

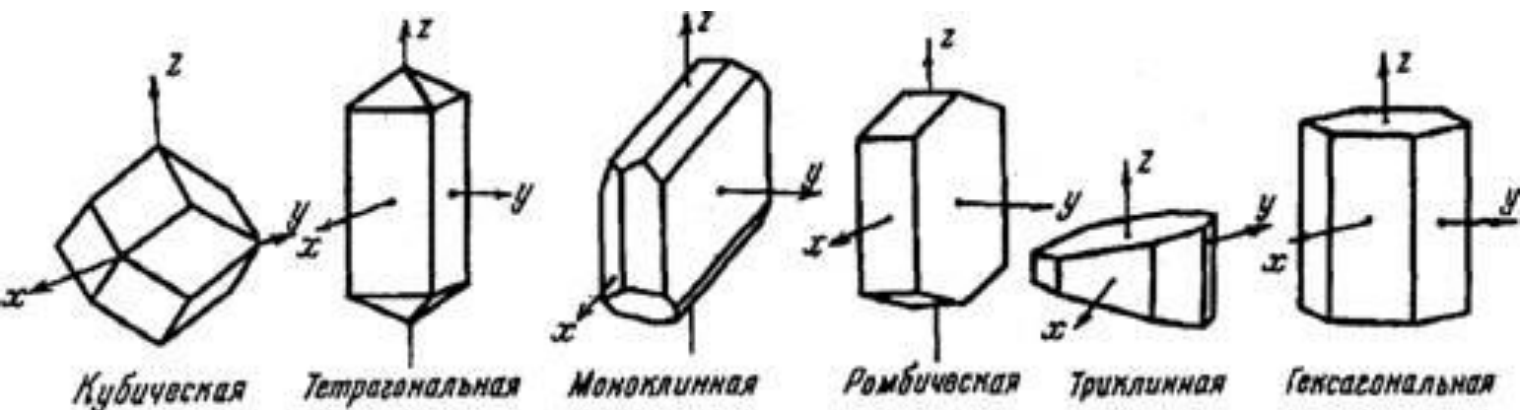
## Установка кристаллов

### По морфологии:

- *начало координат* – центр кристалла,
- *координатные оси* – некоторые из осей симметрии или линии, параллельные отдельным ребрам.

### Разные сингонии – по-разному:

- *кубическая, тетрагональная и ромбическая* – три взаимно перпендикулярные оси,
- *тригональная и гексагональная*: вертикальная –  $Z$  или  $Z'$ , горизонтальные  $x, y$  – через  $120^\circ$  и еще одна – вспомогательная,
- *моноклинная и триклинная* – три оси в косоугольной системе координат.



## Символы граней

### Единичная грань:

- пересекающая все положительные концы координатных осей  $x, y, z$ ,
- отсекающая на них отрезки, принимаемые за единицу измерения.

**Кубическая** сингония – равные отрезки на 3-х осях (грани октаэдра и тетраэдра).

**Гексагональная, тетрагональная, тригональная** – одинаковые отрезки на осях  $+x, +y$  и близкий на оси  $+z$ .

**Ромбическая, моноклинная, триклинная** – на осях  $+x, +y, +z$  разные отрезки (выбирают грань с близкой длиной отрезков).

**Символ грани** – трехчисленный (кроме гексагональной и тригональной), в скобках: (212), (111).

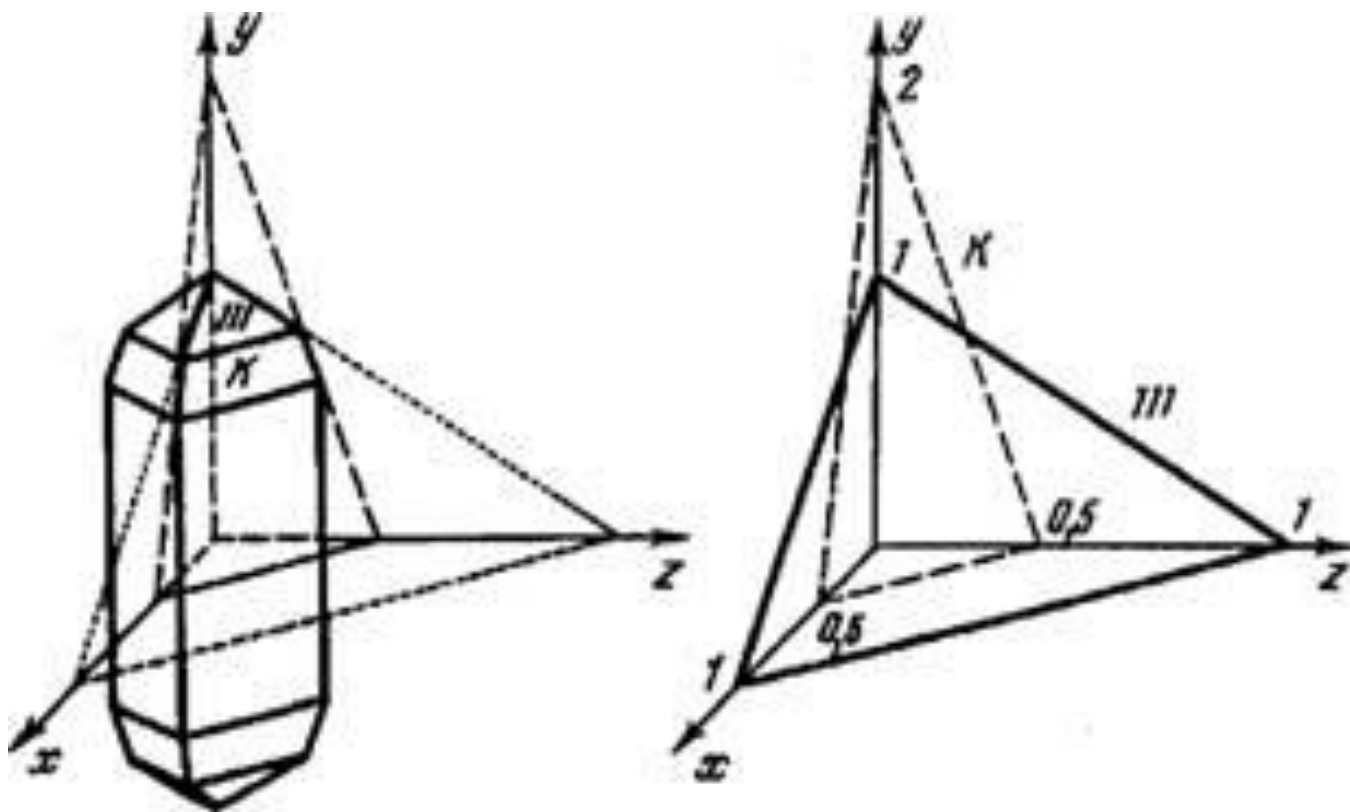
**Единичные отрезки:** 0,5, 0,5 и 2 – пропорция из дробей – общий знаменатель – из числителей символ (441). **Отсекается отрицательный** конец оси – с минусом (четыре, минус четыре, один).

**Правила:**

- 1) большему отрезку – меньшее число в символе грани;
- 2) грань параллельна координатной оси – в символе грани 0 (нуль).

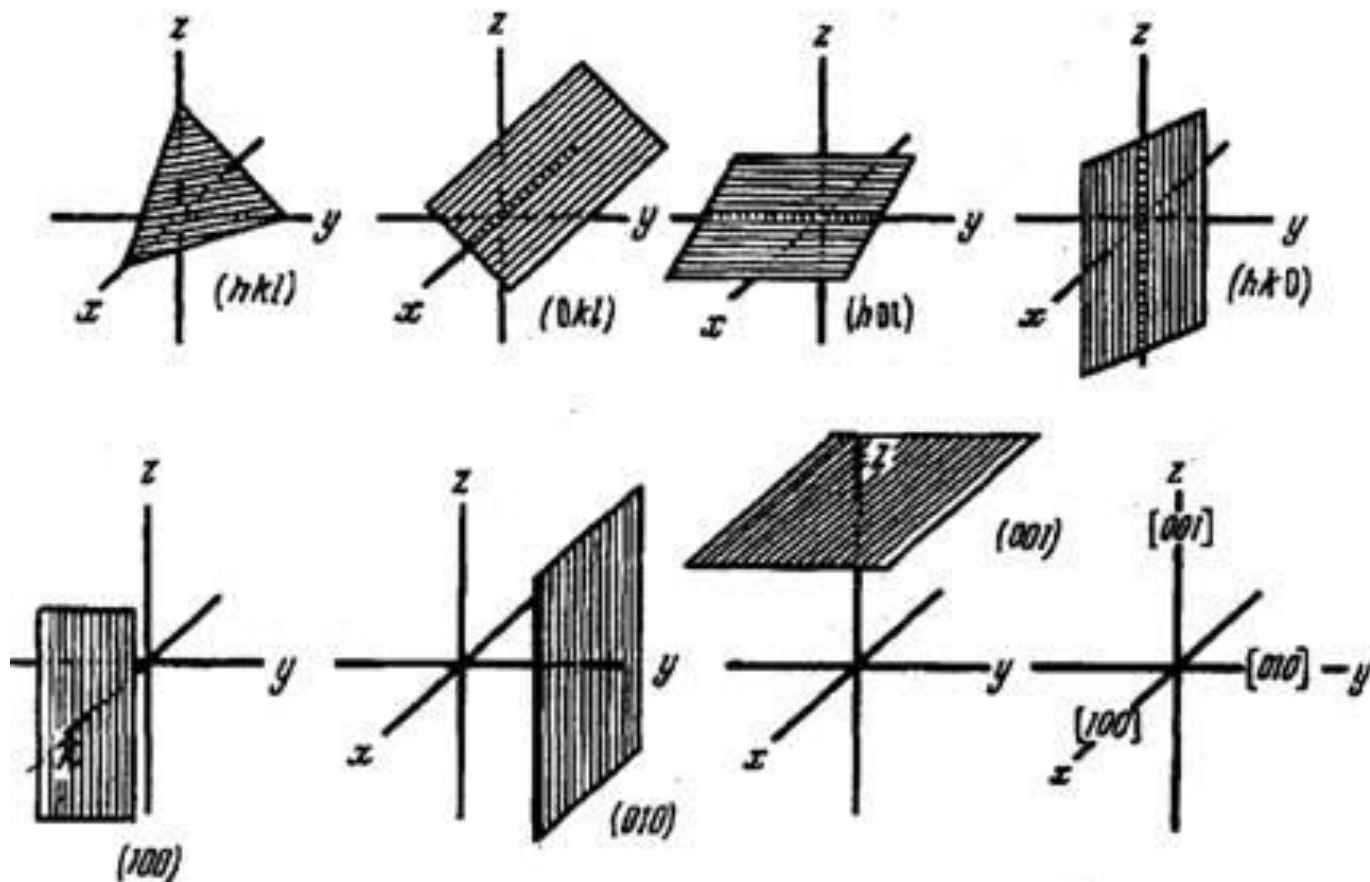
(112): по осям **X**, **Y** грань – **одинаковые** отрезки, по оси **Z** – в два раза меньший

(22T) – грань наклонена вниз, пересекает ось **Z** снизу (**-Z**)



Принцип определения символа грани

**Тригональная и гексагональная:** три главные координатные оси **X**, **Y**, **Z** и одна вспомогательная **W** – символы граней четырехзначные (**1321**) – второе число отвечает оси **W** (сумма первого и третьего, но с обратным знаком)



Символы граней в разном положении относительно координатных осей

**Обозначение совокупности граней** простой кристал. формы – символ грани в верхнем переднем правом октанте сферы проекции **в фигурных скобках**:

$(111)$  – октаэдр в верхней передней правой грани,  $\{111\}$  – вся совокупность граней октаэдра;

**в ромбической**  $(001)$  – верхняя грань горизонтального пинакоида,  $(00\bar{1})$  – нижняя грань,  $\{001\}$  – совокупность обеих граней.

## ТИПЫ ЗАРОЖДЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ В ПРИРОДЕ

*Зарождение и рост при:*

- достижении **критического пересыщения** вещества – при испарении растворителя (природные соли в озерах и морских лагунах: **галит**, **сильвин**, **гипс**, **сидерит** и др.),



*Галит оз. Салар-де-Уюни, Боливия*



*Гипсовая пустыня, США, штат Нью-Мексико*

- **понижению температуры** (кристаллизация льда, глубинных магматических расплавов),

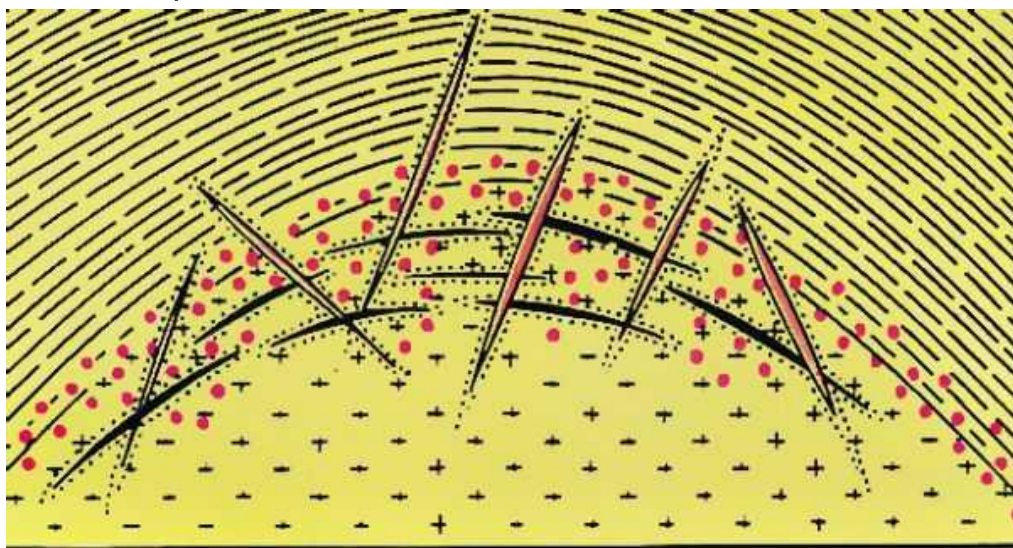


*Кристаллизация гранитов*

- **изменении давления** (халцедон в вольфрамовых месторождениях),



- **химических реакций** (полевые шпаты гранитов с растворами – зернисто-чешуйчатый агрегат мусковита и кварца (грейзены).



*Процесс грейзенизации (по И. Григорьеву): 1 - массовая грейзенизация гранитов; 2 и 3 - грейзены разных стадий*



**Гранит  
и  
грейзен**

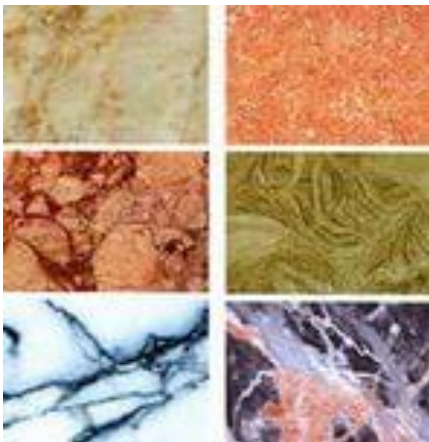


# Зарождение кристаллов – при пересыщении

**Самопроизвольно** - во всем объеме раствора (расплава, твердой фазы)



*Раскристаллизация* вулканической лавы



*Кристаллизация* в метаморфических породах

*На затравках* – в конкрециях  
(фосфориты, марказит, халцедон)



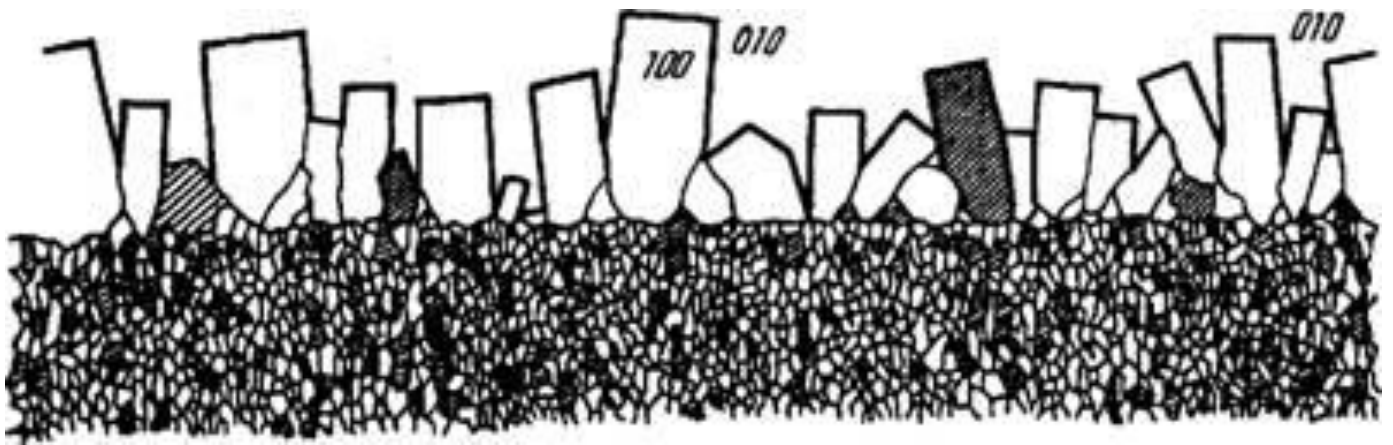
*В секрциях* (аметист, кальцит, керченит)



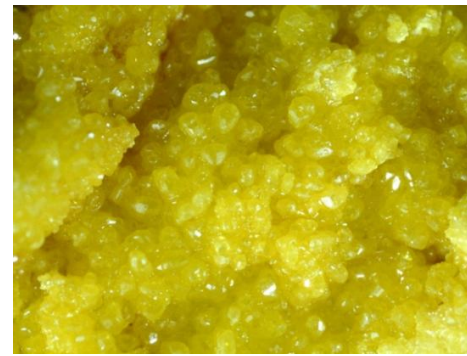
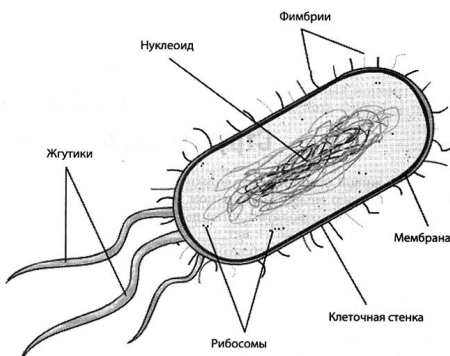
*Комбинация* – к секрции от конкреции



*На стенках трещин и т. п. (полевой шпат, кварц)*



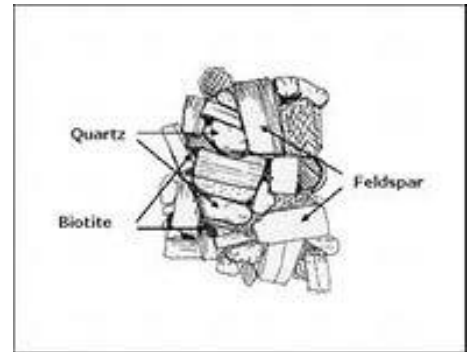
**Микробиологический** – кристаллов *серы* в тионовокислых *бактериях*: зарождение кристалликов внутри клеток – переход в раствор – соединение в стяжения – собирательная перекристаллизация





# ЗАКОН ПОСТОЯНСТВА ГРАННЫХ УГЛОВ

Рост кристаллов в стесненных условиях – форма их не идеальна.



Но **рост** кристаллов – за счет параллельного наложения плоских сеток – **углы между одинаковыми гранями неизменны** (Н. Стенон в 1669 г. по кварцу и гематиту).

**Гониометры** – углы между гранями – грани простых форм – формула симметрии кристалла – название и символы граней – минерал

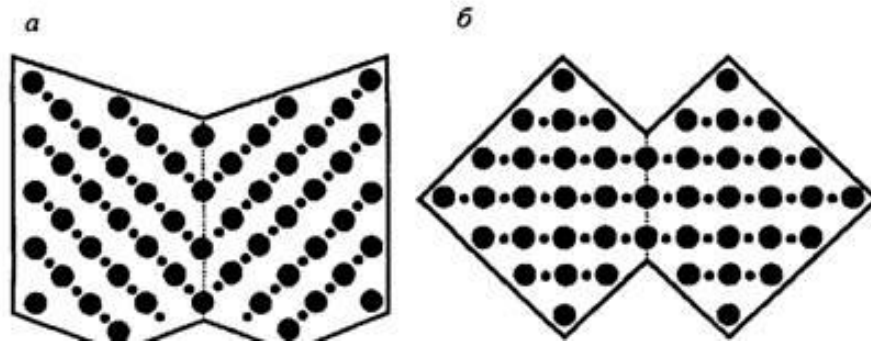


## Двойниковые сростки, или двойники

Полевые шпаты, гипс, рутил, касситерит, арагонит, киноварь, ставролит и др.

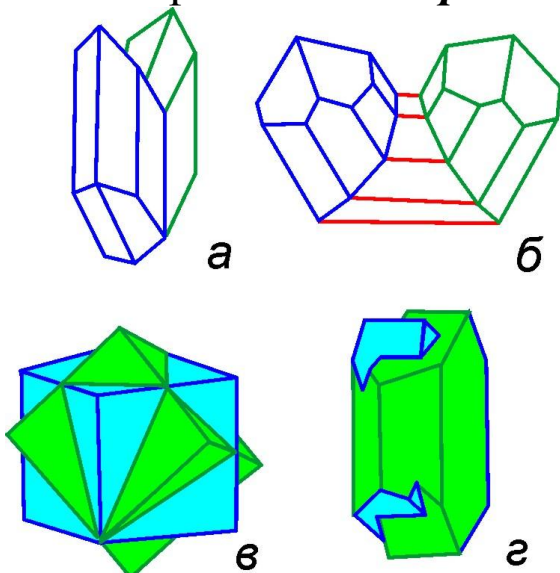


Срастание – по одинаковым плоским сеткам пространственных решеток.



Внутреннее строение двойника (а) и параллельного сростка (б) (Кантор, 1982).

Геометрические индивиды – совмещение *отражением* в плоскости симметрии *или поворотом* вокруг оси.



# Простые и сложные двойники

*Ставролита, флюорита, алмаза*

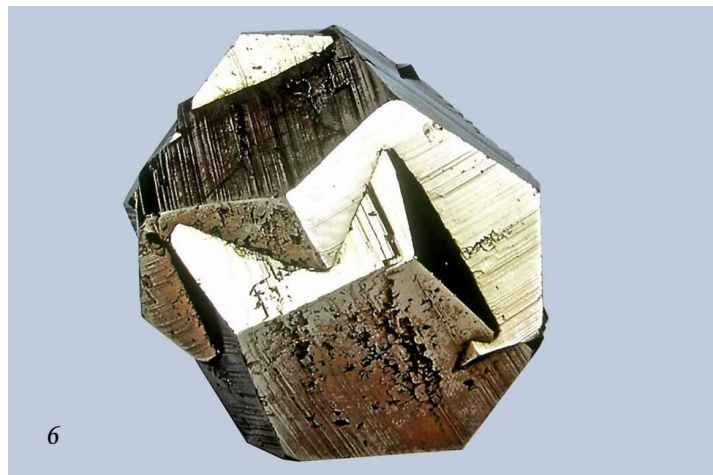


Двойник кальцита «бабочка»

Мусковит («звёздчатый» сросток  
сдвойникованных кристаллов)

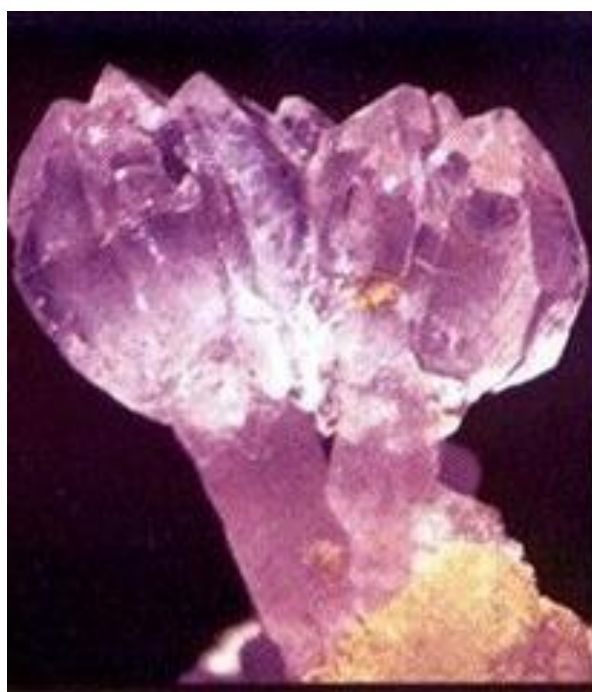
Двойники:

- *срастания* – разграничены по плоскости,
- *прорастания* – «обрастают» друг друга или проникают один в другой, соприкасаясь по сложной извилистой (ступенчатой) поверхности.



Двойники гипса, кварца,  
церуссита

Двойники пирита, рутила,  
альбита



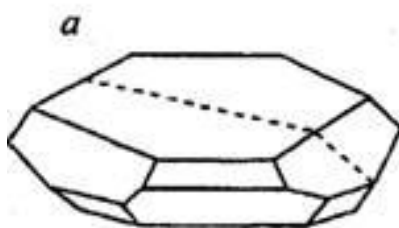
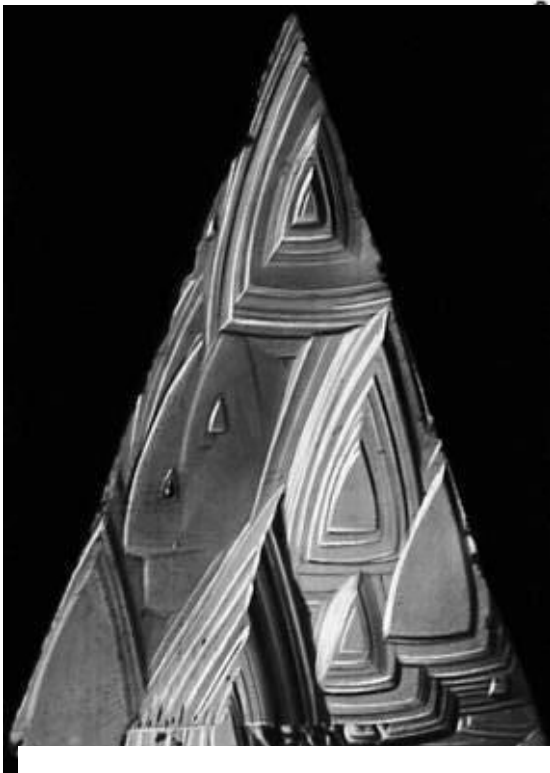
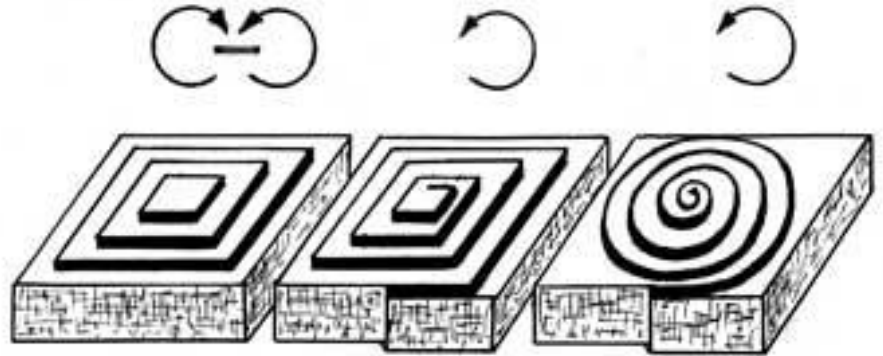
Likeness.ru — Забавные сходства

**Аметист**

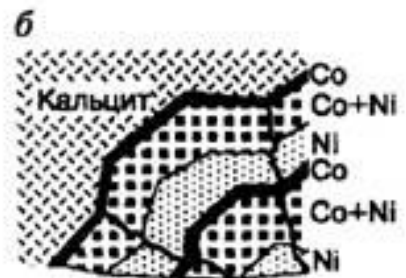
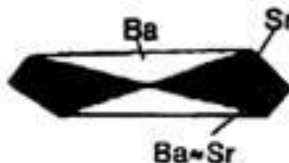
**Крокусы**

# ПИРАМИДЫ И ЗОНЫ РОСТА КРИСТАЛЛОВ

*Грани* простых кристаллографических форм *растут с разной скоростью* – дефектность строения – кристалл *из пирамид*.  
В срезах – сектора.



Гояцит  $\text{SrAl}_3\dots$ , триг.  
Горсейксит  $\text{BaAl}_3\dots$ , мон.



Скуттерудит  $\text{Co}_4(\text{As}_4)_3$ , куб.  
Никельскуттерудит  $\text{Ni}_4(\text{As}_4)_3$ , куб.

Зоны роста единого кристалла,  
сложенные разными минералами

# РАСЩЕПЛЕННЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Сноповидные *барит*, натролит, гипс, *кварц*, розочки *гематита*, *кальцит*, эпидот, десмин, слюды, галенит, *марказит*, *антимонит*. Причины:

- микрочастицы,
- царапины, границы двойников и микроблоков,
- разное межплоскостное расстояние по кристаллу.

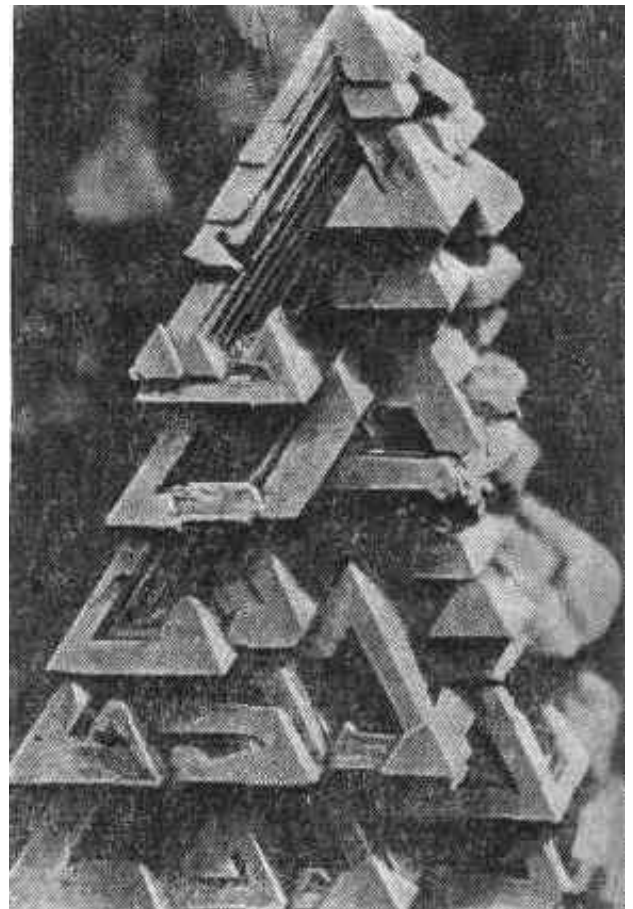
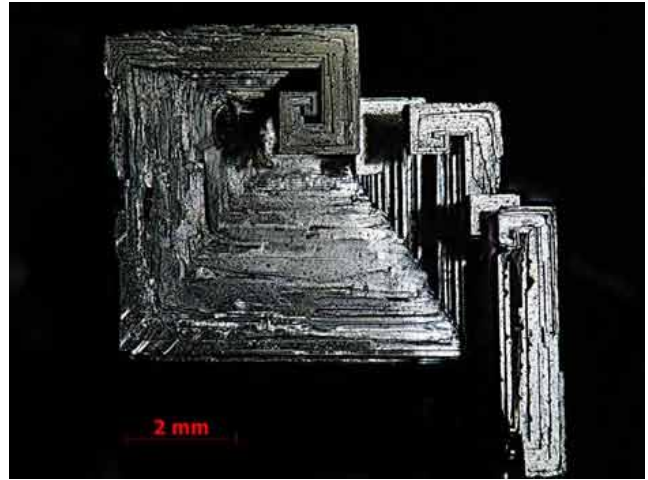


# СКЕЛЕТНЫЕ КРИСТАЛЛЫ И ДЕНДРИТЫ

## СКЕЛЕТЫ

Снежинки – шестилучевые кристаллы льда.

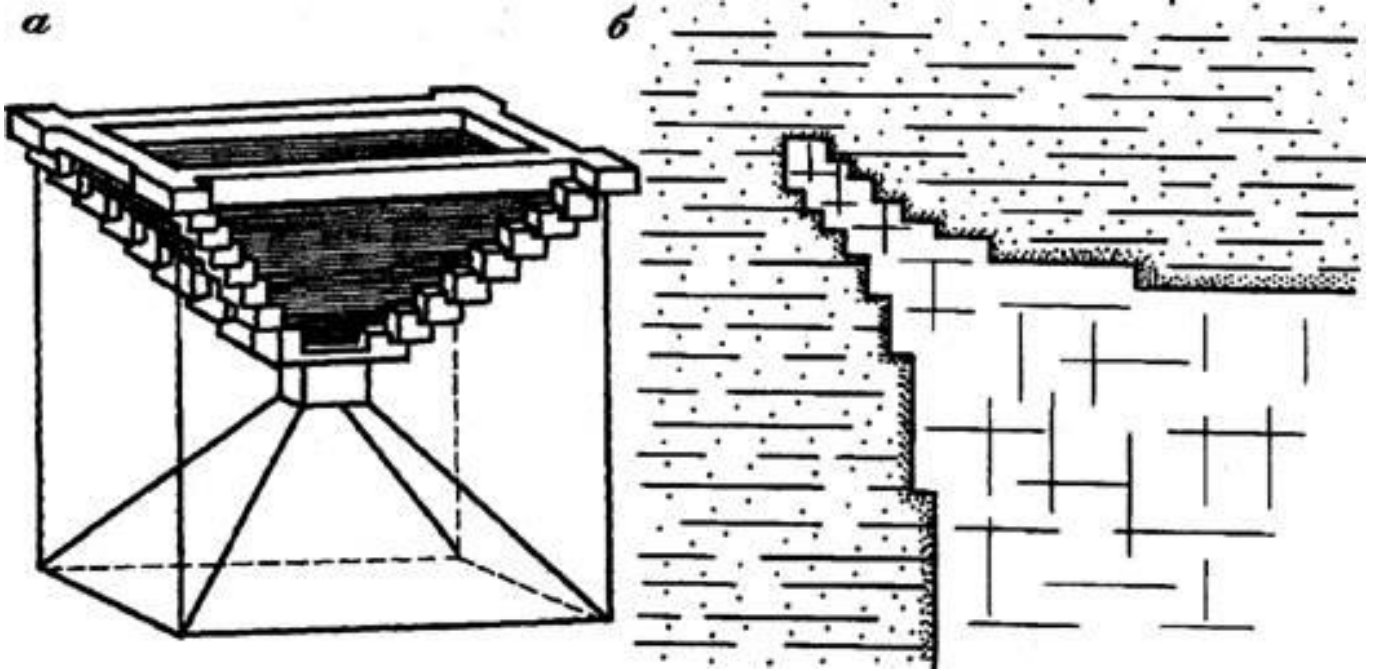
У кристаллов скелеты – *вершинные и реберные* формы роста (нашатырь, галит, галенит, кварц, шпинель и др.)





## Причины:

- *диффузия вещества затруднена* – рост быстрее частями с большей удельной поверхностью – выступающими (вершины и ребра),
- *примеси, оседающие на гранях* – отталкиваются при росте – плотность больше в центре граней.



Скелетный (ящичный) кристалл галита (а) и схема роста скелетных кристаллов (влияние отравляющей примеси, б) (Саратовкин, 1953)



Золото и галенит



# Дендриты

Самородные золото, медь, серебро, пиролюзит.



Результат *вершинного и реберного роста* кристаллов при *неравномерной диффузии* вещества к кристаллу.

Каждая "веточка" огранена, углы разветвления – отвечают углам между гранями обычных кристаллов.

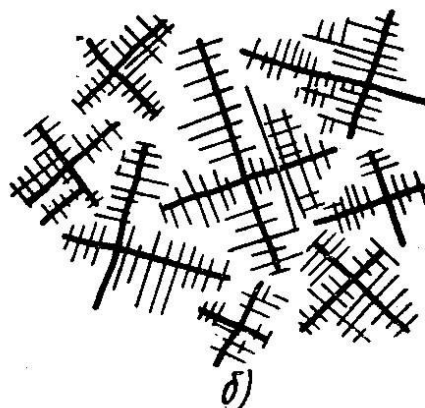
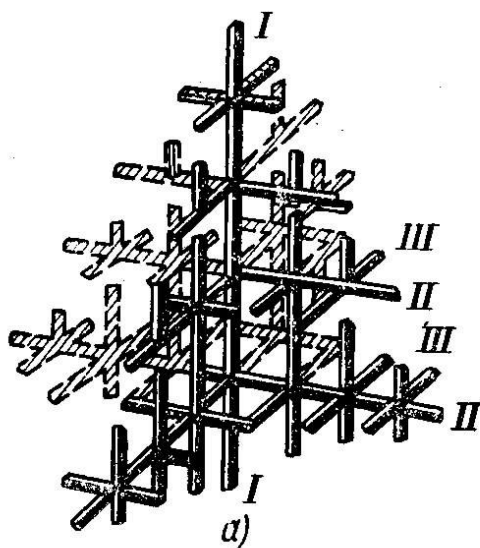
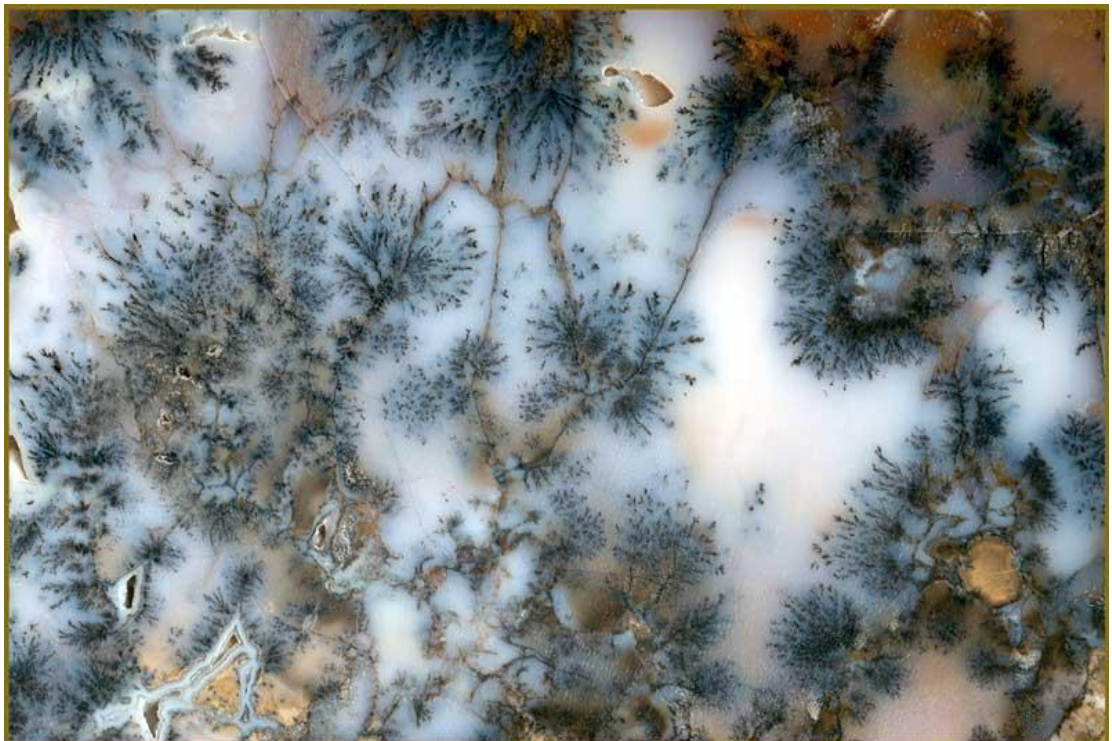


Схема дендритного кристалла (а) и роста дендритов (б)

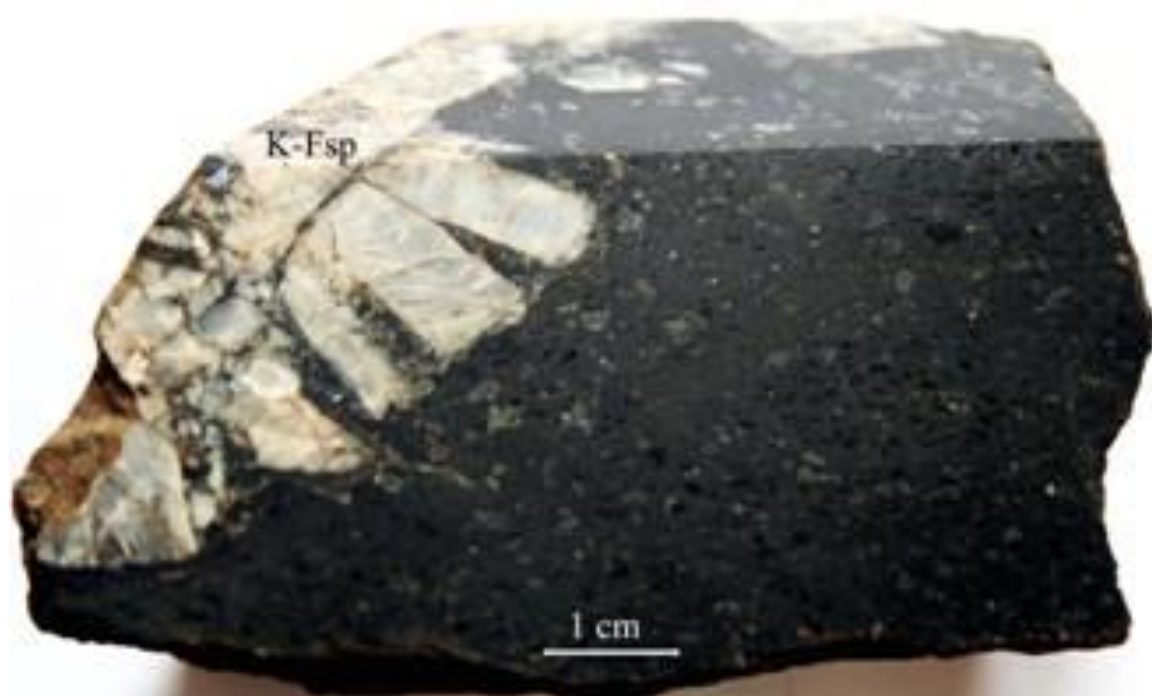




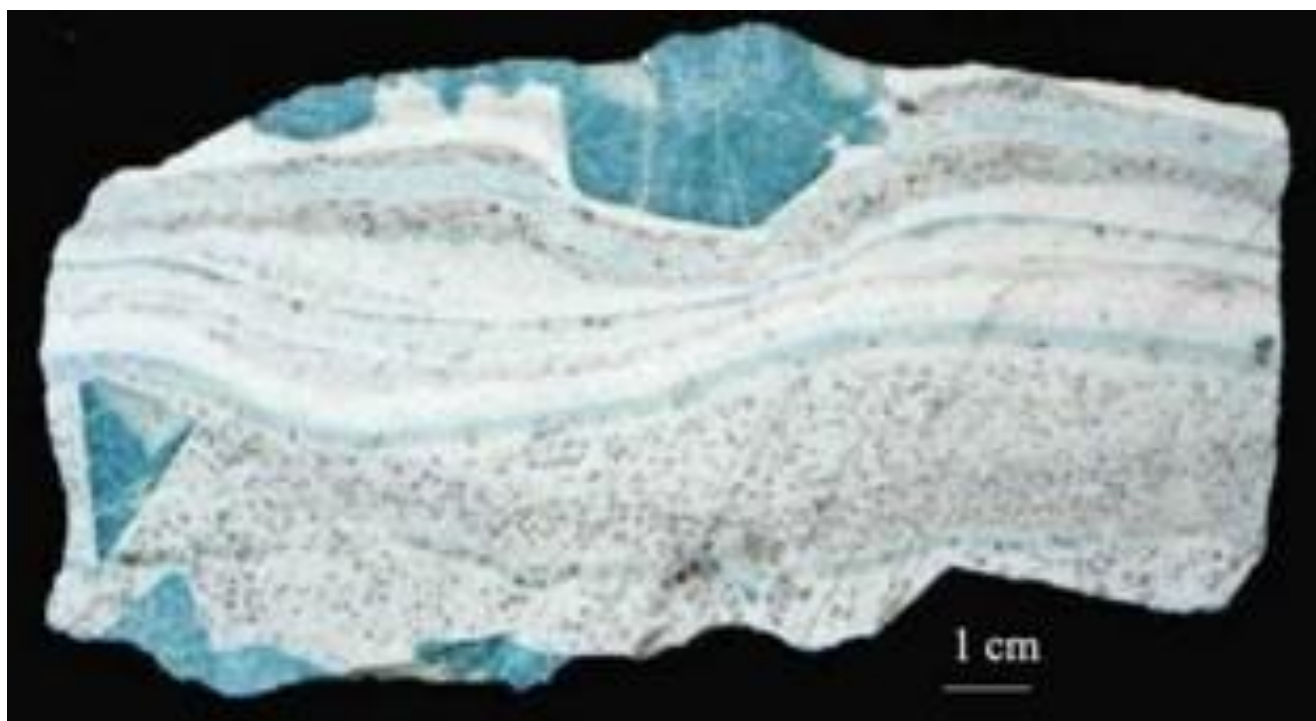
## МЕТАКРИСТАЛЛЫ

Образуются в *твёрдой горной породе*.

Начало – в межзеренном пространстве *из поровых, межгранулярных растворов* – разъедание, *замещение* других минералов.



Метакристаллы **полевого шпата** – из дайки сиенитов в ультраосновную



Альбит-амазонитовый гранит с идиоморфными кристаллами **амазонита**

# ВКЛЮЧЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ

**Виды:**

- *гомогенные* (твердые, жидкие, газообразные),
- *гетерогенные*.

1) **реликтовые** (остаточные) твердых фаз (более ранних минералов),

2) **сингенетичные** (одновременные с ростом).

**Фантомы** – «налеты» по зонам роста, кристаллы в кристалле («матрешки»).



**Рутил в кварце**



**Гематит в кварце**



**Алмаз с  
включением граната**



Прозрачный кристалл кварца с *зонами* аметистовой и дымчатой окраски ("фантом")



**Кварц с включениями турмалина и мусковита**

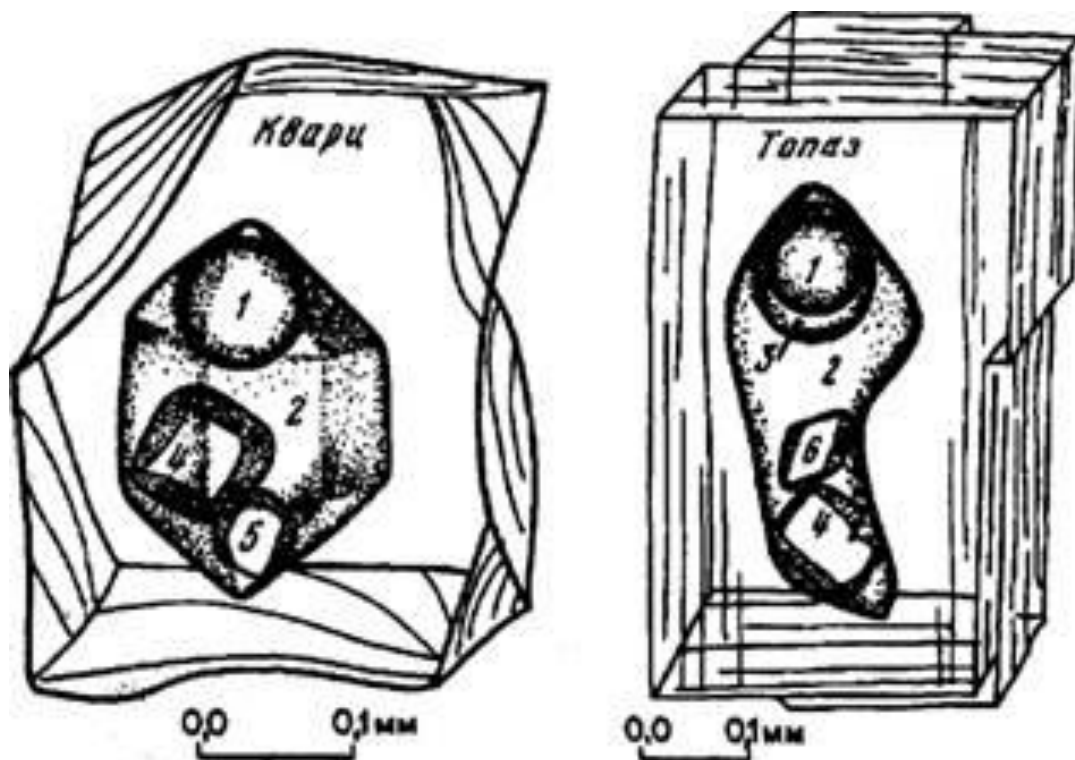


Кристалл гипса с включениями (*по зонам роста*) битумов и кристаллов серы



Кристалл мориона с кристаллами зеленого флюорита

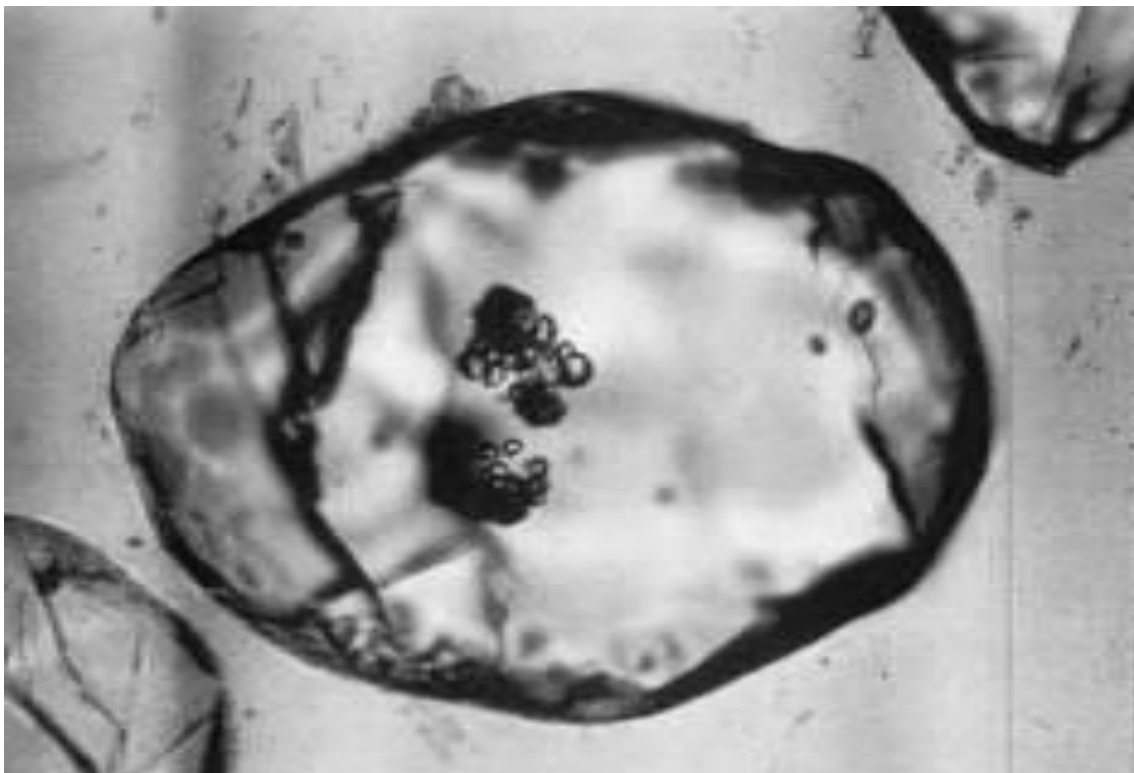




Включения газа (1), жидкости (2) и минералов-узников (3-6)  
в кварце и топазе



Включения нефти в кристаллах кварца



**Микроалмазы** в кристалле **циркона** из метаморфитов  
(200 микрон по длине, Казахстан)

Т  
Р

## ТРИГОНАЛЬНАЯ



*Турмалин*



*Корунд*



*Кварц*

## ТЕТРАГОНАЛЬНАЯ



*Касситерит*



Циркон, 2,2 см. Вабнбед,  
Кольский п-ов.

*Циркон*



*Шеелит*

## ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ



*Берилл*



*Апатит*



*Пирротин*

## Кубическая сингония – 15 простых форм

(чаще тетраэдр, октаэдр, гексаэдр (куб), ромбододекаэдр, пентагон-додэкаэдр, тетрагон-триоктаэдр)



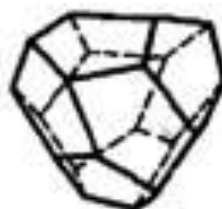
Тетраэдр



Тригон-тритетраэдр



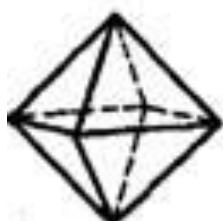
Тетрагон-тритетраэдр



Пентагон-тритетраэдр



Гексатетраэдр



Октаэдр



Тригон-триоктаэдр



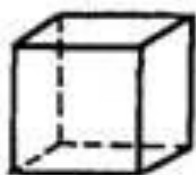
Тетрагон-триоктаэдр



Пентагон-триоктаэдр



Гексооктаэдр



Гексаэдр



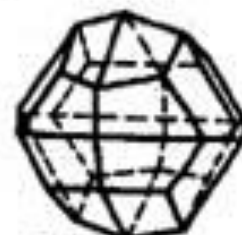
Тетрагексаэдр



Ромбододекаэдр



Пентагон-додэкаэдр



Дидодэкаэдр



Галенит



Магнетит



Гранат