяют относительную твердость путем царапанья одного минерала другим. Для этого используют шкалу Мооса, в которой имеется 10 эталонных минералов, пронумерованных в порядке увеличения твердости:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| относит.тверд. | минералы | твердость кг/мм2 |
|  12345678910 |  [Тальк](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0361) [Гипс](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0359) [Кальцит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0388) [Флюорит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0389) [Апатит](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0390) [Полевой шпат](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0391) [Кварц](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0427) [Топаз](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0933) [Корунд](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0528) Алмаз |  2,43610918953679511201427206010060 |

Ступени шкалы Мооса неравномерны. Для точных измерений используют метод вдавливания в минерал алмазной пирамидки, твердость определяют по отношению величины нагрузки к площади полученного отпечатка (кг/мм2), прибор называется склерометр.

Твердость кристаллов иногда  неодинакова на разных его гранях или направлениях (анизотропия свойств). Например, у кианита ( [дистена](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0676) )   в направлении удлинения твердость 4,5-5 , а в перпендикулярном удлинению – 6,5-7. При определении абсолютной твердости (кг/мм2) , учитывая анизотропию даже у минералов кубической сингонии, строят «розетки твердости».

Иногда для определения твердости используют подручные «эталоны», хотя они и неточны:

* ноготь – 2,5;
* медная монета – 3;
* железный гвоздь – 4,5-5
* стекло – 5;
* нож – 5,5–6.

**Плотность** минералов изменяется от 0,8–0,9 (у природных кристаллических углеводородов) до 22,7 г/см3 (у осмистого иридия).
Плотность определяется формулой  p = m/V, где m – масса тела (m=F/g), V – объем.

При макроскопическом определении минералов  она оценивается приблизительным сравнением в руке, на основании чего минерал можно отнести к одной из условных групп плотности:

* [легкие](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1629) – < 2,5 (гипс);
* [средние](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1551) – 2,5–4,0 (кварц, полевые шпаты);
* [тяжелые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0475)  – 4,0–8,0 пирит, халькопирит);
* [очень тяжелые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0333) – > 8,0 (киноварь).

Преобладают минералы с плотностью 2,5–4,0 г/см3.

Плотность минералов возрастает:

* с ростом компактности кристаллической структуры;
* с увеличением атомного номера слагающих его химических элементов;
* с уменьшением их ионных радиусов.

Минералы переменного химического состава имеют непостоянную плотность.

Минералы обладают и другими свойствами, такими как магнитность, люминесценция, ковкость, хрупкость, упругость, радиоактивность, растворимость и др.

**Форма кристаллов**

**Облик кристаллов** (форма) **–** это общий вид кристалла. Исходя из того, что любое  тело в пространстве имеет три измерения, выделяют следующие основные типы форм кристаллов:

* *изометричные* **–** одинаково развитые во всех трех направлениях (ромбододекаэдры [граната](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1676) , октаэдры [магнетита](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0214) );
* *вытянутые в одном направлении* **–** [призматические](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0210) , [столбчатые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1864) , [шестоватые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1425) , [игольчатые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0500) , [волосовидные](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0484)
* *вытянутые в двух направлениях* **–** [таблитчатые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1418) , [пластинчатые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1849) , [листоватые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0226) и [чешуйчатые](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0540) .

 Широко распространены и переходные между этими основными типами формы:

* *боченковидные* **–** промежуточная форма между 1 и 2 типом
* *досковидные* **–** уплощенные столбчатые кристаллы ( [дистен](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0002) )

Кроме того, существуют сложные формы кристаллов, например кристаллические дендриты.

**Габитус кристаллов** **–** более строгий термин, определяющий облик кристалла по доминирующим на нем граням и соотношению размеров кристалла в трех его измерениях.

* *Пример*: кристаллы пирита почти всегда изометричные по облику, но по преобладающим граням их габитус может быть разным – [кубическим](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0215) , [пентагон-додекаэдрическим](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=1760) , [октаэдрическим](http://www.mineral.nsu.ru/full/full_num.html?id=0216) . Подробно габитус кристаллов изучается в курсе «Кристаллография».

Физические свойства минералов.

  Физические свойства минералов имеют большое значение не только для их использования, но и  для диагности (определения). Они зависят от химического состава и типа кристаллической структуры. Физические свойства могут представлять собой скалярную величину, т.е постоянны во всех направлениях кристаллической решетки, или быть векторными. К последним, могут у отдельных минералов и их агрегатов, относится твердость, спайность, оптические свойства.

**Плотность**.

  Плотность минералов измеряется в граммах на см3 (г/см3) и в значениях, у разных минералов, колеблется от 1 (жидкие битумы) до 23 (осмистый иридий). Оснавная масса минералов имеет плотность от 2,5 до 3,5, что определяет среднюю плотность земной коры в 2,7 - 2,8 г/см3.

Минералы по плотности условно можно разделить на три группы:

1. Легкие, плотность до 3,0 г/см3
2. Средние, от 3,0 до 4 г/см3
3. Тяжелые, плотность более г/см3

  Некоторые минералы легко узнаются по большой плотности (барит - 4,5, церрусит - 6,5). Минералы, содержащие тяжелые металлы, имеют большую плотность. Наибольшую плотность в мире минералов имеют самородные элементы - медь, серебро, золото, минералы группы платины.

  В минералах одного и того же состава плотность определяется характером упаковки атомов в структурной ячейке кристалла. Наиболее яркие примеры: алмаз (3,5) и графит (2,2) - оба образованы из одного и того же вещества - углерода, но имеют различные кристаллические структуры. Другой пример: кальцит, имеет состав Ca[CO3], плотность 2,6 - 2,8 и арагонит, того же состава, но уже плотностью 2,9 - 3.0 г/см3.

  Для минералов, представляющих изоморфные ряды (структурное замещение атомов), увеличение или уменьшение плотности пропорционально изменению химического состава. Пример: в изоморфном ряду оливинов от форстерита Mg[SiO4] до фаялита Fe[SiO4] плотность увеличивается от 3,20 до 4, 35 г/см3.

Удельные веса (плотность) минералов определяются в основном двумя способами:

1. Методом вытеснения жидкости, т. е. путем взвешивания образца и измерения объема вытесненной им воды в сосуде. Так называемый весовой метод.
2. Путем определения потери в весе минерала, погруженного в воду (абсолютный вес образца делят на потерю им веса в воде), т.е согласно закону Архимеда.

Методику исследования плотности этими методами опишем в отдельной статье.

 Удельный вес мелких зернышек минерала определяется с помощью так называемого пикнометра или тяжелых жидкостей и весов Вестфаля, описываемых в специальных руководствах.

  Существует еще несколько менее распространенных методов:

* Объемный метод. Основан на установлении объема минерала с помощью различных по конструкции объемомеров (волюмометров). Такой метод просто не заменим для определения плотности рыхлых, землистых минералов или легко растворимых минералов выделяемых в форме налетов.
* Иммерсионный метод. Базируется на подборе тяжелой жидкости с плотностью равной плотности минерала. Уравновешивания в жидкости. Т.е. в жидкости плотностью 2, 5 минералы меньшей плотности будут всплывать, а большей тонуть. Этот метод широко используется в горнодобывающей промышленности для обогащения руды.

Зная химический состав минерала можно математически вычислить его плотность по формуле:

  где P - плотность в г/см3; AW - сумма атомных масс атомов в элементарной ячейке и V – объем элементарной ячейки в нм3. Коэффициент 1,6602 х 10-24 (значение, обратное числу Авогадро) представляет собой единицу атомной массы, выраженную в граммах, а для перевода объема ячейки в см3 необходимо ее объем в нм3 умножить на 10-21.

Для иллюстрации рассчитаем плотность галита; его ячейка содержит 4NaCl и представляет собой кубическую элементарную ячейку с а = 0,564 нм:

Такой расчет часто полезен для проверки результатов химического анализа минералов, с одной стороны, и результатов измерений плотности и размера элементарной ячейки – с другой.



**Спайность.**

Спайность – способность минерала раскалываться при ударе или другом механическом воздействии по определенным кристаллографическим плоскостям.

  Спайность связана со структурой кристалла и характером атомных связей. Вдоль плоскостей спайности силы связи оказываются более слабыми, чем вдоль других направлений. Плоскости спайности всегда обладают высокой плотностью атомов и во всех случаях параллельны возможным граням кристалла. Так, спайность пироксенов и амфиболов также непосредственно связана с их структурой, которая содержит цепочки  кремнекислородных тетраэдров. Как видно из рисунков (рис.11.31 и 11.41) спайность возникает по плоскостям между цепочками.

  Спайность выявляют, прослеживая регулярные системы трещин в прозрачных минералах, таких как флюорит или кальцит, либо ровные отражающие плоскости, образующиеся при раскалывании кристаллов, что наблюдается у полевых шпатов, пироксенов и слюд. Следы плоскостей спайности играют важную роль определяющих направлений при оптическом изучении ксеноморфных зерен под микроскопом, не имеющих хорошо выраженных граней.

Степень совершенства проявления спайности исследуемого минерала определяется путем ее сопоставления с данными следующей 5-ступенчатой шкалы:

1. Спайность весьма совершенная проявляется в способности кристалла расщепляться на тонкие пластинки. Получить излом иначе, чем по спайности в этих кристаллах чрезвычайно трудно (слюда, молибденит).
2. Спайность совершенная проявляется при ударе молотком в виде выколов, представляющих собой уменьшенное подобие разбиваемого кристалла. Так, при разбивании галита получают мелкие правильные кубики, при дроблении кальцита – правильные ромбоэдры (топаз, хромдиопсид, флюорит, барит).
3. Спайность средняя характеризуется тем, что на обломках кристаллов отчетливо наблюдаются как плоскости спайности, так и неровные изломы по случайным направлениям (полевые шпаты, пироксены).
4. Спайность несовершенная обнаруживается с трудом при тщательном осмотре неровной поверхности скола минерала (апатит, касситерит).
5. Весьма несовершенная, т.е. практически отсутствует.

  При раскалывании минералов, лишенных спайности или обладающих плохой спайностью, возникают незакономерные поверхности излома, который по внешнему облику характеризуется как:

* раковистый (опал),
* неровный (пирит),
* ровный (вюртцит),
* занозистый (актинолит),
* крючковатый (самородное серебро),
* шероховатый (диопсид),
* землистый (лимонит).

    При обработке камня наличие спайности облегчает получение плоских поверхностей вдоль ее плоскостей, но затрудняет шлифовку и полировку других плоскостей, поскольку при обработке могут возникать трещины спайности. Кроме того, спайность может стать причиной сколов минералов в процессе их использования.

**Твердость.**

  Под твердостью минерала понимается его сопротивление механическому воздействию более прочного тела. Твердость минерала является важным диагностическим признаком.

  Существует несколько методов определения твердости. В минералогии действует шкама Мооса. Построенная на основе эталонных образцов, расположенных в порядке увеличения твердости.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| тв. | эталонный минерал | тв. | эталонный минерал |
| 1 | Тальк Mg3[Si4O10](OH)2 | 6 | Ортоклаз K[AlSi3O8] |
| 2 | Гипс Ca[SO4]\*2H2O | 7 | Кварц SiO2 |
| 3 | Кальцит Ca[CO3] | 8 | Топаз Al2[SiO4](F, OH)2 |
| 4 | Флюорит CaF2 | 9 | Корунд Al2O3 |
| 5 | Апатит Ca5[PO4]3(F, Cl) | 10 | Алмаз C |

  Значение шкалы Мооса являются относительными и определены условно, методом царапания. Т.е. кварц оставляет царапину на полевых шпатах (ортоклаз), но не может поцарапать топаз. Процесс определения твердости минерала по шкале Мооса происходит так: если, например апатит (тв. = 5) царапает исследуемый минерал, а при этом сам образец может царапать флюорит (тв. = 4), то твердость образца определяем = 4,5.

  Эталоны шкалы Мооса могут заменить следующие предметы: лезвие стального ножа - твердость около 5,5, напильник - около 7, простое стекло - 5.

 Точные, научные количественные данные твердоти минералов получают с помощью склерометров, и расчитываю после определения глубины вдавливания алмазной пирамидки в исследуемый образец. Точные показатели твердости для эталонных образцов, такие:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тальк | 2,4 | Полевой шпат | 795 |
| Гипс | 36 | Кварц | 1120 |
| Кальцит | 109 | Топаз | 1427 |
| Флюорит | 189 | Корунд | 2060 |
| Апатит | 536 | Алмаз | 10060 |

  Твердость в кристаллах может быть анизотропной (разной в различных направлениях кристаллической решетки). Характерным примером являются кристаллы дистена, твердость которых на плоскости совершенной спайности вдоль удлинения = 4,5, а поперек = 6.

Прочие физические свойства минералов.

Некоторые дополнительные физические свойства минералов применяются для их диагностики. Перечислим основные.

**Хрупкость.**

Под хрупкостью понимается свойство минералов крошиться под давлением или при ударе. Например: самородная сера и алмаз - очень хрупкие минералы.

**Ковкость.**

Ковкость минералов в том, что они могут быть легко расплющены на тонкие пластинки. Пример: самородное золото, медь и т.п.

**Гибкость.**

  Гибкость, свойство изгибаться, характерна для многих минералов. Так, гибкие листочки имеют кристаллы молибденита, хлоритов, талька, гидрослюд, но только у обычных слюд (мусковита, биотита и других) листочки в то же время и упругие, - они восстанавливают первоначальное положение при снятии напряжения.

**Люминисценция.**

  Некоторые минералы при воздействии на них ультрафиолетовых, катодных или рентгеновских лучей могут излучать свет. Один и тот же минерал может люминесцировать разными цветами и обнаруживать люминисценцию разного рода. После снятия возбудителя, по длительности свечения различают: **флюорисценцию** (свечение прекращается сразу после снятия) и **фосфорисценцию** (свечение еще продолжается некоторое время). Особенно интенсивную люминисценцию минералов можно видеть в ультрафиолетовых лучах. Например: флюорит светится - фиолетовым цветом, шеелит - голубым, кальцит - оранжево-желтым. Немногие минералы могут люминисцировать при физическом воздействии на них: при нагревании (**термолюминисценция**), при раскалывании (**триболюминисценция**).

Портативная ультрофиолетовая лампа.



**Радиоактивность.**

  Радиоактивностью называется превращение неустойчивых изотопов одного хим. элемента в изотопы другого с излучением элементарных частиц. Радиактивностью обладают минералы, содержащие радиоактивные элементы, в основном уран, радий и торий. Определяют радиактивность при помощи электроскопов, ионизационных камер и др. Действие которых оснавано на определении ионизации воздуха, вызываемой радиоактивным распадом элементов.