

Оксиды и гидроксиды

Оксиды и гидроксиды

- Более 350 минеральных видов в классе оксидов, более 100 – гидроксидов
- Оксиды – соединения преимущественно литофильных элементов - Mg, Al, Sn, Ti, Cr, Fe, Mn, Si, U и др. Оксиды и гидроксиды халькофильных элементов (Cu, Zn, Hg, Pb, As, Sb и др.) менее распространены
- Оксиды и гидроксиды – важнейшие руды черных металлов (Fe, Ti, Cr, Mn, V), цветных металлов (Al, Sn), редких металлов (Ta, Nb, Zr), а также U

Оксиды и гидроксиды

- Структуры большинства минералов построены на основе плотнейших упаковок O^{2-} , $(OH)^-$ или O^{2-} и $(OH)^-$.
- Для оксидов типичны координационные, реже цепочечные и каркасные и структуры, тогда как для гидроксидов характерны ленточные и слоистые структуры.
- В оксидах и гидроксидах преобладает ионный тип связи с небольшим вкладом ковалентной и металлической составляющей. Оксиды проявляют высокую твердость, химическую стойкость и тугоплавкость. В гидроксидах меньшая валентность $(OH)^-$ по сравнению с O^{2-} приводит к ослаблению связи анионов с катионами. Следствие – снижение твердости по сравнению с оксидами тех же элементов.
- Оксиды подразделяются на простые и сложные. Для простых оксидов характерен ограниченный изоморфизм. В сложных оксидах проявляются широкие изоморфные замещения. Сложные оксиды, содержащие катионы разного заряда иногда рассматриваются как соединения, переходные между оксидами и солями (например, ряд вольфрамита).

Группа периклаза

- $M^{2+}O$
- Кубическая сингония
- Структурный тип NaCl

Включает 6 минеральных видов

Периклаз – MgO

Вюстит – $Fe^{2+}O$

Известь – CaO

Манганозит – MnO

Монтепонит – CdO

Бунзениит – NiO

Периклаз - характерный минерал метаморфизованных известняков и доломитов. Легко замещается бруситом $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Искусственный периклаз, получаемый путём обжига ($1600\text{--}1650^\circ\text{C}$) магнезита MgCO_3 – огнеупор и электроизолятор.



Периклаз, Monte Somma, Италия

Вюстит встречается в каменных и железокатенных *метеоритах*. В земных условиях редок. Установлен в вулканиитах, в ассоциации с самородным железом (Таймыр), в грязевых вулканах (о-в Булла, Бакинский архипелаг, Апшеронский п-ов, Азербайджан).

Вюстит – индикатор резко восстановительных условий минералообразования. Для кристаллизации вюстита необходима весьма высокая активность сильных восстановителей – H_2 , CO , CH_4 .

Ферриперниклаз рассматривается как одна из главных фаз нижней мантии Земли.

Семейство
корунда-
ильменита

```
graph TD; A[Семейство корунда-ильменита] --- B[Группа корунда]; A --- C[Группа ильменита];
```

Группа
корунда
 $M_2^{3+}O_3$

Группа
ильменита
 $M^{2+}TiO_3$

Группа корунда

- $M_2^{3+}O_3$
- Тригональная сингония
- Структурный тип корунда

Включает 5 минеральных видов

Гематит – Fe_2O_3

Корунд – Al_2O_3

Карелианит – V_2O_3

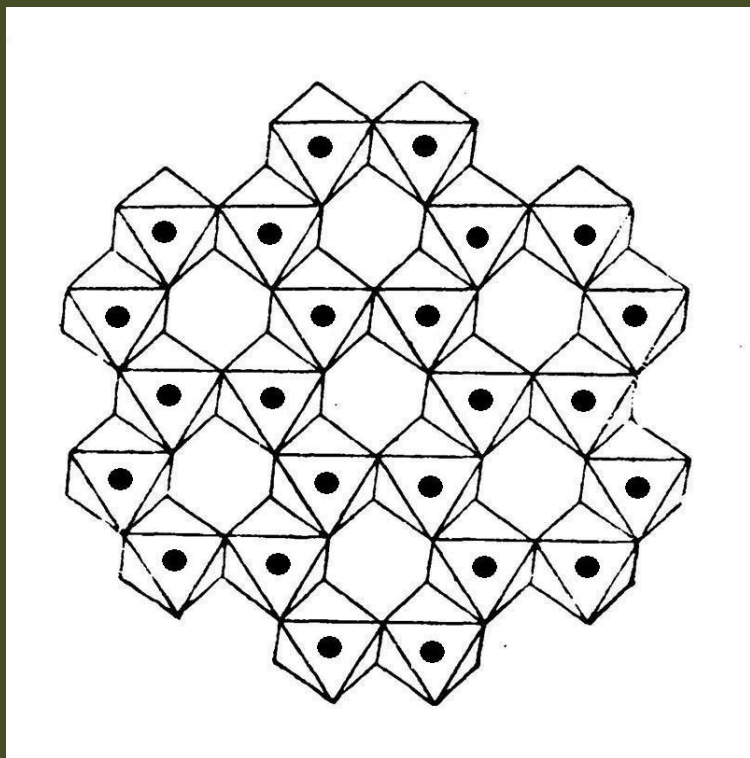
Эсколаит – Cr_2O_3

Тистарит – $Ti^{3+}_2O_3$

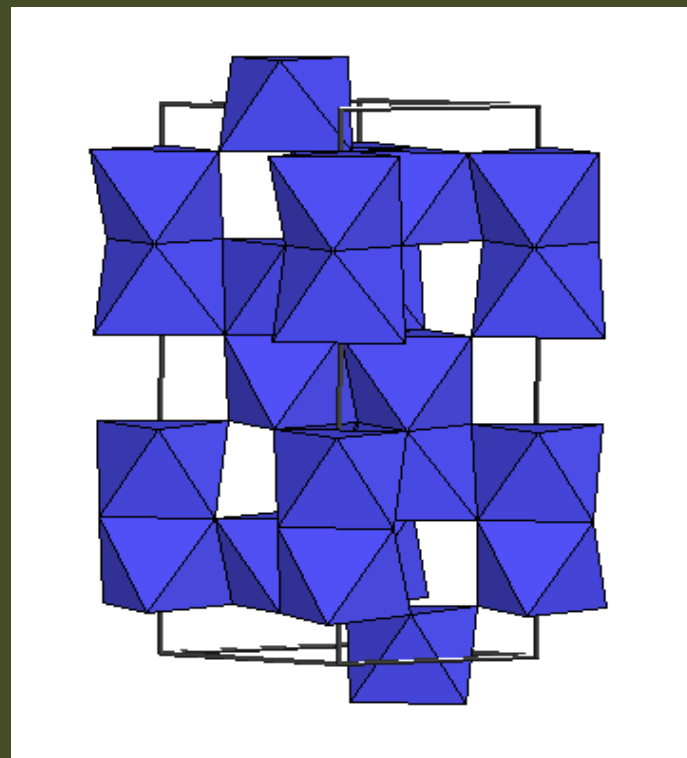
Кристаллическая структура минералов группы корунда

ГПУ из O^{2-} , $2/3$ октаэдрических пустот заняты M^{3+} ;

Тригональная сингония



корундовый мотив -
шестичленные кольца из
заселенных октаэдров



в колонках вдоль оси с два
заполненных октаэдра
чередуются с одним пустым

Корунд Al_2O_3

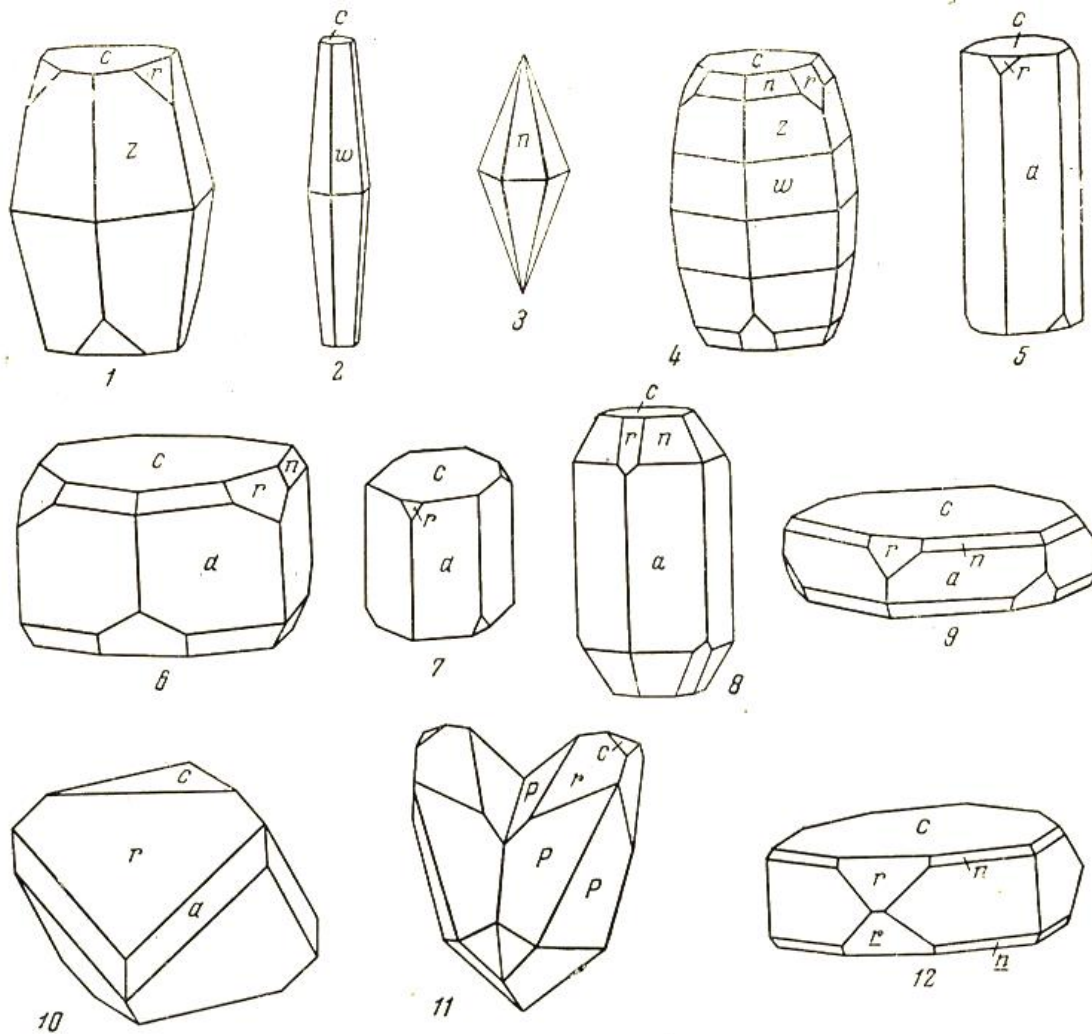
Название: или от санскритского слова *kuruvinda*, означающего рубин, или от индийского названия корунда - *kauruntaka*

Свойства: спайности нет, характерна отдельность по пинакоиду и ромбоэдру; плотность 3.95-4.4 г/см³; в шкале Мооса твердость 9.

Минерал	Относ. твердость по Моосу	Микротвердость, кгс/мм ²
Тальк	1	4
Гипс	2	58
Кальцит	3	124
Флюорит	4	180
Апатит	5	530
Ортоклаз	6	800
Кварц	7	1075
Топаз	8	1454
Корунд	9	2008
Алмаз	10	10060

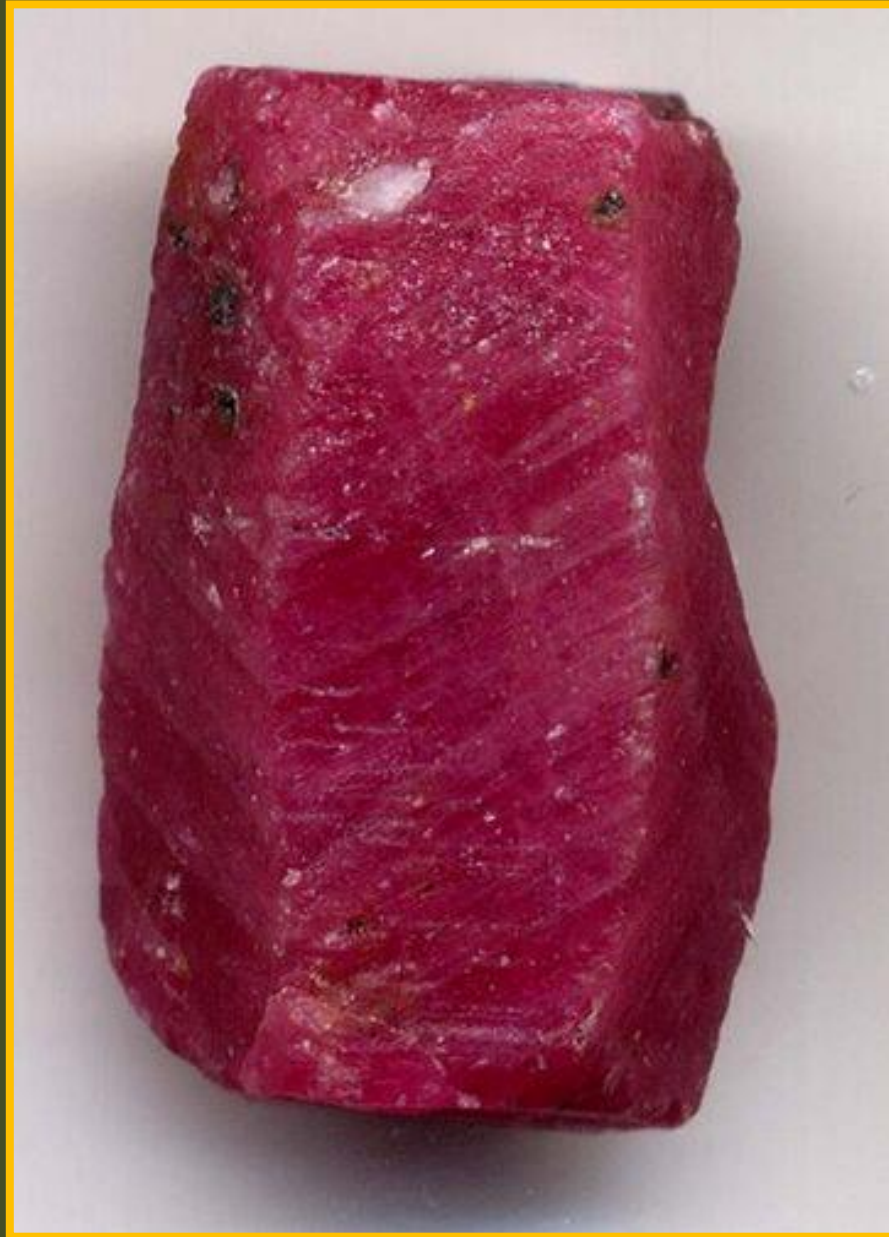
(по Хрущеву, 1947)

Формы выделения корунда



Кристаллы
бочонковидные,
дипирамидальные,
столбчатые,
таблитчатые,
пластинчатые;
плотные
мелкозернистые
массы (наждак);
двойники по (1011),
реже по (0001)

Бочонковидные, дипирамидальные и столбчатые кристаллы корунда





Веретёновидные кристаллы корунда. San Jacinto, Калифорния, США



Таблитчатые и
пластинчатые
кристаллы корунда



Состав корунда

Al_2O_3 – 96 – 99 мас. %

Изоморфные примеси:

Fe_2O_3 , FeO , Cr_2O_3 , TiO_2 (n; 0,n %);

V_2O_3 , NiO (0,0n %).

Центры окраски корунда

Бесцветный – без примесей

Красный, розовый – Cr^{3+}

Темно-красный, красно-коричневый – Cr^{3+} / Fe^{3+}

Синий – $\text{Fe}^{2+} + \text{Ti}^{4+}$

Фиолетовый, пурпурный – Cr^{3+} / $\text{Fe}^{2+} + \text{Ti}^{4+}$

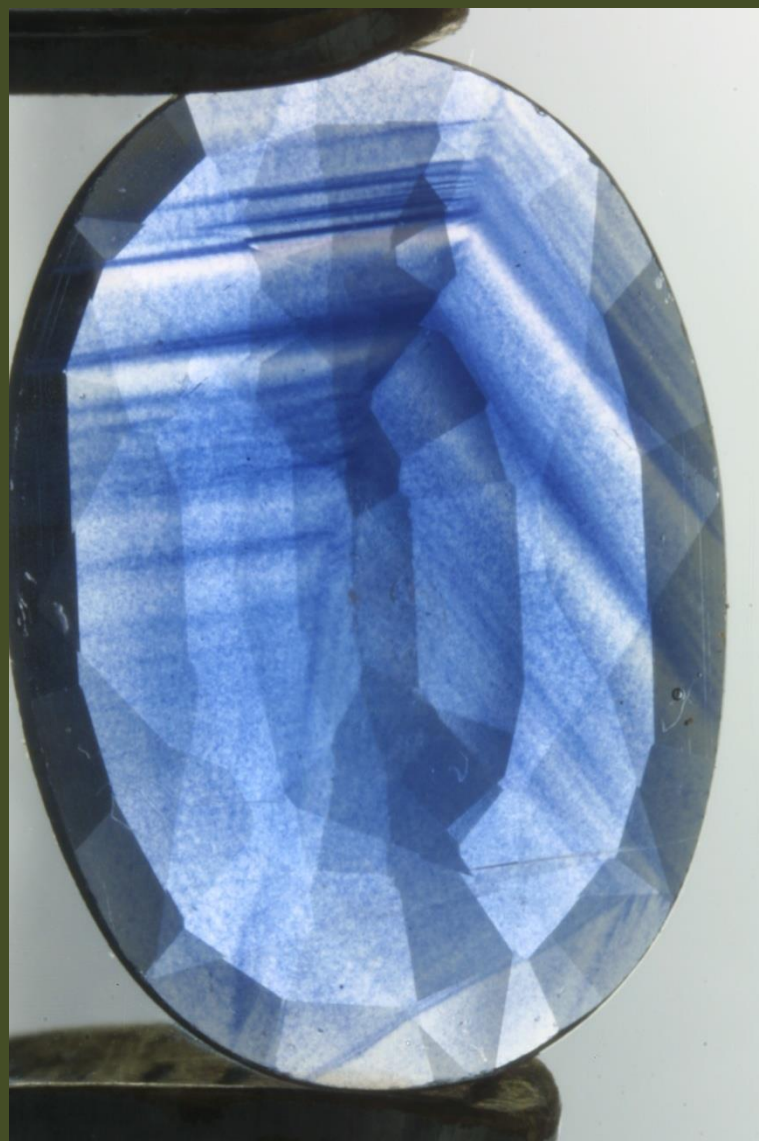
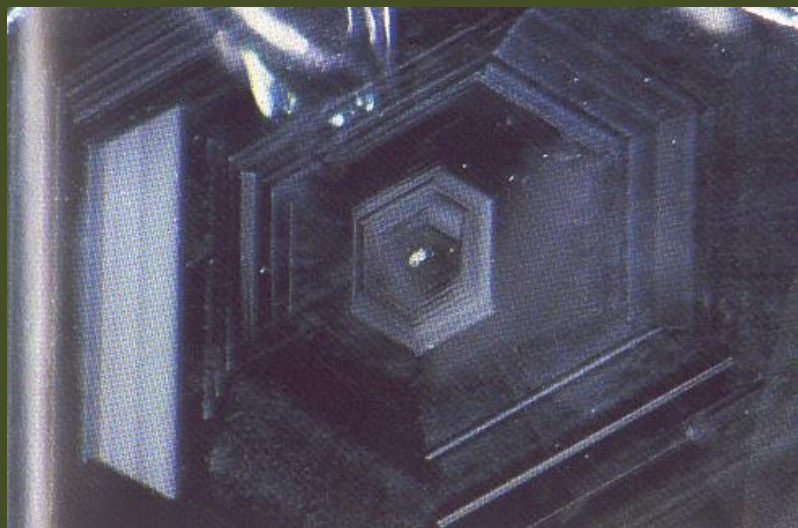
Желтый – радиационные центры окраски и/или пара $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$

Оранжевый – Cr^{3+} / Fe^{3+} и/или радиационные центры окраски

Зеленый – пара $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$

Примесь Cr^{3+} является центром люминесценции

Зональное строение кристаллов корунда



**Рубин - ювелирная
разновидность корунда
красного цвета
(от 0,01 до 2,
иногда 4 мас.% Cr_2O_3).**



*Крупные природные рубины
хорошего качества редки и
сопоставимы по цене с алмазом
такого же размера*





Сапфир – ювелирная разновидность корунда синего цвета (примеси Fe^{2+} и Ti^{4+}).

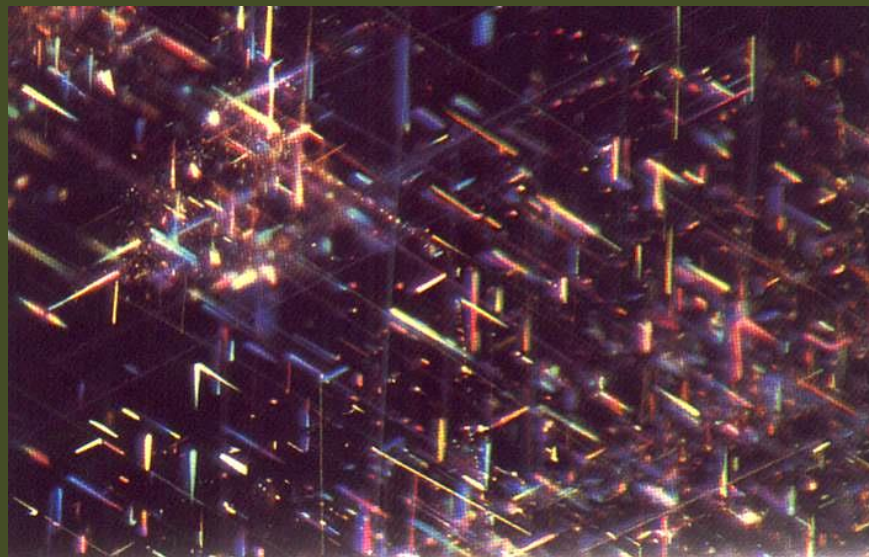
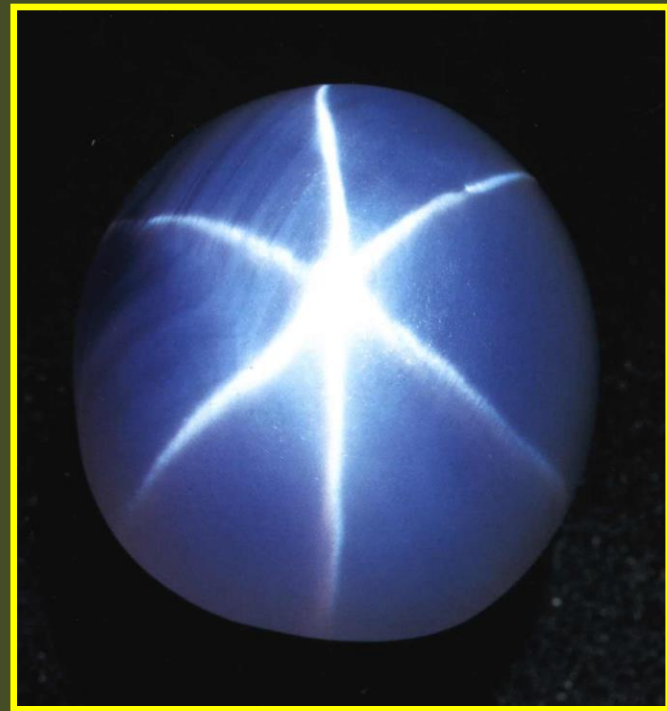
Сапфиры других цветов - оранжевые, розовые, желтые, зеленые, фиолетовые.

Лейкосапфир – бесцветный сапфир.



Звездчатые рубины и сапфиры

Обладают астеризмом (в плоскости базопинакоида наблюдается пробегающая шестилучевая звезда)



Эффект обусловлен мельчайшими ориентированными включениями иголок рутила

Классификация месторождений корунда

Месторождения связанные с магматическими породами

- щелочные базальты (Ю-В Азия, Австралия, Таиланд, Китай)
- сиенитовые и щелочные пегматиты (Долина Умбо, Танзания, Ильменские и Вишневые горы, Урал)

Месторождения связанные с метаморфическими и метасоматическими породами

- амфиболиты и гнейсы (Лонгидо на севере Танзании; Грюнленд, Финляндия; Россия; Мисор, Индия; метаморфический пояс Хида, Япония);
- породы глубокой степени метаморфизма - гранулиты (Норвегия)
- контактово-метаморфические изменения осадочных пород богатых глиноземом - наждак (о. Наксос, Греция; Полдневское, Кособродское, Прииртяшское, Урал)
- скарнированные и/или метаморфизованные карбонатные толщи (мраморы района Могок, Бирма; Таджикистан)
- вторичные кварциты (Селиз-Бугу, Акташ, Жанет в Казахстане)

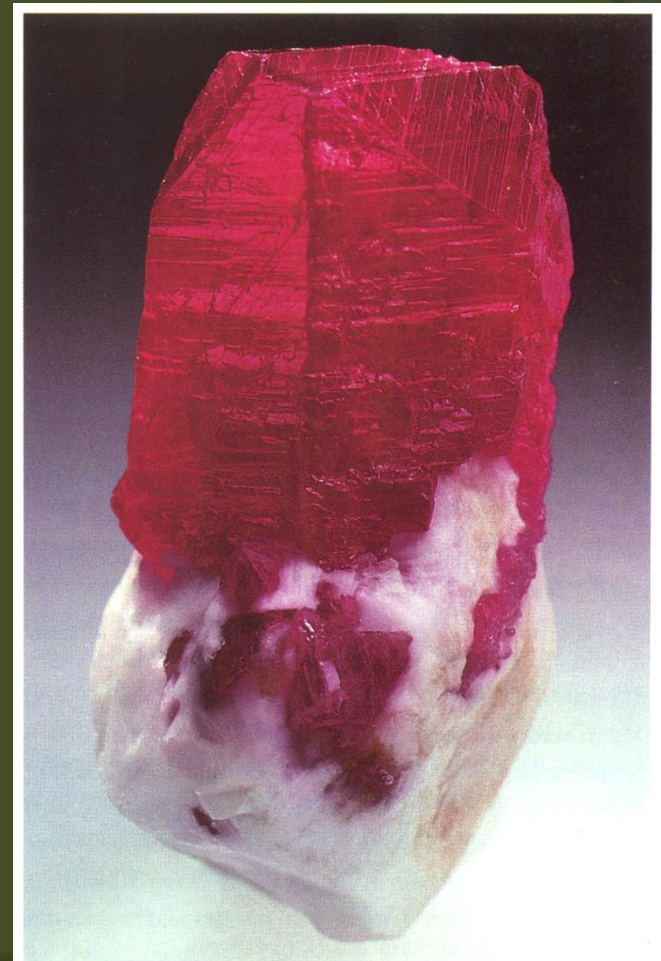
Россыпные месторождения (Бирма, Шри-Ланка, Индия, Австралия)

Месторождения ювелирного корунда

Индокитайская провинция
(Бирма, Камбоджа, Таиланд,
Лаос)



Вьетнам



Рубин. Кристалл 2 см. Могок, Бирма.

Могок

Шри-Ланка, Ратнапура



Проявления корунда в России



Хибины, Кольский п-ов



Хит-остров, Северная Карелия

Проявления корунда в России



Пластинчатый кристалл корунда.
Рай-Из, Полярный Урал



Друза кристаллов
корунда. Рай-Из,
Полярный Урал



Сросток
расщепленных
кристаллов
корунда («роза»)
Ильменские горы,
Южный Урал

Применение корунда

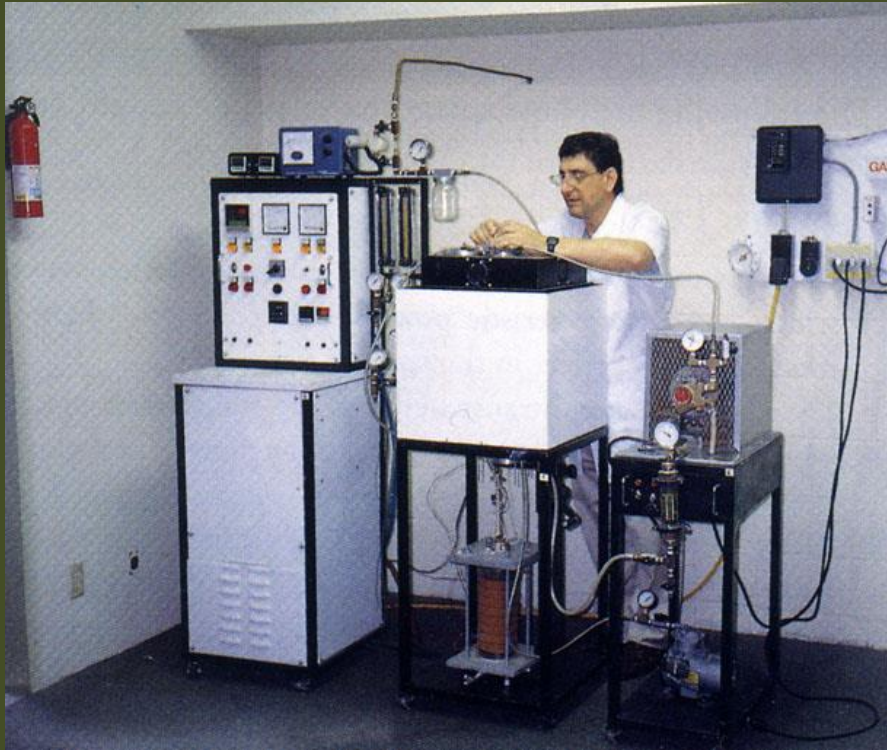
Природный корунд – важный драгоценный камень

Корунд активно синтезируют. Его используют как абразивный материал, в точной механике (часовая промышленность и приборостроение), в лазерной технике (рубин - материал для твердотельных лазеров), в микроэлектронике, осветительной технике (лейкосапфир) и т.д.



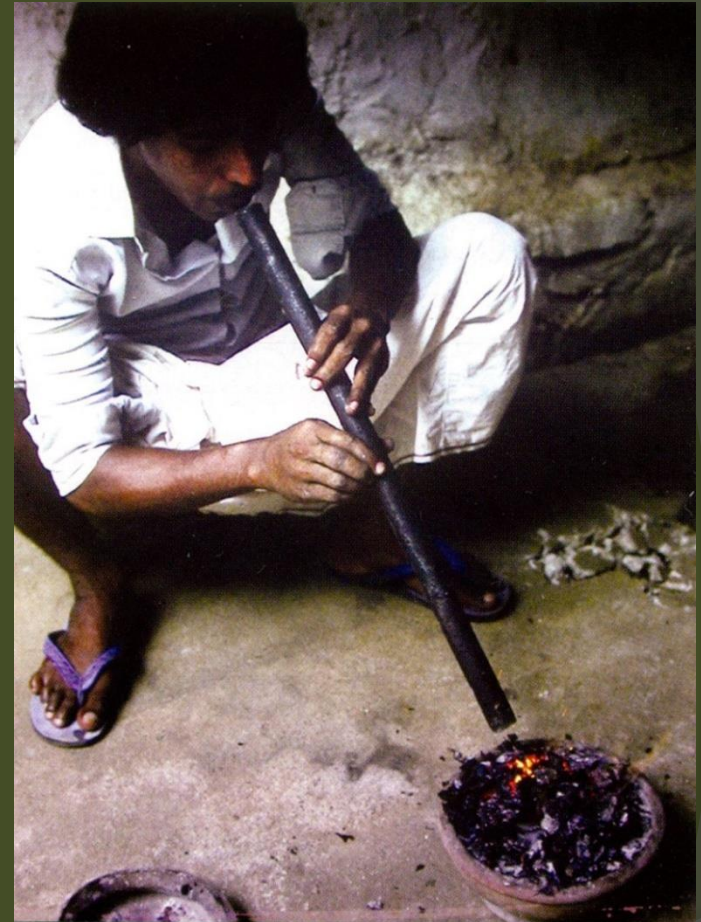
Схема синтеза по методу Вернейля

Облагораживание природного корунда



Отжиг в окислительной или восстановительной обстановке с целью улучшения цвета, а также чистоты камней.

Диффузные методы.



Гематит — Fe_2O_3

Структура аналогична структуре корунда: ПГУ из O^{2-} , 2/3 ОП заняты Fe^{3+} ; сингония тригональная.

Название: от греч. *эма* — кровь, *эмаитес* — кровавый камень (Теофраст, 325 г . до н.э.)

Свойства: цвет — стально-черный до черного, у скрытокристаллических разновидностей — матово-красный до ярко-красного; черта вишнево-красная или красновато-коричневая; спайности нет, характерна отдельность по пинакоиду (0001) и ромбоэдру (1011);

Разновидности по морфологии:

спекулярит (слюдаподобный)

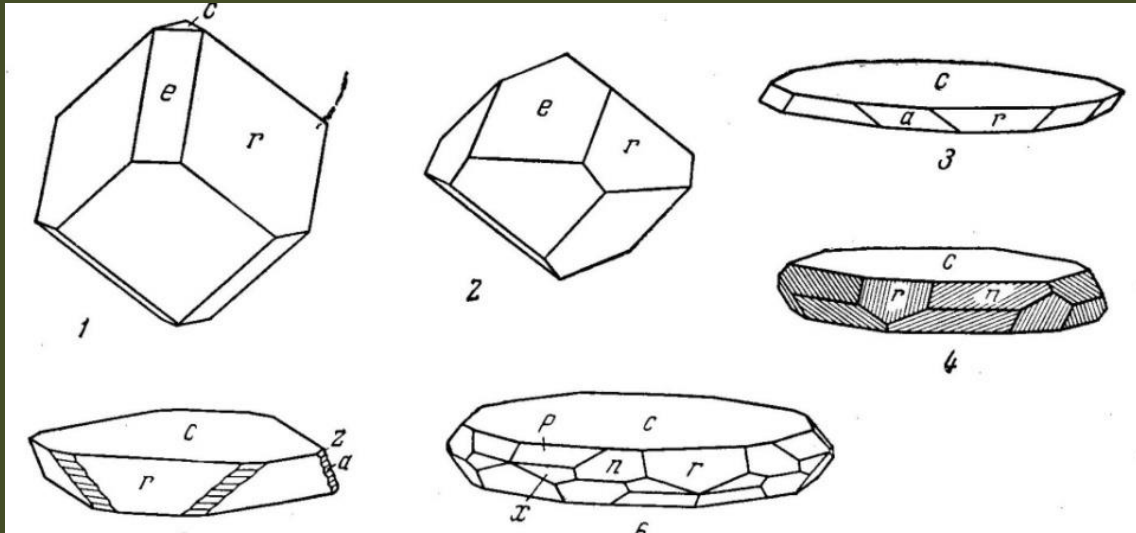
Разновидности по составу:

титаногематит (тв. раствор с ильменитом $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeTiO}_3$)

алюмогематит (твердый раствор с Al_2O_3)

гидрогематит (до 8 мас.% H_2O)

Характер выделений гематита



- Кристаллы таблитчатые и пластинчатые, реже ромбоэдрические и удлиненные
- Двойники по (1011), реже по (0001)



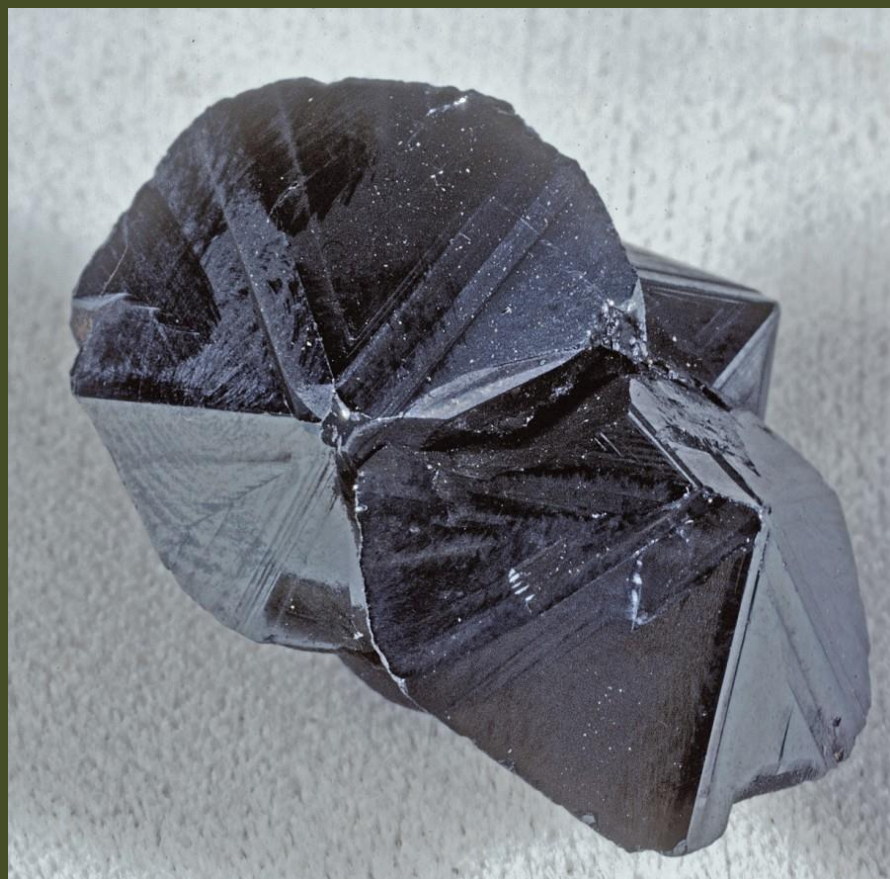
Двойники гематита

Двойники срастания по ромбоэдру (1011)



N'Chwaning II Mine, ЮАР

Двойники прорастания по пинакоиду (0001)



Dognaczka, Румыния. 1.5 см

Агрегаты гематита

Сростки кристаллов по плоскостям, близким к положению пинакоида ("железные розы").



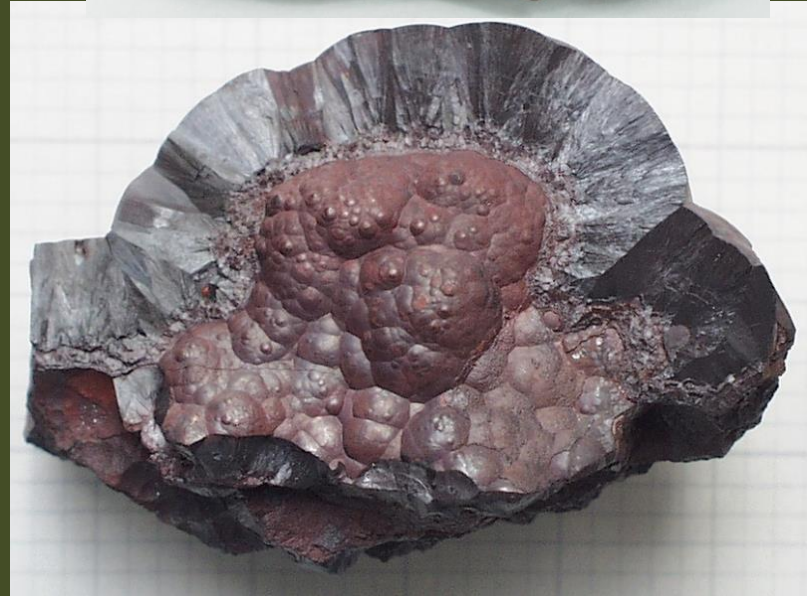
проявление Пыртиндырма,
Приполярный Урал. 1.5 см



St Christophe-en-Oisans, Франция

Агрегаты гематита

Почковидные образование с радиально-волокнистым строением ("красная стеклянная голова").



West Cumberland Iron Field, Англия

Агрегаты гематита

Массивные тонкозернистые и скрыто-кристаллические массы. Красные землистые массы в зоне выветривания (красная охра).



Тонкораспыленный материал в отдельных минералах и горных породах — распространенная причина появления аллохроматической окраски.



Псевдоморфозы

Мартит – псевдоморфоза гематита Fe_2O_3 по магнетиту $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$
($4\text{FeFe}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$)



Райún volcano, Аргентина

Генезис гематита

Широко распространен, образуется в *окислительных условиях* в месторождениях самых разнообразных генетических типов:

- встречается в эффузивных породах, измененных оливинитах, скарнах, кварцевых жилах и др.
- промышленные скопления – в докембрийских метаморфизованных сериях пород (железистые кварциты и сланцы) - Курская и Криворожская магнитные аномалии
- в зоне окисления железных руд и в корках выветривания тропических областей (латериты)

Является рудой на Fe !!!



Железистый кварцит, Курск

Группа ильменита

- $M^{2+}\text{TiO}_3$
- Тригональная сингония
- Структура производная от типа корунда

Включает 4 минеральных вида

Ильменит – $\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$

Пирофанит – MnTiO_3

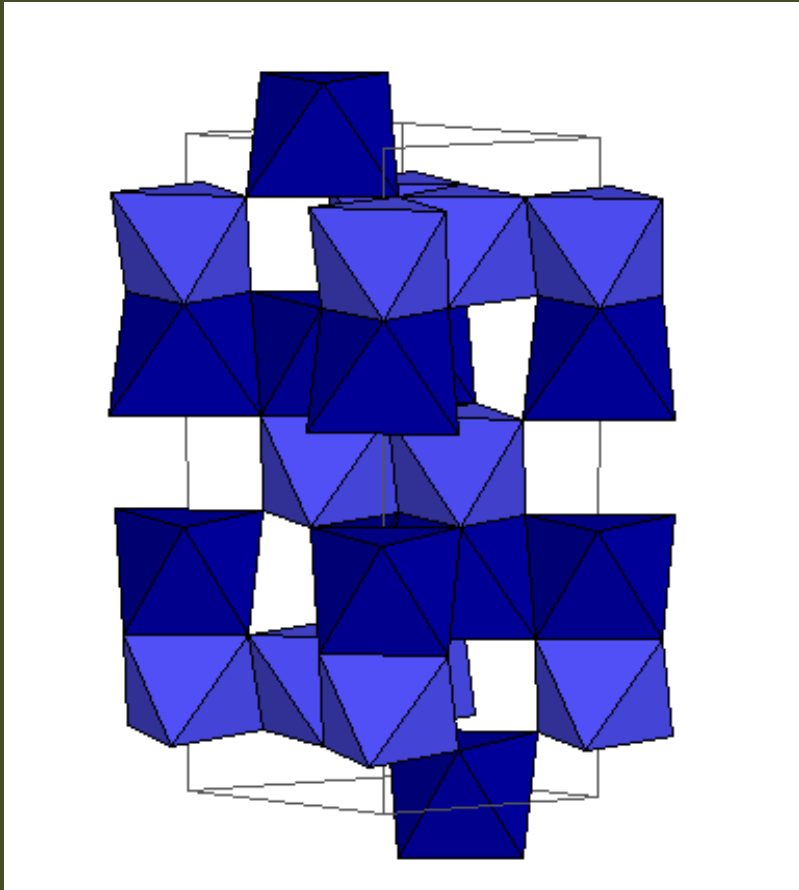
Гейкилит – MgTiO_3

Экандрюсит – ZnTiO_3

Кристаллическая структура минералов группы ильменита

ГПУ из O^{2-} , $2/3$ октаэдрических пустот через слой поочередно занимаются M^{2+} и Ti^{4+}

Упорядочение приводит к снижению симметрии по сравнению с минералами гр. корунда.

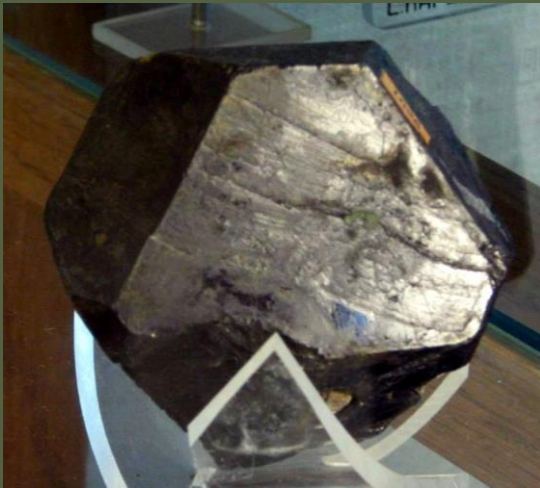
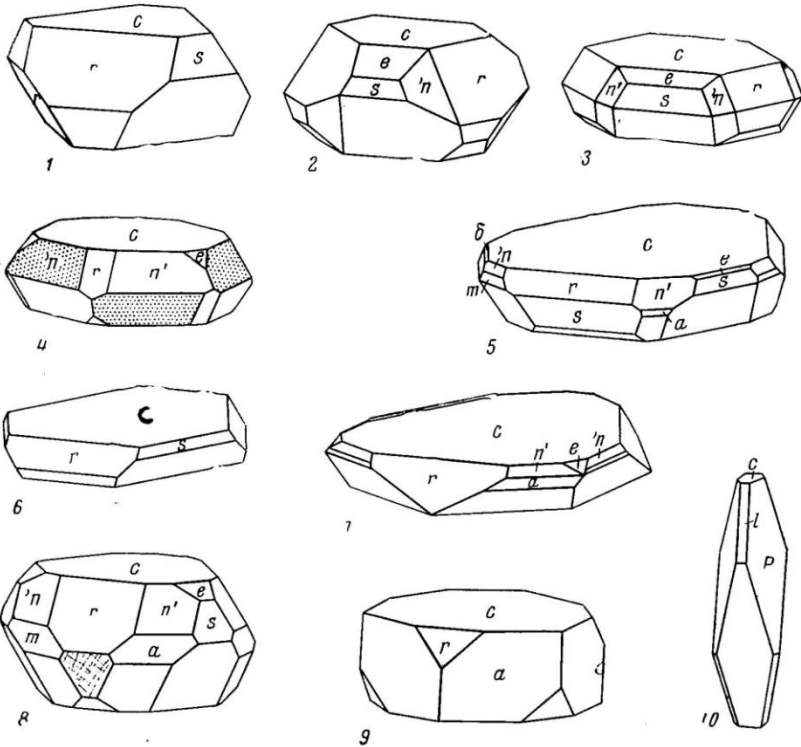


Название: от Ильменских гор на Южном Урале, где впервые подробно был изучен ильменит

Выделения ильменита

Свойства: спайности нет, характерна отдельность по пинакоиду (0001) и ромбоэдру (1011);

Морфология: кристаллы толстотаблитчатые, реже пластинчатые и ромбоэдрические. Двойникование по пинакоиду (0001) и ромбоэдру (1011). Обычно встречается в виде вкрапленных зерен неправильной формы, редко в сплошных зернистых массах.



Химический состав ильменита

*Непрерывные изоморфные ряды
(изовалентный изоморфизм):*

FeTiO_3 - MgTiO_3 (пикроильменит)

FeTiO_3 - MnTiO_3 (манганильменит)

Ограниченная смешимость в рядах:

FeTiO_3 – Fe_2O_3 (геммоильменит)

FeTiO_3 – Cr_2O_3 и FeTiO_3 – Al_2O_3

(гетеровалентный изоморфизм)



Другие характерные примеси: V , Nb , Ta , Ni , Co , Zr и др.

Генезис ильменита

- ⦿ Акцессорный минерал основных и средних, реже кислых пород (габбро, анортозитов, диоритов и др.)
- ⦿ Характерен для щелочных сиенитов, нефелиновых сиенитов и их пегматитов
- ⦿ Типичный минерал кимберлитов
- ⦿ Встречается в кварцевых жилах
- ⦿ Накапливается в россыпях (Траванкур, Индия)

Руда на Ti !

***Ильменит кимберлитов – поиск и
оценка месторождений алмаза***

Группа рутила

- $M^{4+}O_2$
- Тетрагональная сингония
- Структурный тип рутила

Включает 8 минеральных видов

Рутил – TiO_2

Касситерит – SnO_2

Пиролюзит – MnO_2

Платтнерит – PbO_2

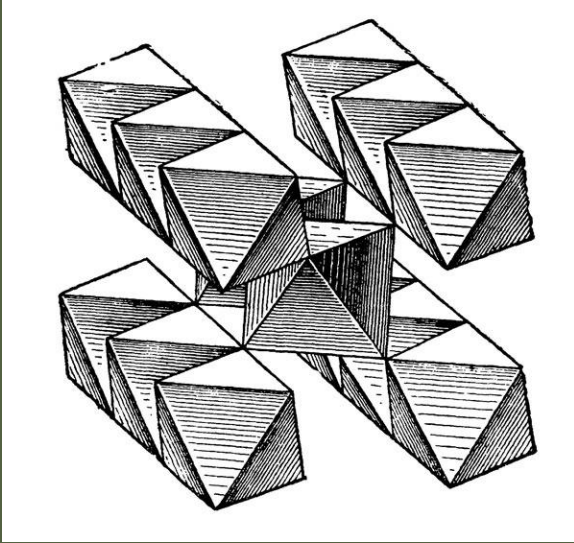
Трипугиит – $Fe^{3+}Sb^{5+}O_4$

Стишовит – SiO_2

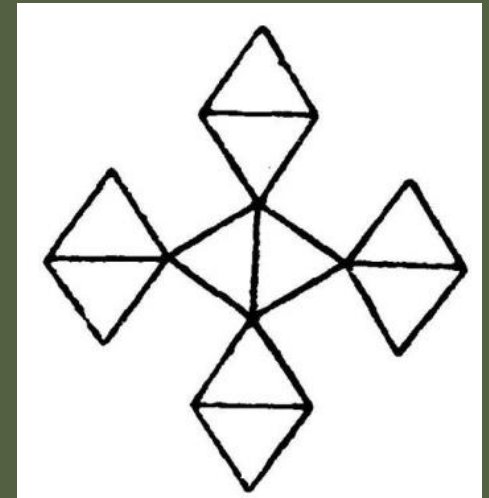
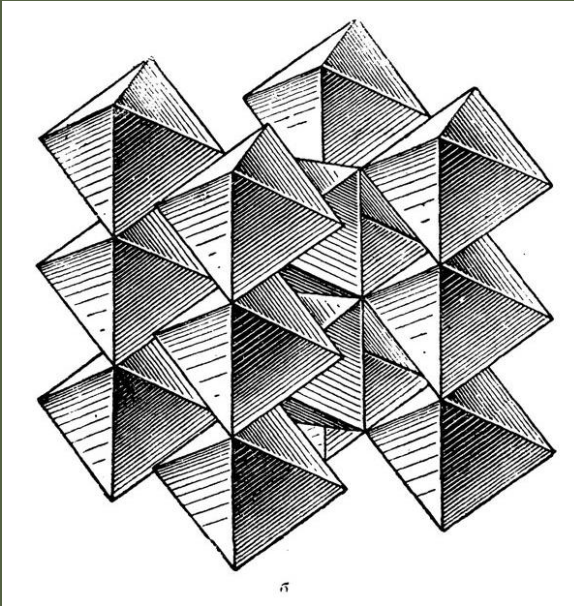
Парателлурит – TeO_2

***Аргутит* – GeO_2**

Структура рутила

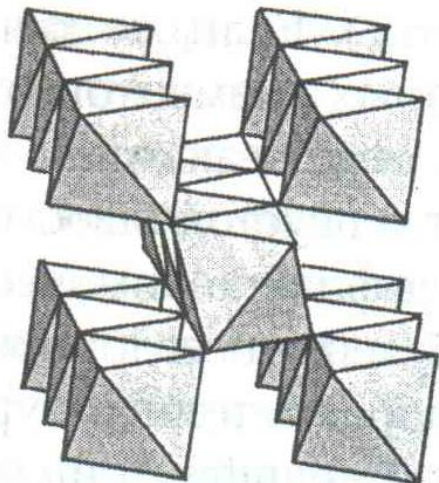


- ПГУ из O^{2-} , $\frac{1}{2}$ октаэдрических пустот заселена Ti^{4+} ;
- прямолинейные цепочки из заселенных октаэдров, соединенных двумя ребрами, вытянуты вдоль оси c ;
- цепочки соединены вершинами октаэдров и развернуты относительно друг друга на 90°
- тетрагональная сингония

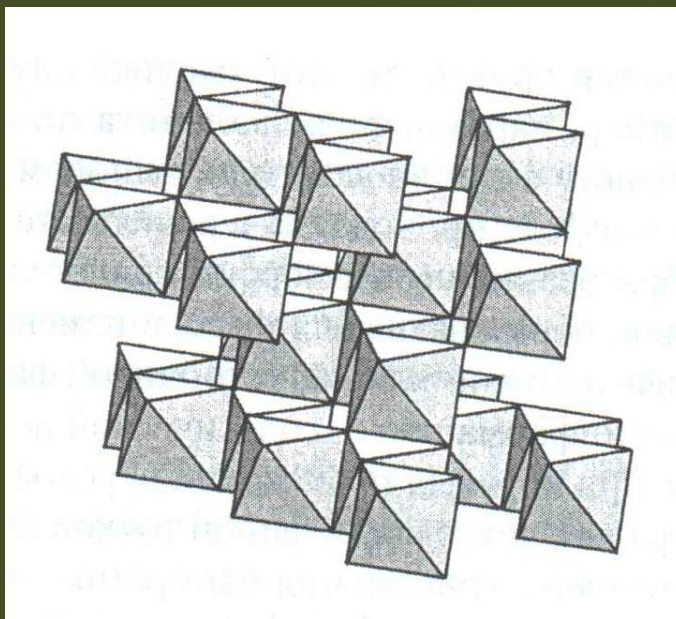


Полиморфные модификации TiO_2

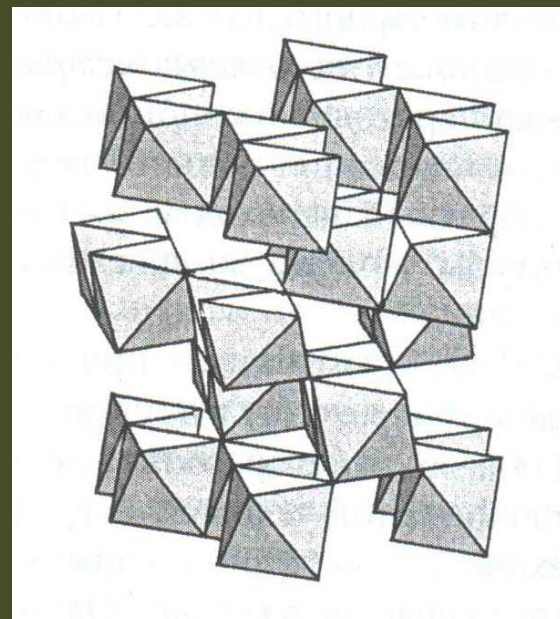
В трех из четырех известных в природе полиморфных модификаций TiO_2 атомы О образуют в структуре плотнейшие упаковки, а атомы Тi заполняют половину октаэдрических пустот. В недавно открытом акаогите (сверхплотной полиморфной модификации со структурой типа бадделеита) Тi находится в семерной координации.



Рутил, тетр.
ГПУ



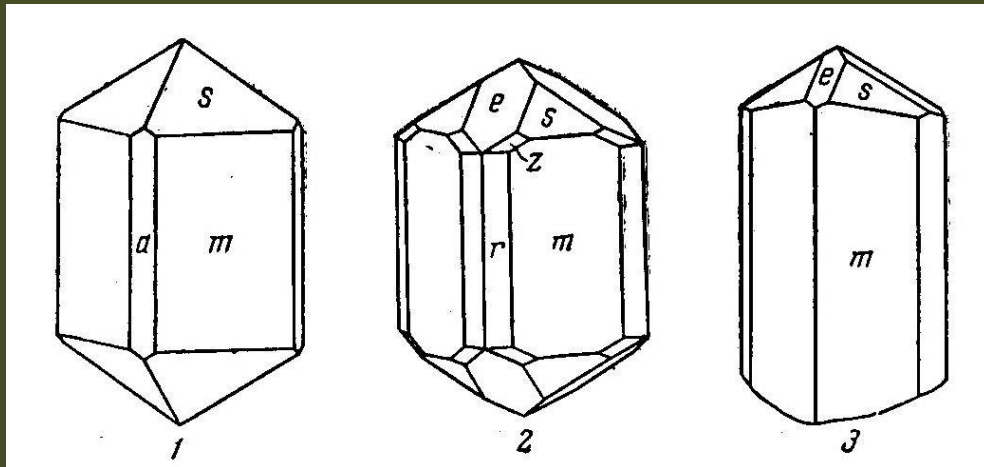
Анализ, тетр.
КПУ



Брукит, ромб.
четырёхслойная
(топазовая, АВАС) ПУ

Рутил TiO_2

Название: от лат. *красный*



Кристаллы
призматические,
шестоватые, столбчатые
до игольчатых с
вертикальной
штриховкой на гранях



Морфология кристаллов рутила



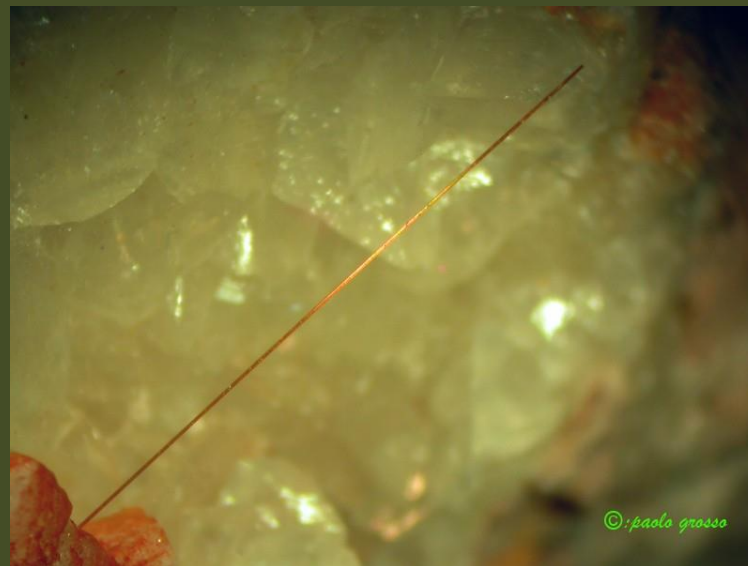
Agaro Lake, Piedmont, Италия



Капутджук, Азербайджан



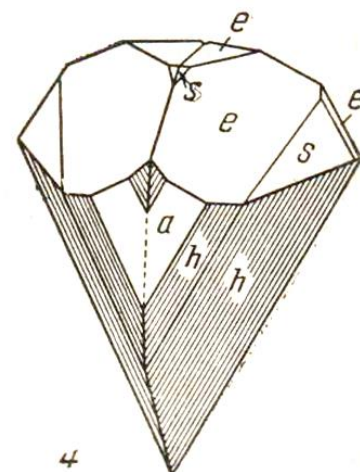
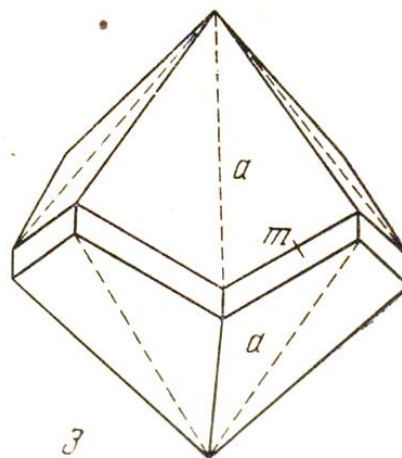
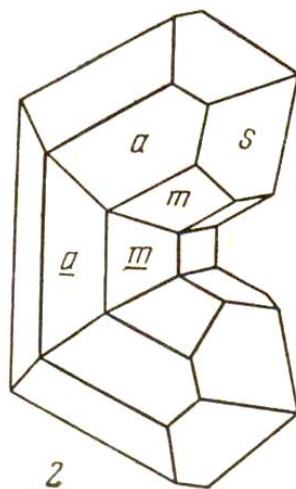
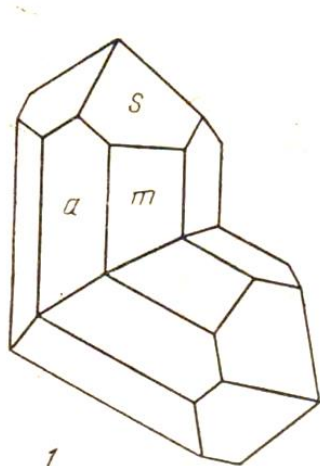
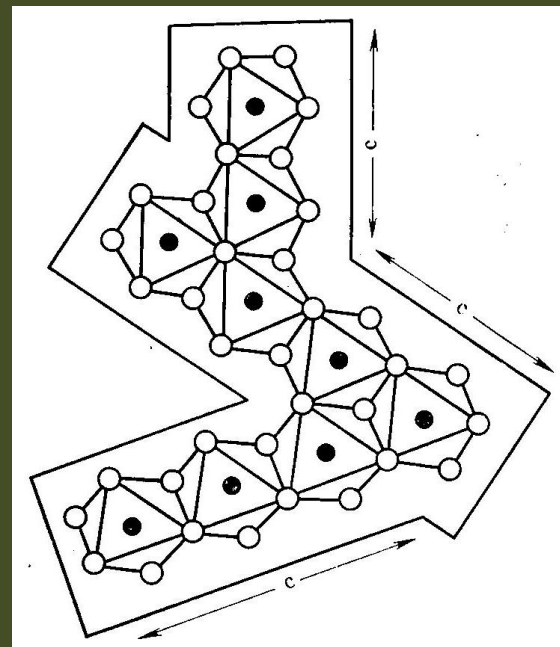
Rutile Crevoladossola quarry,
Piedmont, Италия



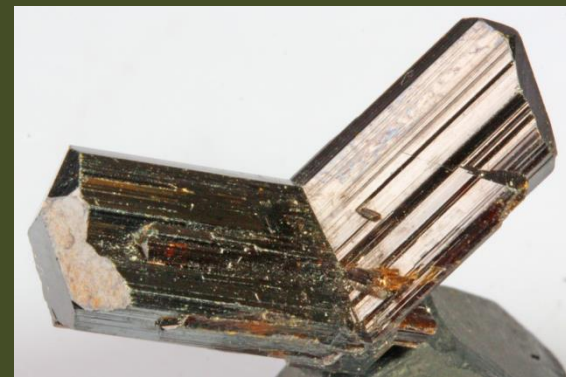
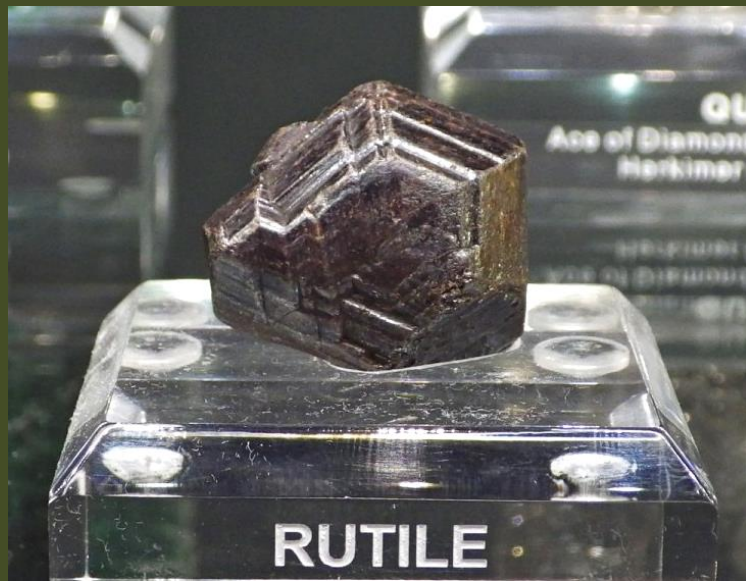
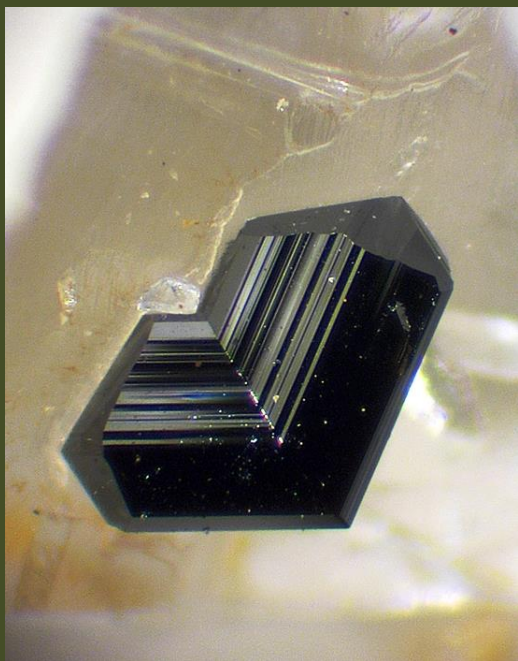
Crestola Bassa quarry, Tuscany, Италия

Двойники

Характерны двойники - коленчатые (двойникование по (011), аналогичные двойникам касситерита), реже сердцевидные, копьевидные или циклические.

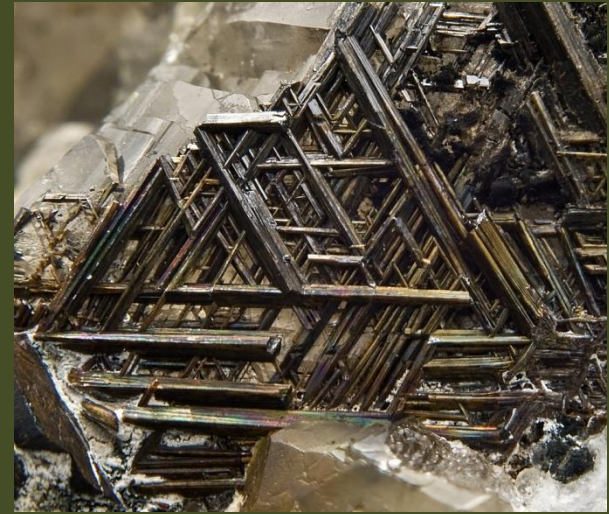
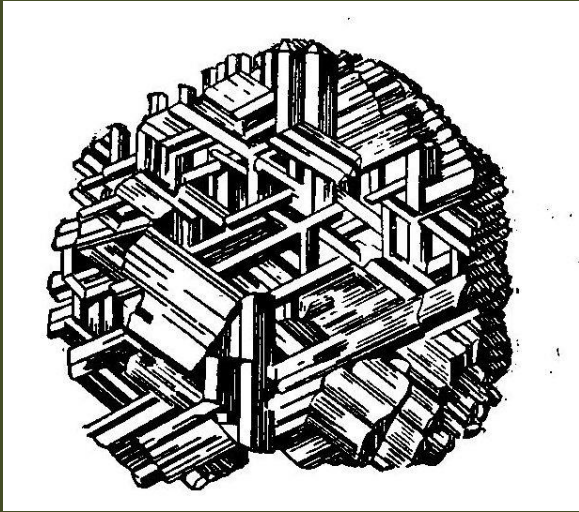


Двойники рутила

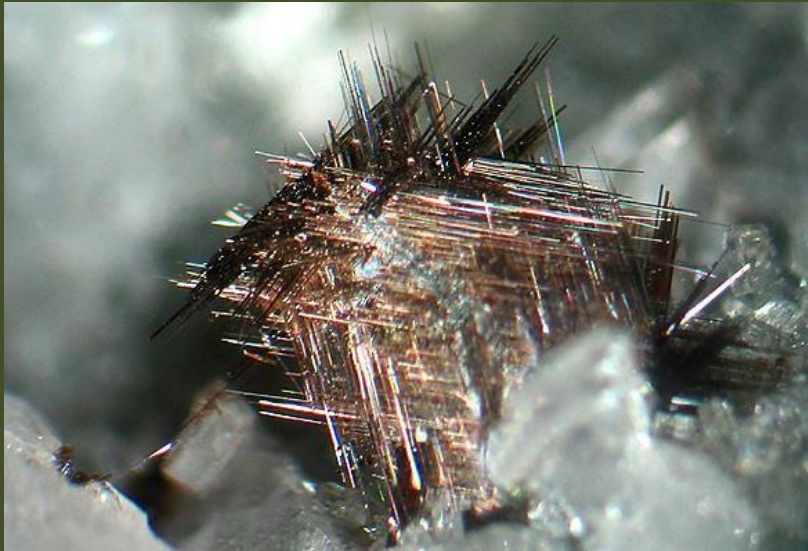


Двойники рутила

Сагениит (от греч. *sagene* – сеть) – плоские сетчатые сростки двойников игольчатого рутила (под 60° и 120°)



Mt. Zahor, Босния и Герцеговина



Kaiserer quarry, Австрия



Bortelhorn, Швейцария

Включения рутила в других минералах

Встречается в виде иголочек в корунде (звездчатый корунд), кварце ("кварц-волосатик"), магнетите, гематите, ильмените.



Кварц-волосатик. Ibityara, Bahia, Бразилия



Кварц с рутилом и хлоритом (Бразилия).



Эпитаксические срастания рутила

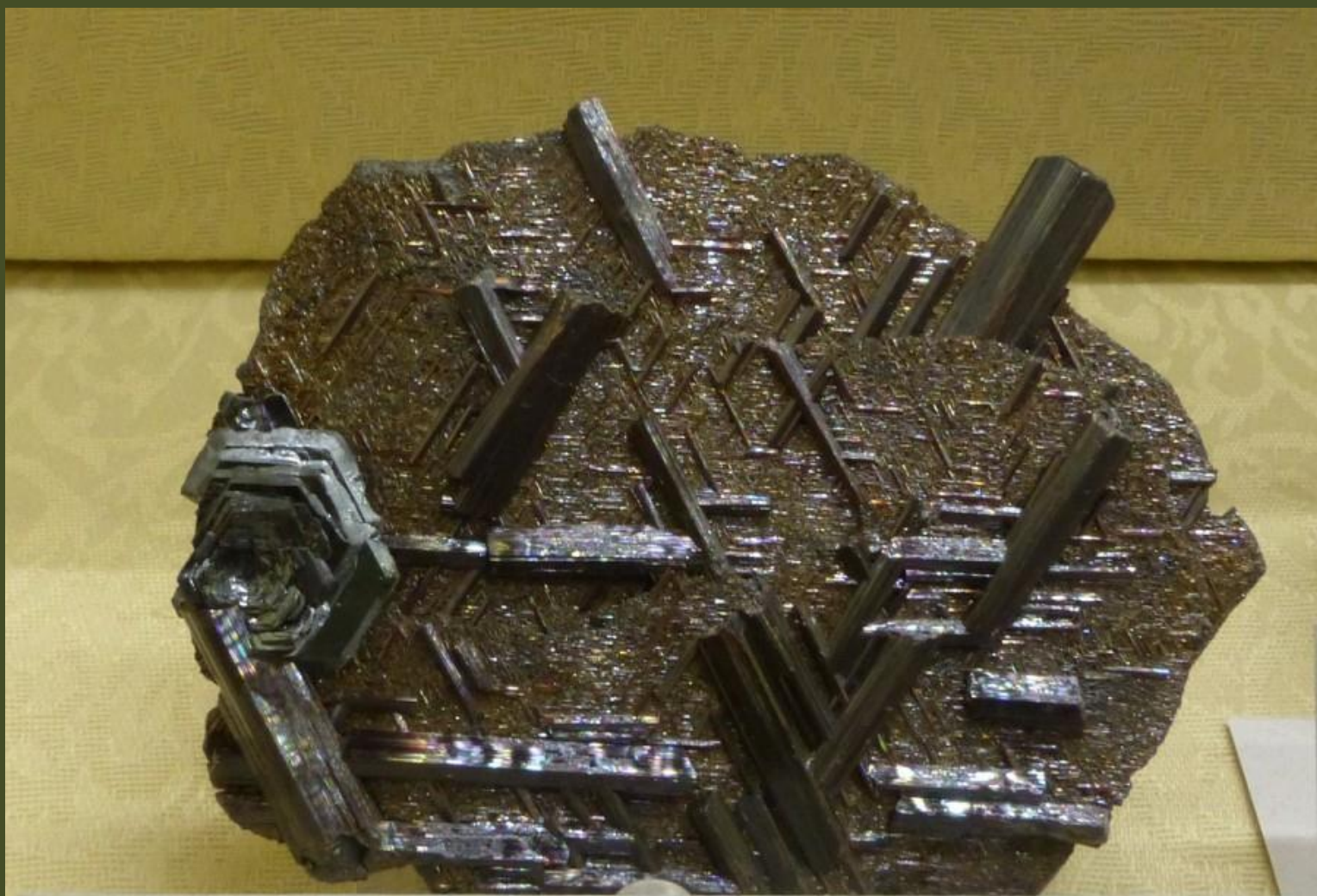
Закономерное нарастание кристаллов рутила на гематит



Ibitiara, Bahia, Бразилия



Novo Horizonte, Bahia, Бразилия



Rutile on Rutile epimorphed after

Псевдоморфоза тонкоигольчатого рутила по пластинчатому кристаллу гематита. Затем на него ориентированно выросли крупные призмы более позднего рутила и уже потом на этот агрегат ориентированно выросла гематитовая "розочка". Ambositra, Amoron'i Mania Reg., Madagascar

Состав рутила

Наиболее характерны примеси:

Fe^{2+} , Fe^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} , Sn^{4+} , Nb^{5+} , Ta^{5+} , W^{6+}

Твердые растворы $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6 - \text{TiO}_2$:

ильменорутил $\text{Nb} > \text{Ta}$

стрюверит $\text{Ta} > \text{Nb}$

Высокая примесь Fe и Al – показатель высокой температуры кристаллизации. Примеси в рутиле – типоморфный признак (Cr – кимберлиты, Nb – щелочные породы, Sn и Ta – пегматиты).



Генезис рутила

Встречается в *ультраосновных, основных и кислых магматических породах* (кимберлиты, габбро, гранитоиды) и связанных с ними *пегматитах*, также встречается в метасоматических породах – *грейзенах, пропилитах вторичных кварцитах*.

Обычен в *гидротермальных жилах альпийского типа*.

Как акцессорный минерал встречается в метаморфических породах - *кристаллических сланцах, гнейсах и т.д.*

Накапливается в россыпях.

Добывается из комплексных титан-циркониевых россыпей. Используется для выплавки ферротитана, применяется при производстве стали, керамики и др.

Анатаз TiO_2

Название: от греч. *вытянутый*, как отражение наибольшей длины граней пирамид кристаллов анатаза по сравнению с другими тетрагональными минералами.

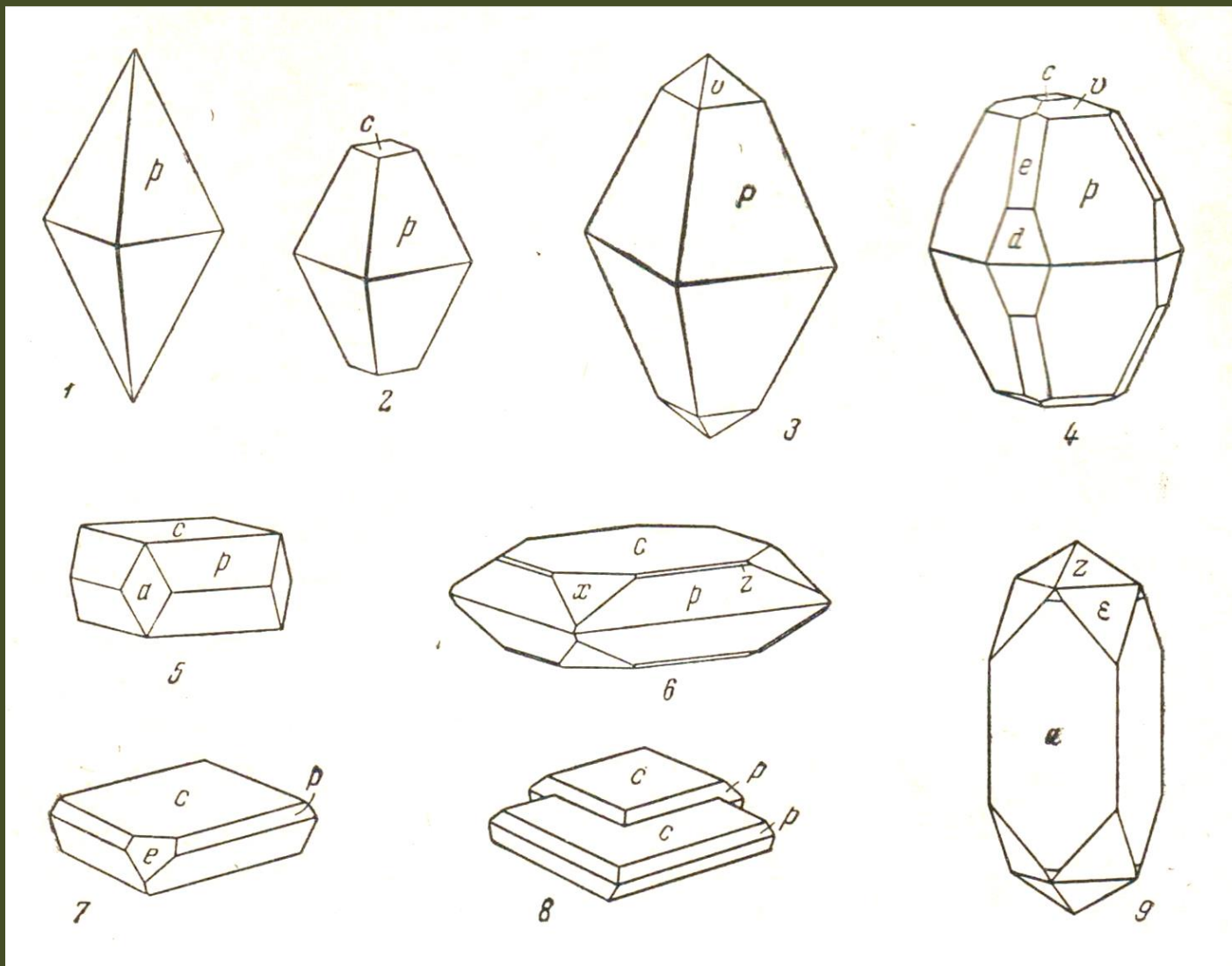
Сингония: тетрагональная.

Цвет: зеленовато-желтый, бурый, зеленоватый, стально-серый, синий до черного.

Низкотемпературная полиморфная модификация TiO_2 . При нагревании до 620-650°C переходит в рутил.

Морфология кристаллов анатаза

Кристаллы острые дипирамидальные, реже встречаются таблитчатые и призматические



Анатаз TiO_2



Дипирамидальные кристаллы анатаза, Австрия

Анатаз TiO_2



Дипирамидальные кристаллы анатаза, Австрия

Анатаз TiO_2



Кристаллы анатаза дипирамидального габитуса, Австрия

Брукит TiO_2

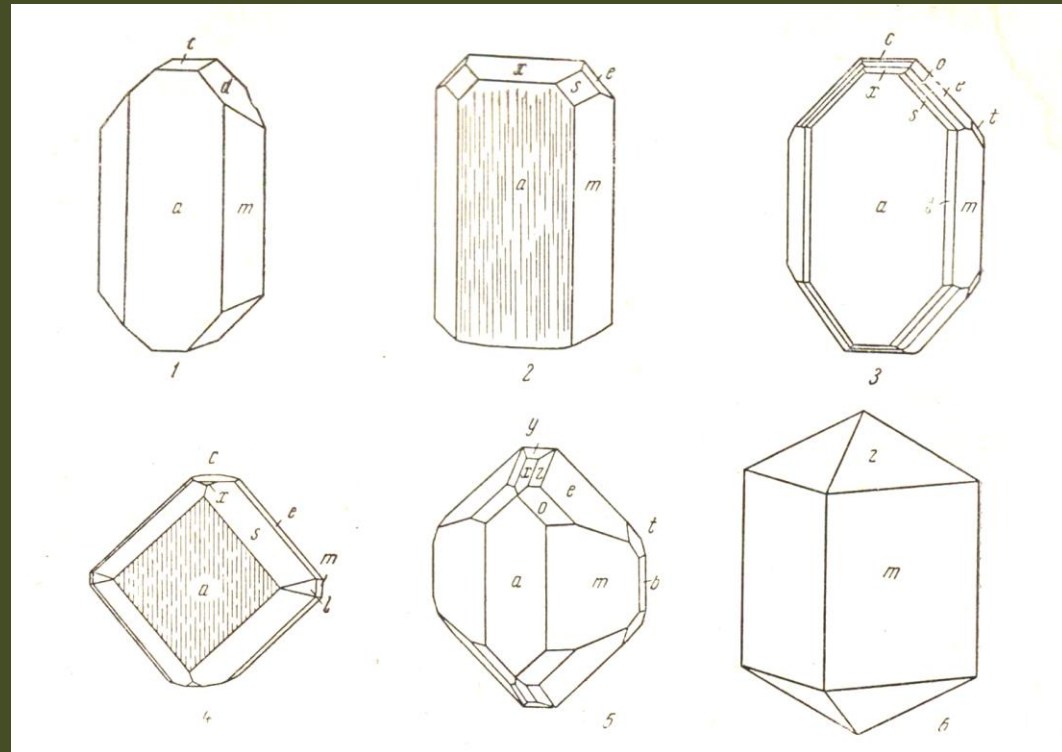
Название: в честь *Генри Джеймса Брука* (1771-1857), английского минералога и кристаллографа

Сингония: ромбическая

Цвет: желтоватый, красноватый, красновато-бурый, желто-черный; окраска часто неравномерная.

Кристаллы таблитчатые, уплощенные по (100), реже столбчатые

Часто проявляется секториальное и зональное строение.



Брукит TiO_2



Брукит (кристалл более 3 см). Пакистан



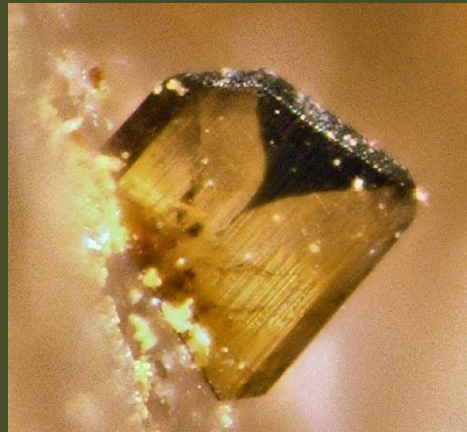
Брукит, Австрия

Брукит TiO_2

Более темная окраска характерна для пирамид роста $\langle 001 \rangle$, $\langle 122 \rangle$, $\langle 021 \rangle$ и др.



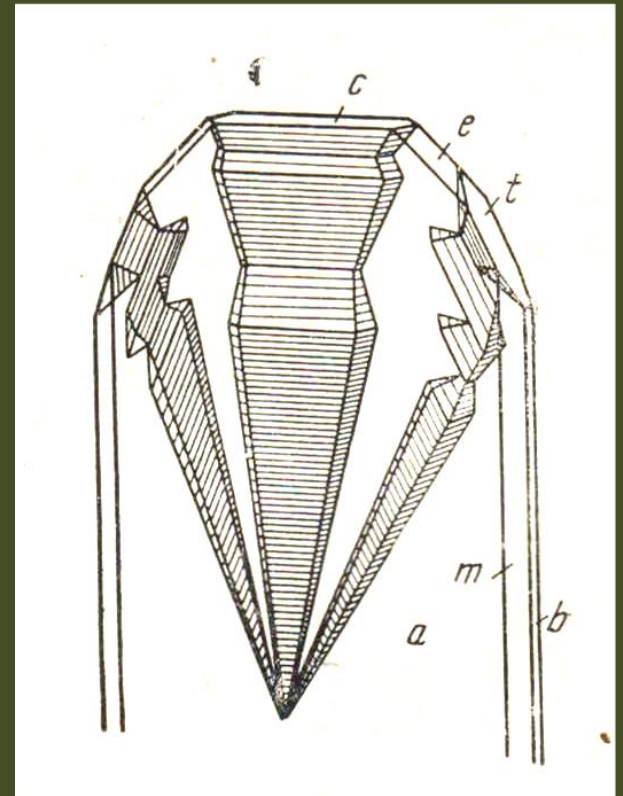
Кharan, Пакистан



Kingsgate, Австрия



Кharan, Пакистан



Генезис анатаза и брукита

Характерные минералы *альпийских жил*, где они ассоциируют с кварцем, адуляром, хлоритами.

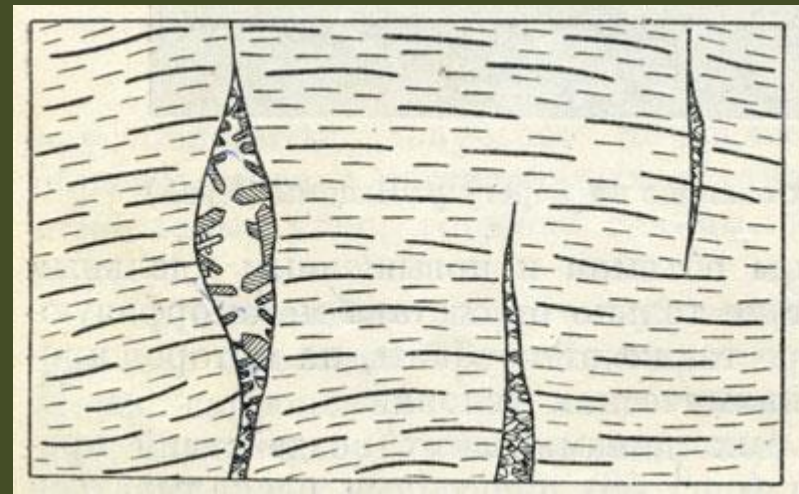
Анатаз встречается также в *гранитах, гранитных пегматитах, метаморфических породах*.

Накапливается в россыпях.

Брукит также иногда наблюдается в *метаморфических породах*.

Жилы альпийского типа

Альпийские жилы — гидротермальные жилы, развитые в массивах метаморфических пород амфиболитовой фации и фации зелёных сланцев в ядрах складчатых сооружений, которые испытывают медленное воздымание.



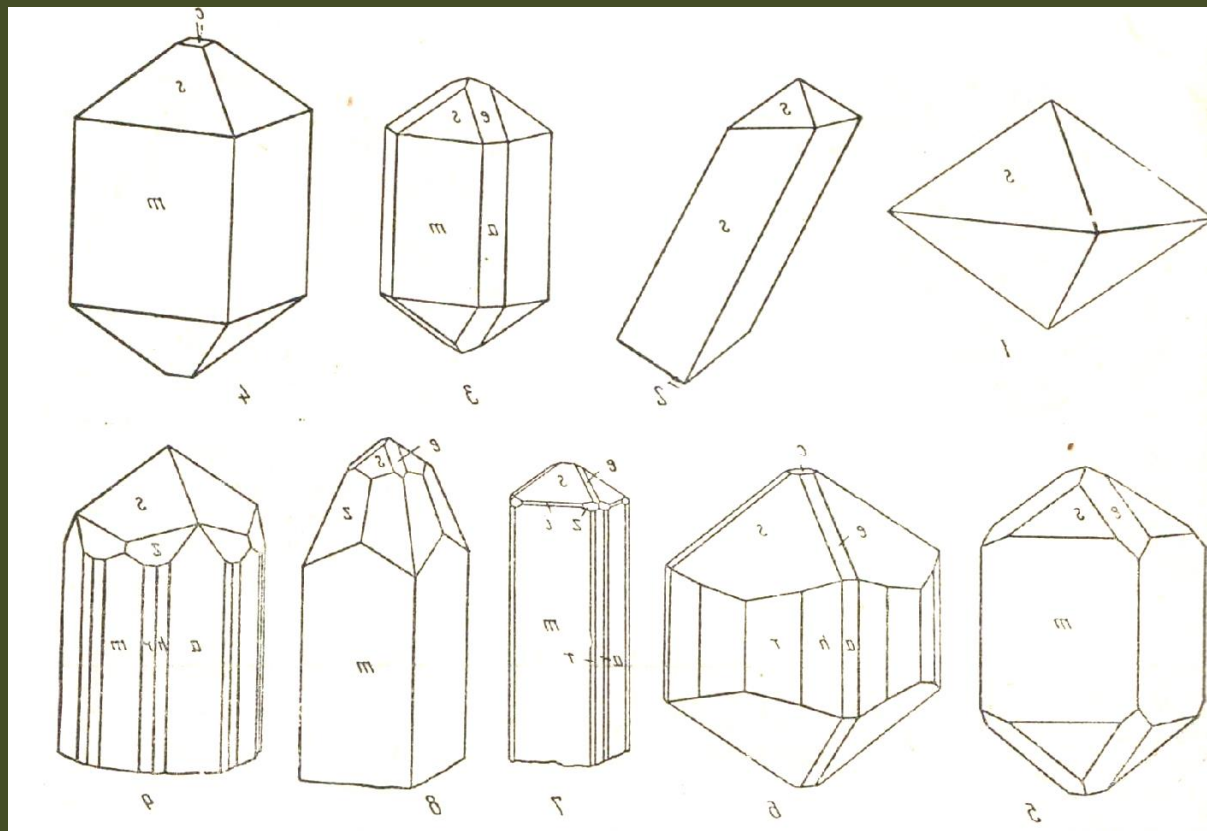
Жилы альпийского типа выполняют отдельные трещины и системы трещин гидроразрыва среди метаморфитов.

Минеральный состав альпийских жил обычно соответствует минеральному составу окружающих метаморфитов (кварц, адуляр, альбит, эпидот, ферроаксинит, апатит, титанит, перовскит, рутил, анатаз, брукит, флюорит, ильменит, гематитовые “розы”).

Касситерит – SnO_2

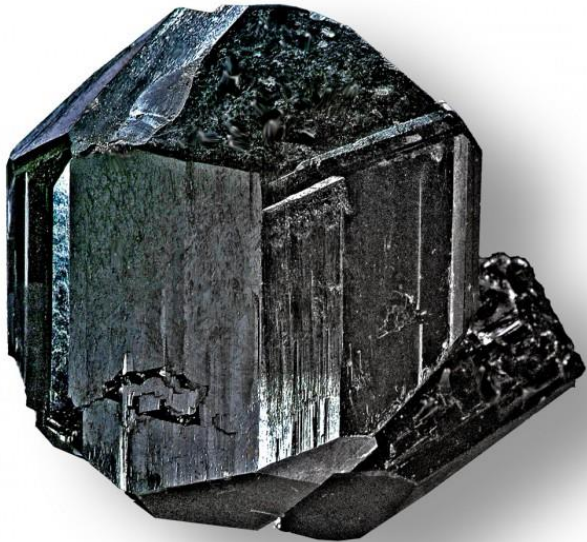
От греческого «касситерос» - олово

Кристаллы короткопризматические, реже длиннопризматические с острыми пирамидальными вершинами.



Габитус – типоморфный признак. Высокотемпературный касситерит – дипирамидальный, короткопризматический; низкотемпературный – длиннопризматический до игольчатого.

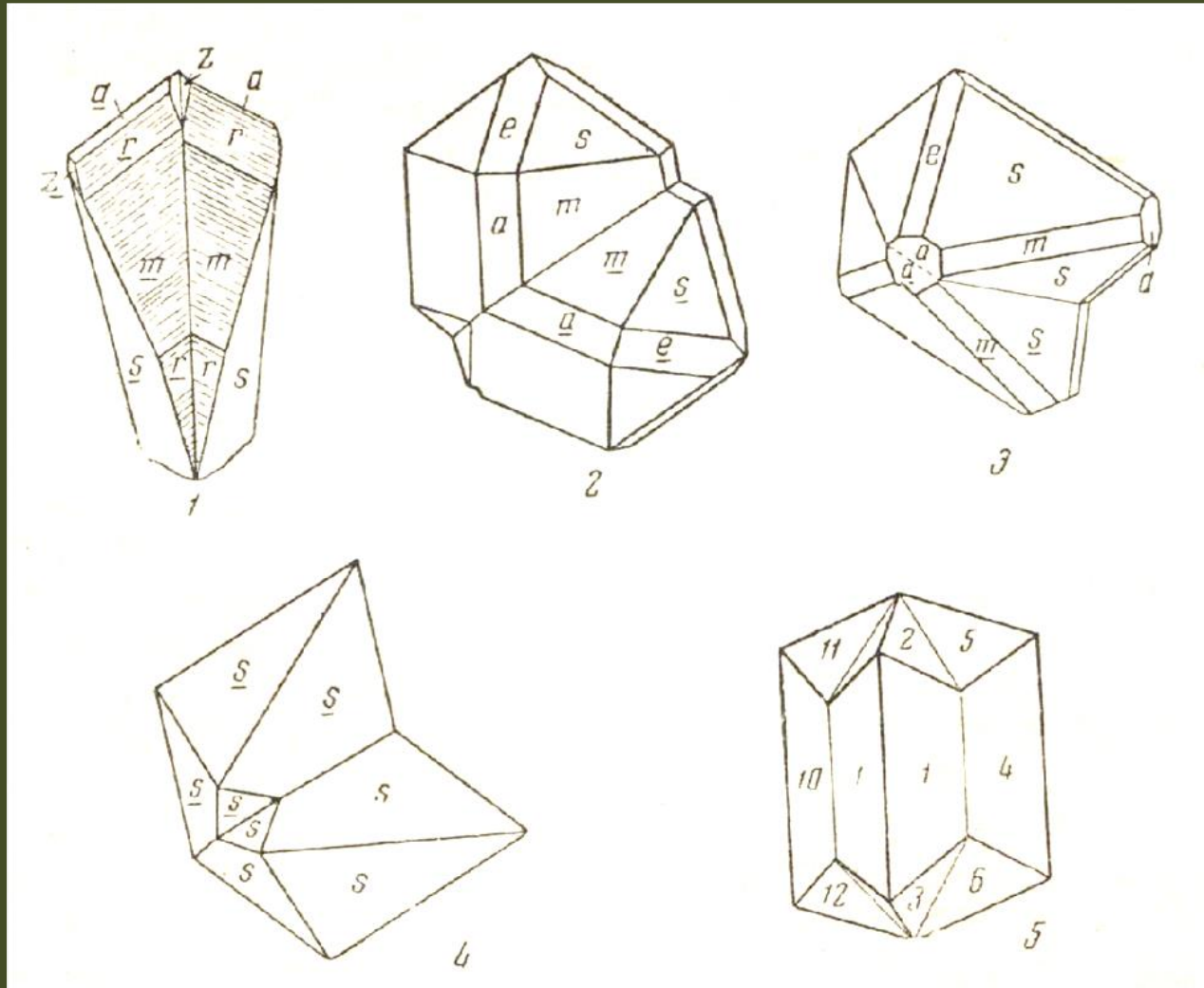
Морфология кристаллов касситерита



Иультинский рудный узел, Чукотский АО, Россия

Двойники касситерита

Характерны двойники - коленчатые (двойникование по (011)), реже сердцевидные или копьевидные (по (031)).



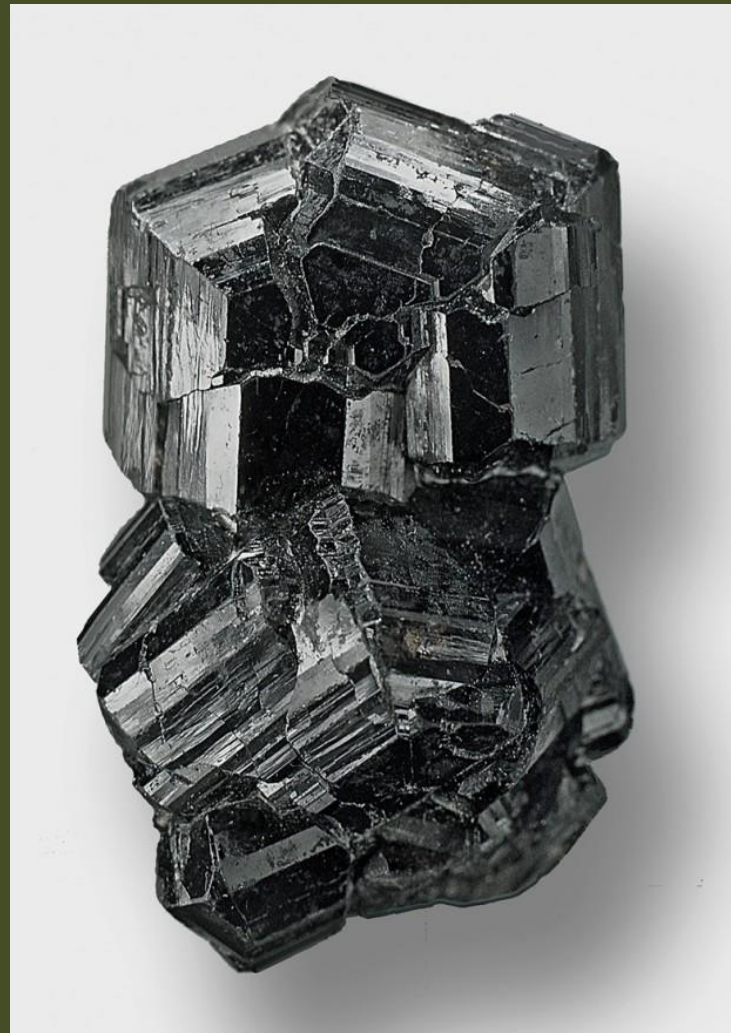
Двойники касситерита



Dayu Co., Китай



Mt Xuebaoding, Китай



W-Sn м-ние Светлое,
Чукотский АО, Россия

Деревянистое олово

Разновидность касситерита, свойственная месторождениям малых глубин. Почковидные агрегаты, обладающие волокнистым, радиально-лучистым строением, похожие на древесину.



Sn м-ние Джалиндинское,
Хабаровский край, Россия



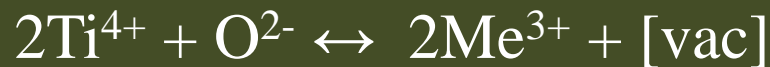
Elsmore, Австралия

Касситерит – главный промышленный минерал олова

Основная масса касситерита приурочена к постмагматическим образованиям генетически связанными с *кислым магматизмом*:

Пегматиты. Касситерит характеризуется высокими примесями Ta, Nb, Ti, W, Fe; характерны структуры распада твердого раствора.

Вероятные схемы изоморфных замещений :



Скарны

Грейзены и высокотемпературные гидротермальные образования

Россыпи (главный источник - грейзеново-жильные месторождения и оловоносные пегматиты).

Пиролюзит MnO_2

Название: от греч. *пир* —огонь и *лойсис* - мытье, т.к. с древних времен применялся для уничтожения бурого и зеленого оттенков стекла.

Морфология:

кристаллы от длинно- до короткопризматических, иногда игольчатые;

сплошные кристаллические и скрытокристаллические массы, плотные, рыхлые, землистые или сажистые агрегаты;

дендриты, корки, оолиты, почковидные и гроздевидные выделения;

волокнистые, тонкошестоватые, лучистые и зернистые агрегаты.

Морфология пиролюзита



Marie Terezie vein, Чехия



Tennyscape Mine, Canada

Морфология пиролюзита



Imini mine, Морокко



Las Cruces, New Mexico, США

Морфология пиролюзита



Ново-Черемшанское Ni м-ние,
Южный Урал, Россия

Генезис пиролюзита

Является одним из наиболее часто встречающихся марганцевых минералов.

Образуется преимущественно при процессах *гипергенеза*.

В больших объемах отлагался в различные геологические эпохи в прибрежных частях *морских и озерных бассейнов* в условиях доступа кислорода.

В смеси с другими минералами Mn составляет **крупнейшие промышленные месторождения марганцевых руд.**

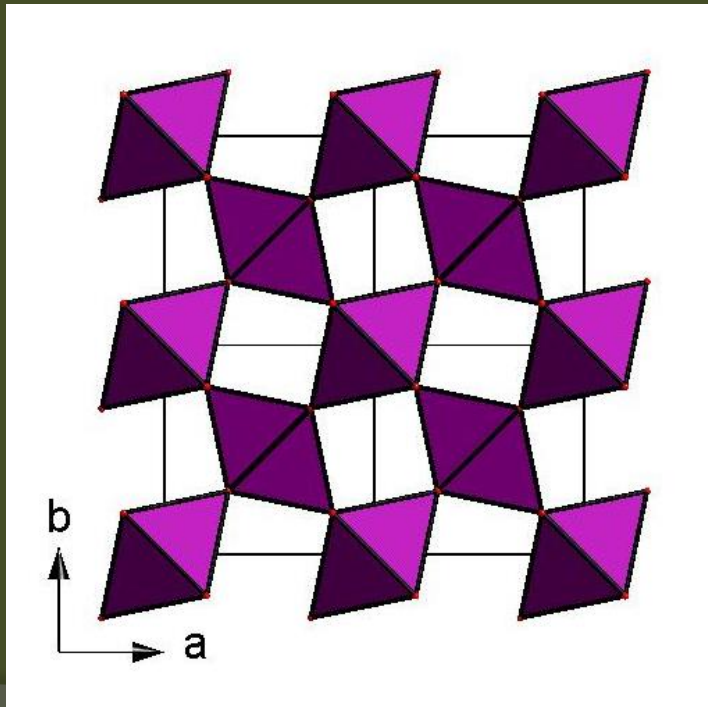
Также встречается в *гидротермальных* месторождениях.



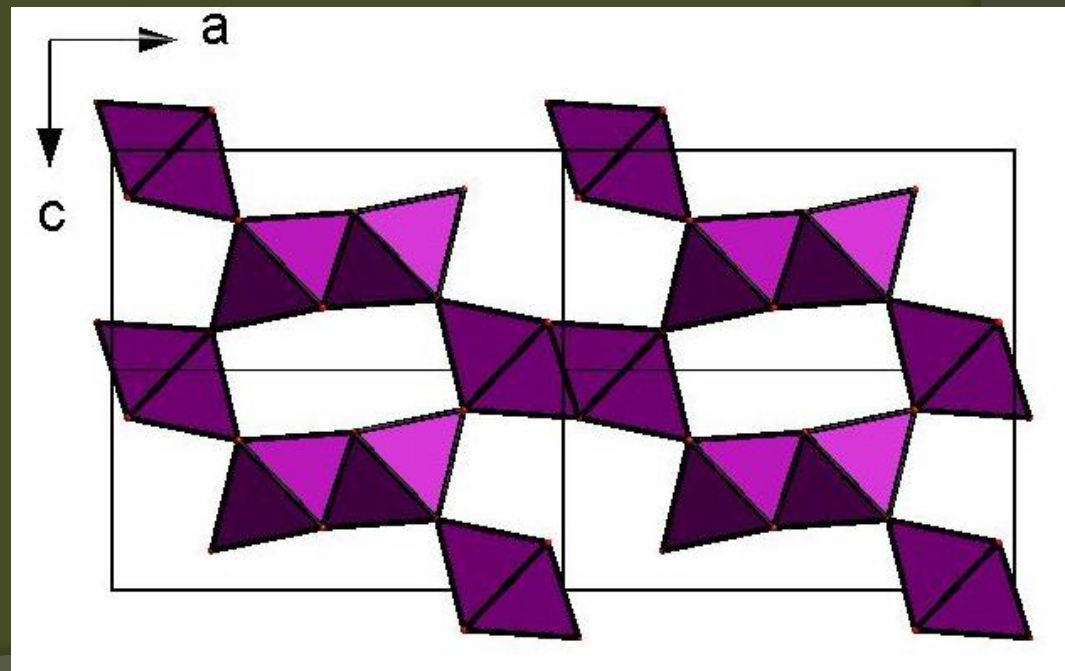
Минералы Mn с тоннельными рутилоподобными структурами

образованными *одинарными и двойными* цепочками из Mn^{4+} -октаэдров.

Пиролюзит MnO_2



Рамсделлит MnO_2



Минералы Mn с тоннельными рутилоподобными структурами

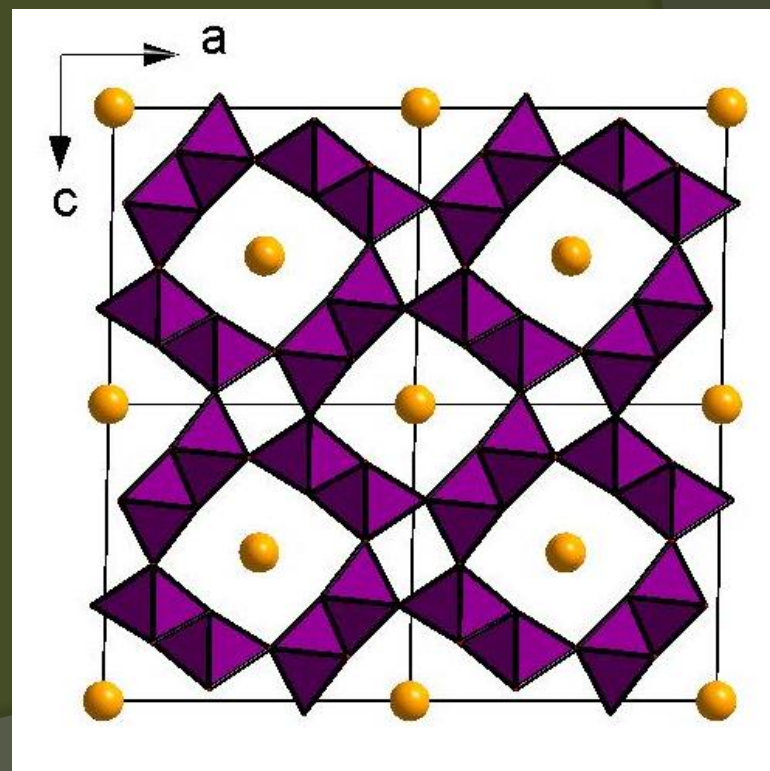
образованными *двойными* цепочками из Mn^{4+} -октаэдров.
В туннелях (каналах) расположены крупные катионы.

Группа голландита

Голландит $\text{Ba}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$

Криптомелан $\text{K}_2(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$

Коронадит $\text{Pb}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$



Голландит. Sauberg Mine, Германия

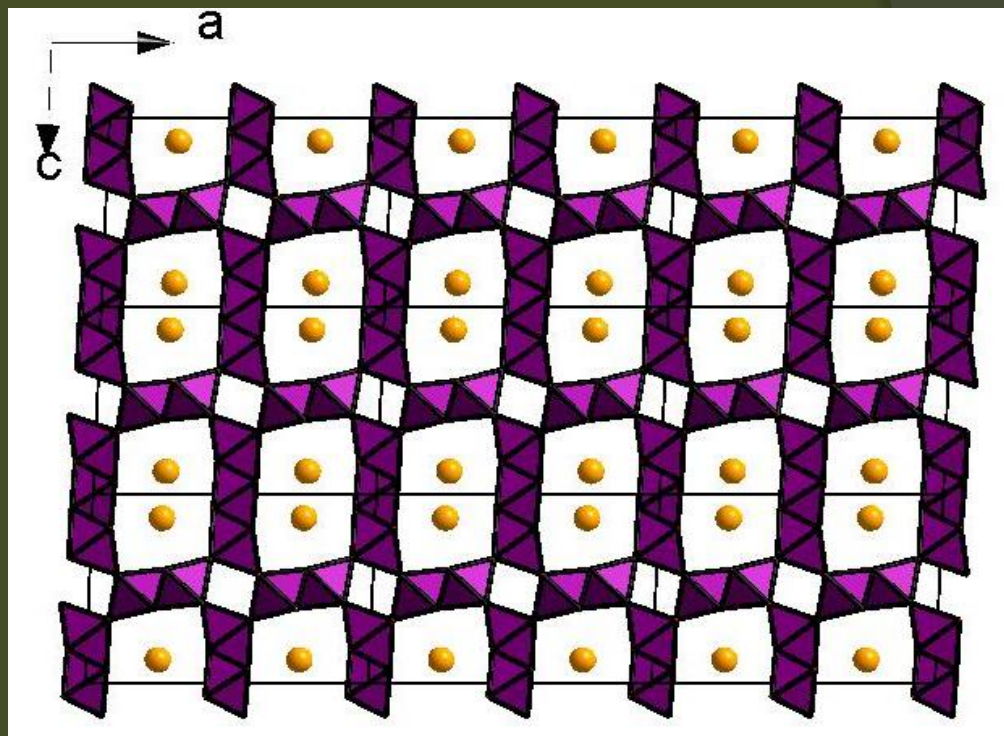
Минералы Mn с тоннельными рутилоподобными структурами

образованной *двойными и тройными* цепочками из Mn^{4+} -октаэдров. В туннелях (каналах) расположены крупные катионы (Ba) и молекулы воды

Романешит
 $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$



Romanèche-Thorens, Франция



В структуре романешита в каналах располагаются молекулы H_2O и крупные ионы Ba^{2+} , статистически заселяя близки позиции. Вода относится к цеолитному типу. При 500°C она удаляется без разрушения решетки.

Минералы Mn с тоннельными рутилоподобными структурами

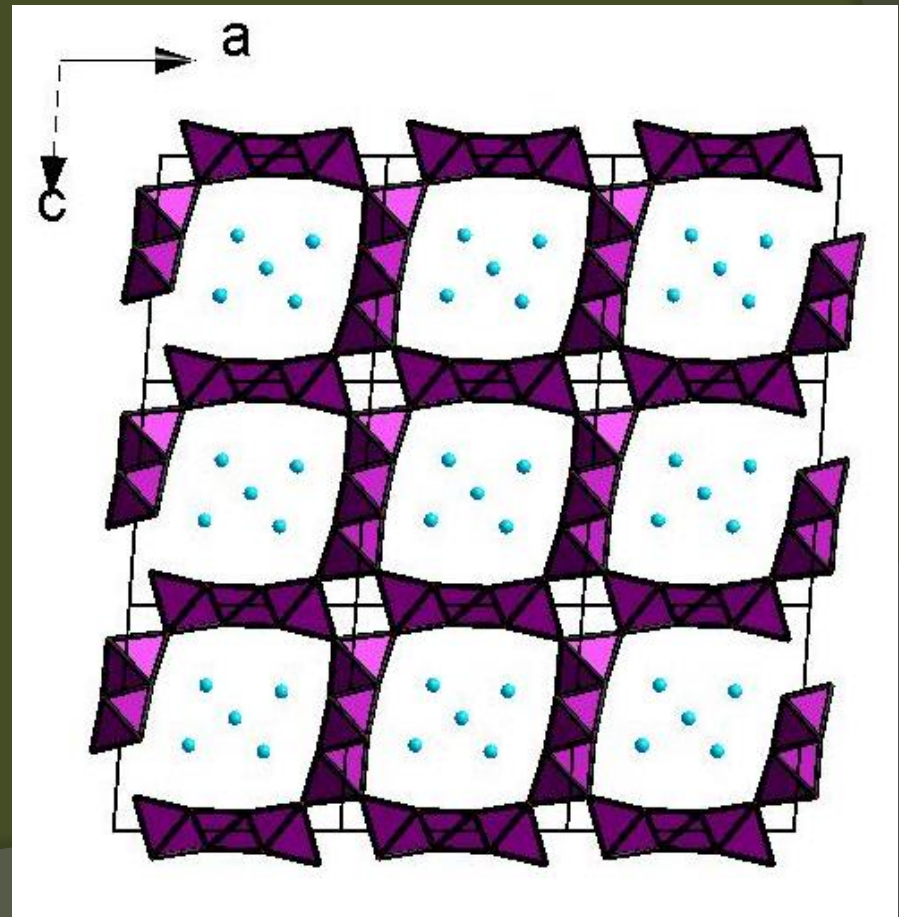
образованной *тройными* цепочками из Mn^{4+} -октаэдров.

В туннелях (каналах) расположены молекулы воды

Тодорокит $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_{1-x}(\text{Mn}, \text{Mg})_6\text{O}_{12} \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$



Todoroki mine, Япония



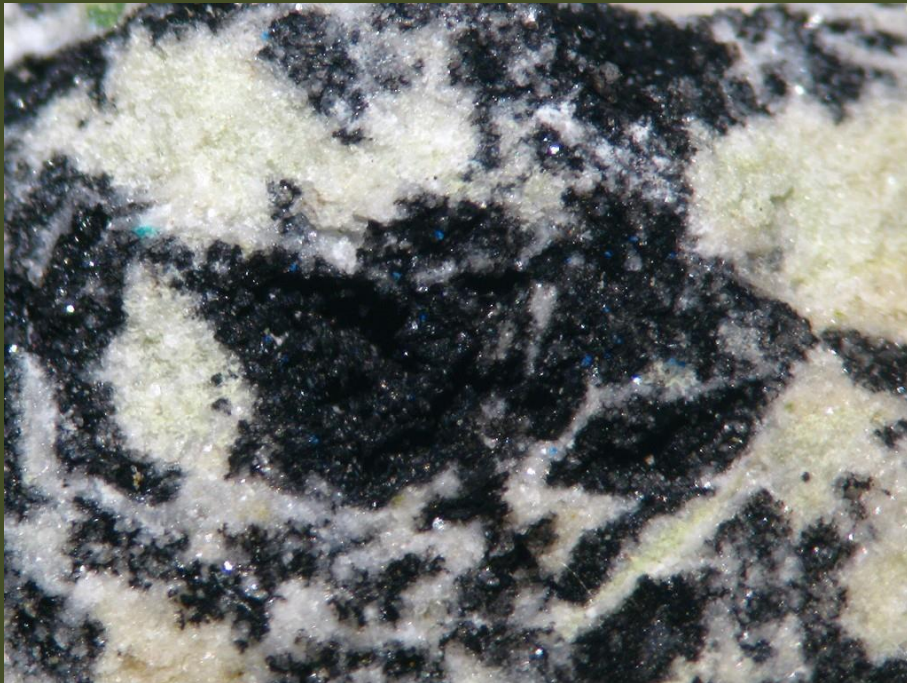
Простые оксиды меди.

Тенорит CuO .

Сингония: моноклинная

Цвет: стально-серый или железно-серый до черного

Генезис: встречается в зонах окисления медных месторождений (значительно реже чем куприт) и в фумарольных возгонах.



Silberberg, Austria



Вул. Толбачик, Камчатка, Россия

Куприт Cu_2O

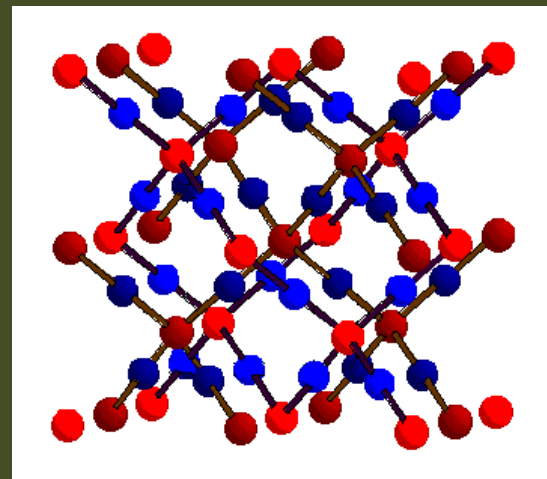
Название: от лат. *купрум* - медь

Сингония: кубическая

Цвет: красный разных оттенков до черного, преимущественно карминово-красный. Черта коричневатого-красная.

Морфология: кристаллы октаэдрические, реже кубические или додекаэдрические; сплошные зернистые и землистые агрегаты; игольчатые, волосовидные выделения (халькотрихит).

Генезис: широко распространенный гипергенный минерал, встречается в зонах окисления Cu месторождений. Как правило, промышленных скоплений не образует. Поисковый признак на медное оруденение.



В основе структуры объемноцентрированные кубы O^{2-} (красные); вокруг каждого атома кислорода по вершинам тетраэдра располагаются атомы Cu^+ (синие)

Куприт



Куприт и медь на лимоните.
Меднорудянк, Ср. Урал, Россия



Октаэдрические кристаллы куприта в ассоциации с радиально-лучистыми агрегатами малахита. Заир

Куприт



Сросток октаэдрических кристаллов куприта. Заир



Войлокоподобный агрегат игольчатых кристаллов куприта (халькотрихит). Аризона, США.

Куприт



Ребро кристалла куприта 7 см. Рубцовское м-ние, Россия

Псевдоморфозы по куприту



Псевдоморфоза самородной медь по октаэдрическим кристаллам куприта.
15x11x10 см. Рубцовское м-ние, Россия