



Лекция 1
Кристаллография как наука.
Симметрия кристаллов.
Сингония.

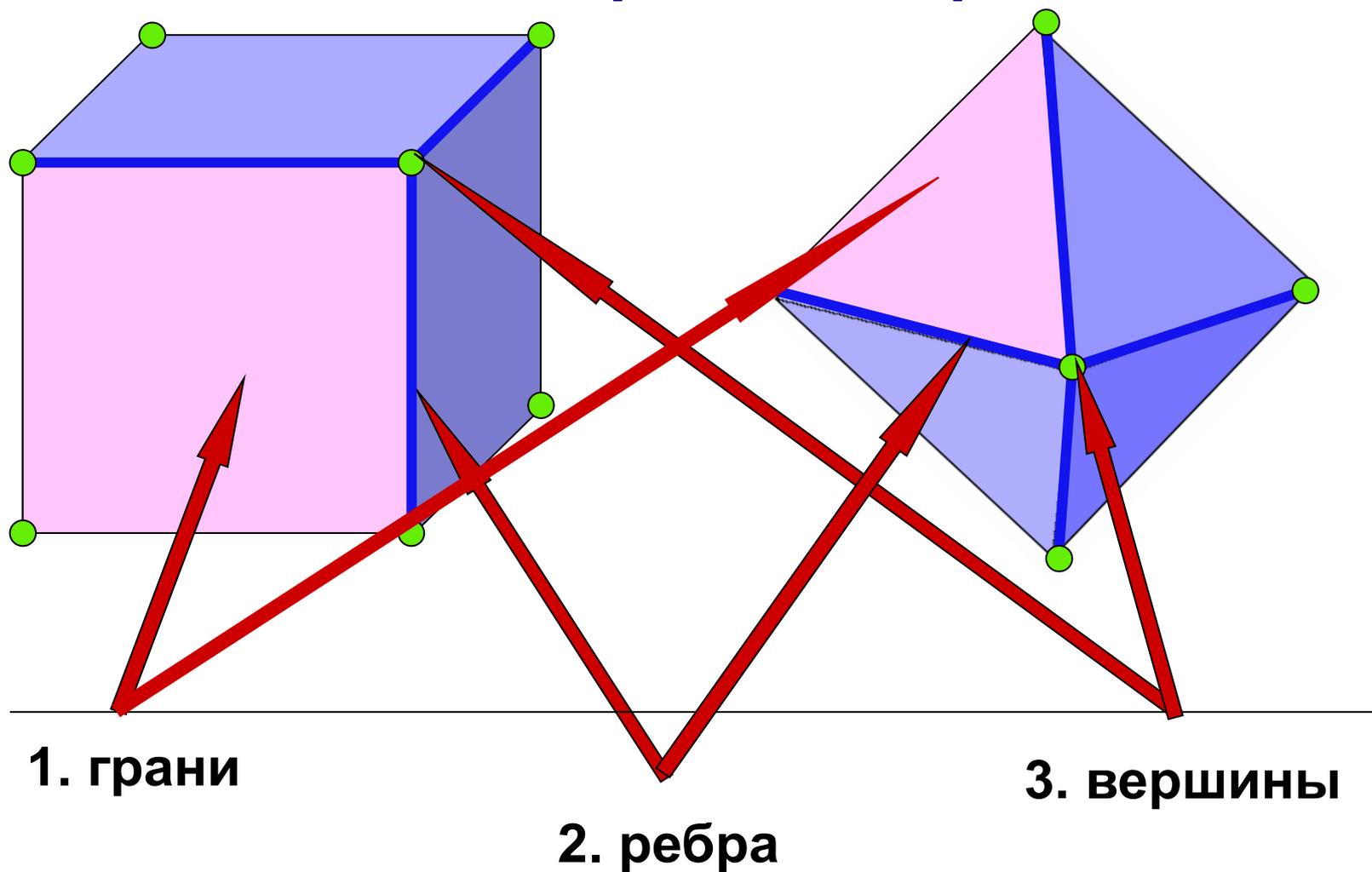
Кристаллография — наука о кристаллах.

- Она изучает форму, внутреннее строение, происхождение и свойства кристаллических веществ. По-гречески «кристаллос» означает «застывший на холоде». Так греки называли лед и горный хрусталь, полагая, что последний образовался так же, как и лед, при низкой температуре.

Размеры кристаллов могут быть различными.

- В природе хорошо ограненные кристаллы встречаются сравнительно редко; они образуются преимущественно в полых трещинах и пустотах горных пород, где они могут свободно расти.
- Мелкие кристаллы, имеющие ясную огранку, видны только под микроскопом, крупные могут достигать в длину 1 м и более.

Элементы огранки кристалла

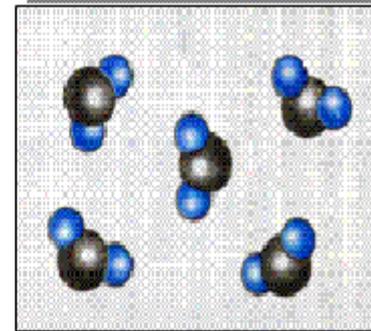
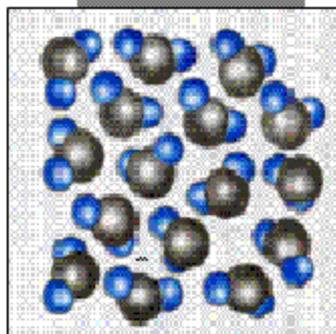
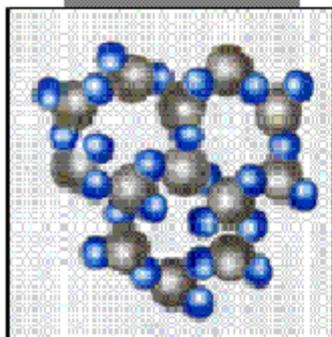


Агрегатное состояние вещества

твёрдое

жидкое

газообразное



**сохранение
формы
и объема**

**не сохранение
формы,
сохранение
объема**

**не сохранение
формы
и объема**

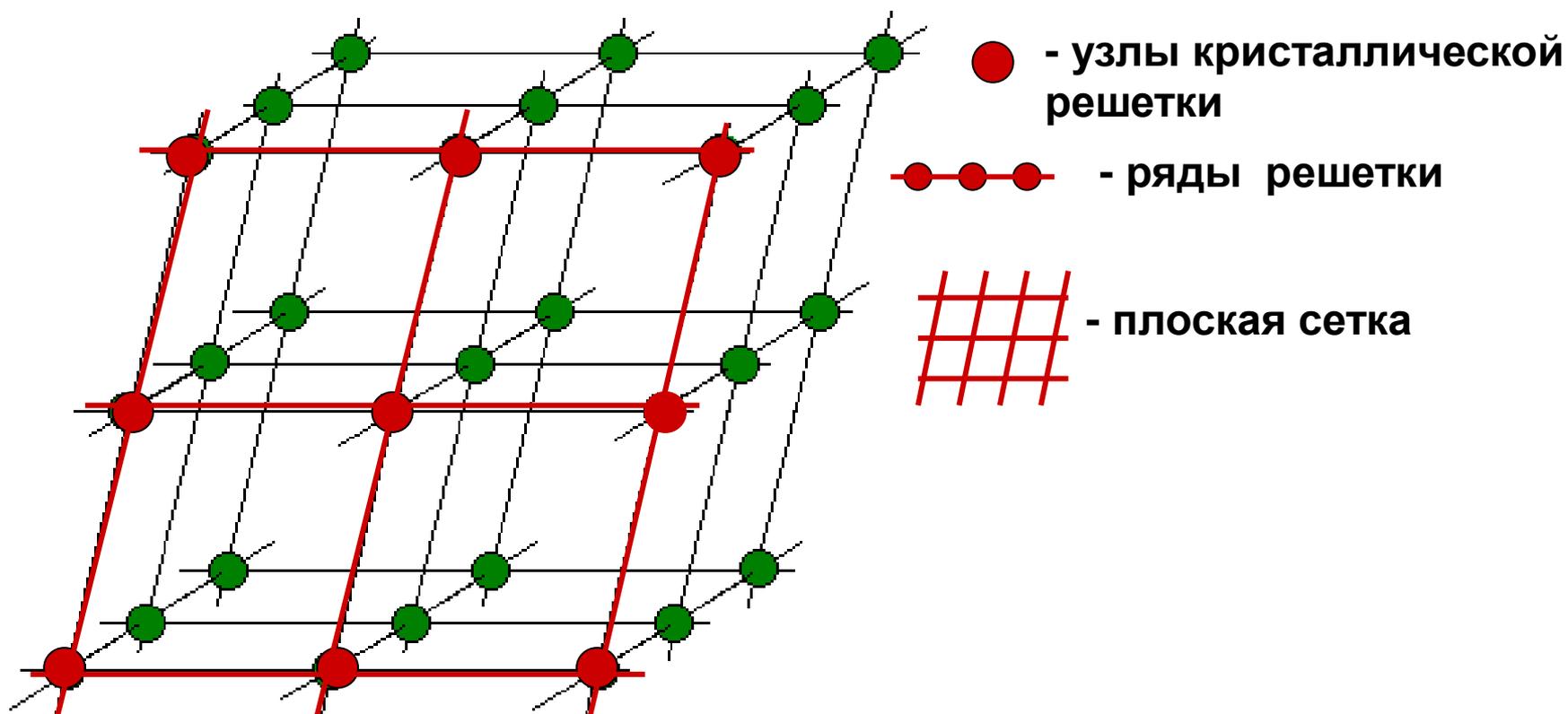
плавления
⇌
отвердевание

конденсация
⇌
парообразование

кристаллические

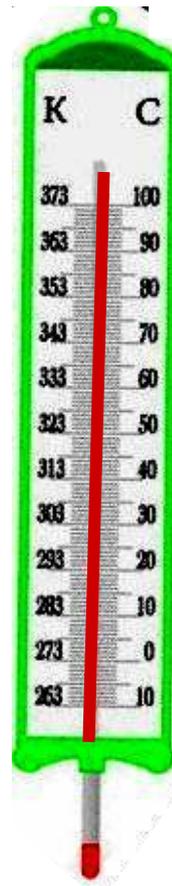
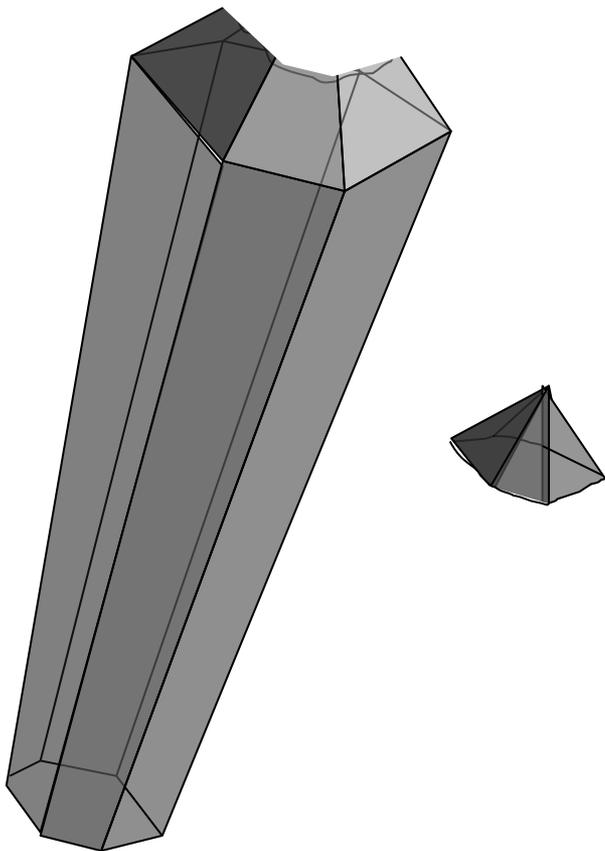
аморфные

Элементы кристаллической решетки



Свойства кристаллов:

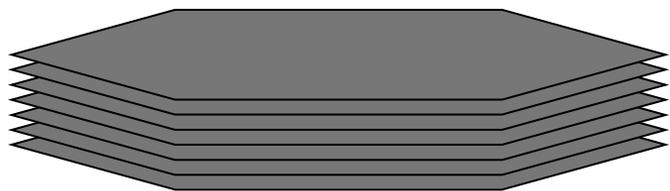
1. однородность



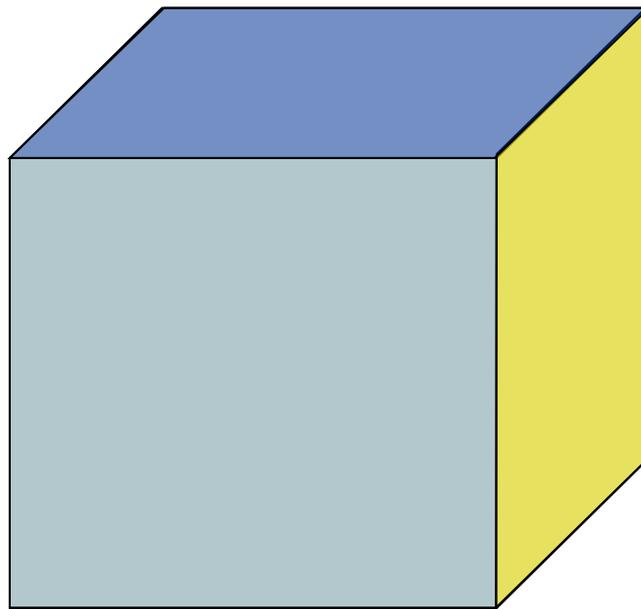
**И КРИСТАЛЛ РАУХТОПАЗА И
ЕГО ОСКОЛОК
ОБЕСЦВЕЧИВАЮТСЯ
ПРИ ПОВЫШЕНИИ
ТЕМПЕРАТУРЫ ДО 310 °С**

Свойства кристаллов:

2. анизотропность



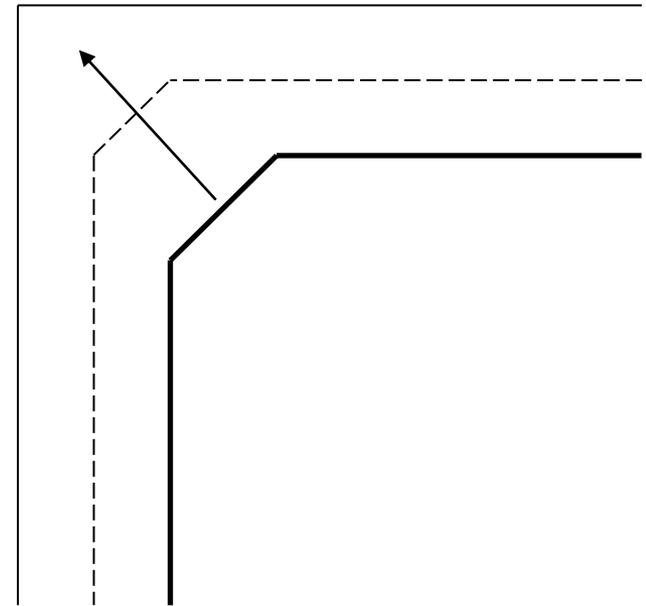
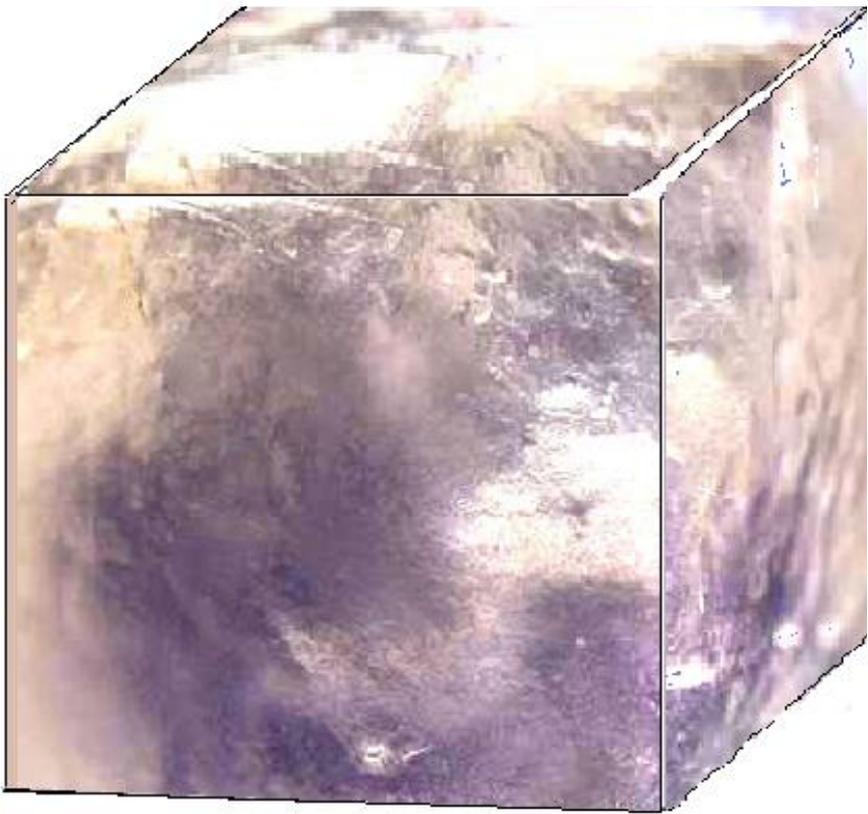
Кристалл слюды



Кубик из кордиерита

Свойства кристаллов:

3. способность самоограняться



Закон постоянства углов

Закон Стено-Ломоносова-Ромэ-Диделя

- Углы между соответственными гранями (и ребрами) во всех кристаллах одного и того же вещества **ПОСТОЯННЫ**

Центр симметрии

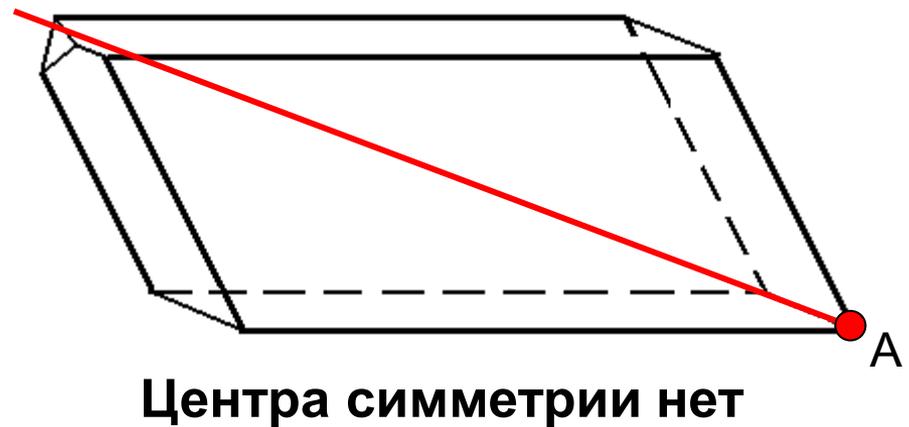
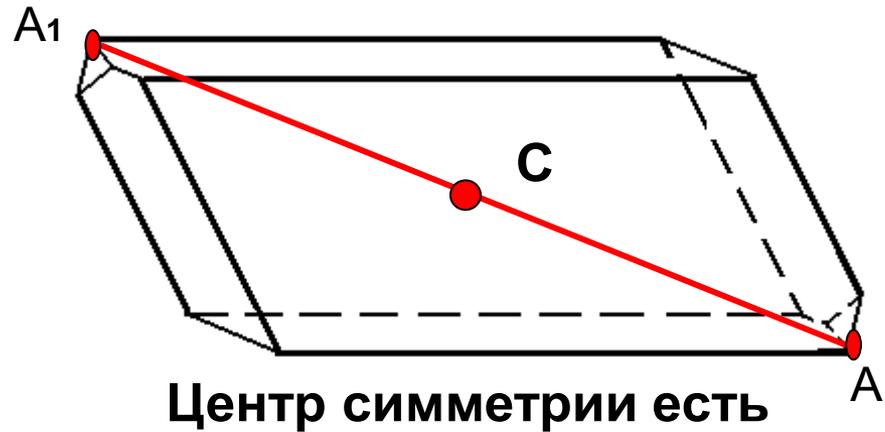
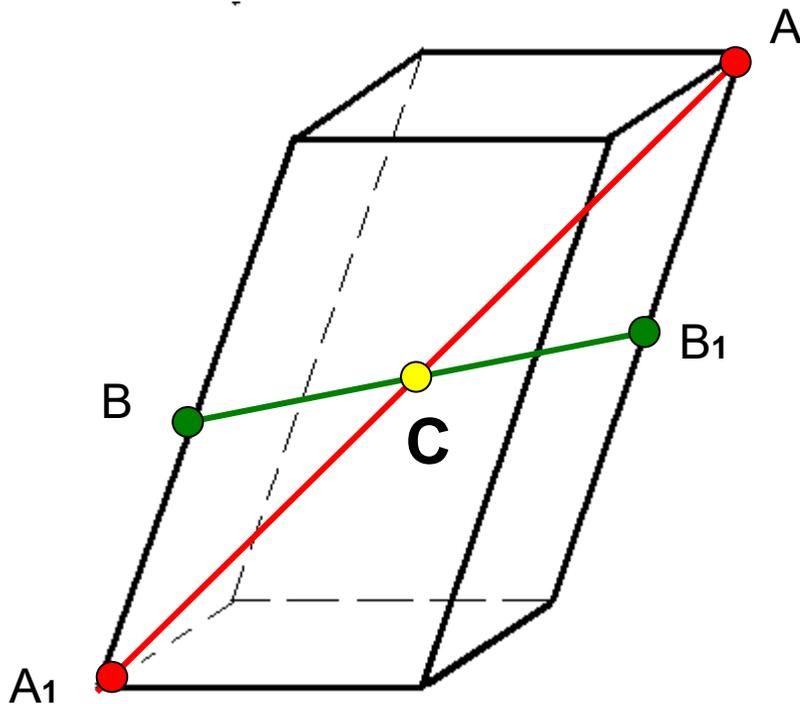
- Центром симметрии называется такая точка внутри фигуры, при проведении через которую любая прямая встретит на равном от нее расстоянии одинаковые и обратно расположенные части фигуры. Центр симметрии обозначается буквой S (или i



Если каждая грань кристалла имеет себе равную, параллельную, хотя и обратно расположенную грань, то данный кристалл обладает центром симметрии. Некоторые кристаллы могут не иметь центра симметрии.

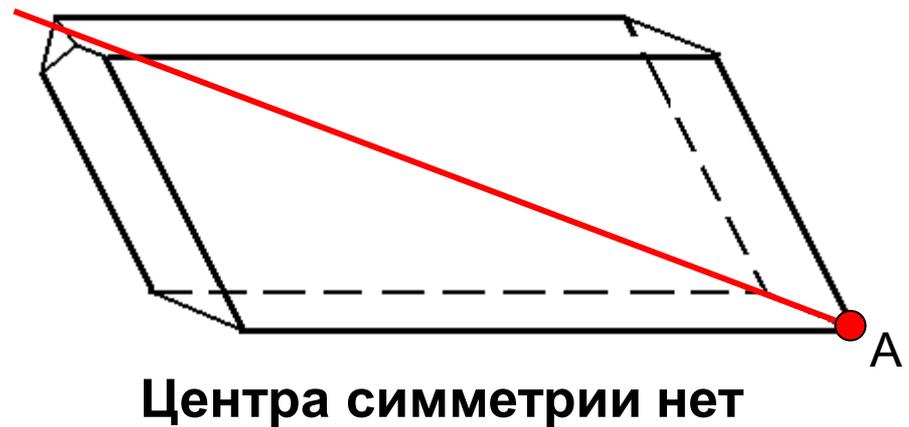
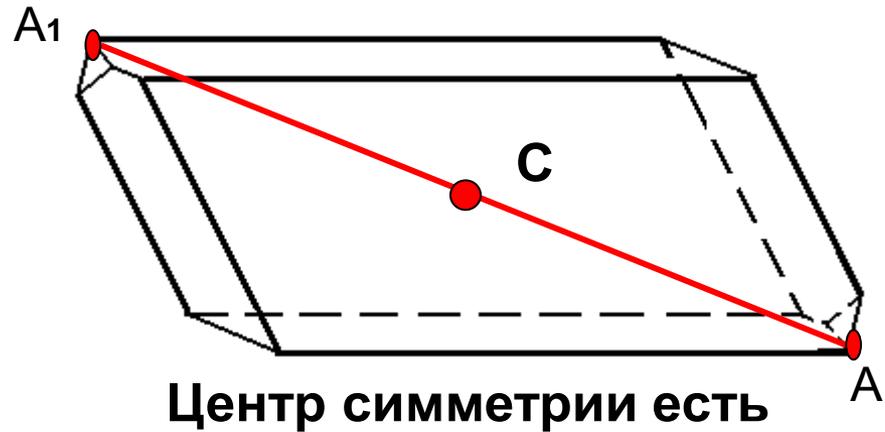
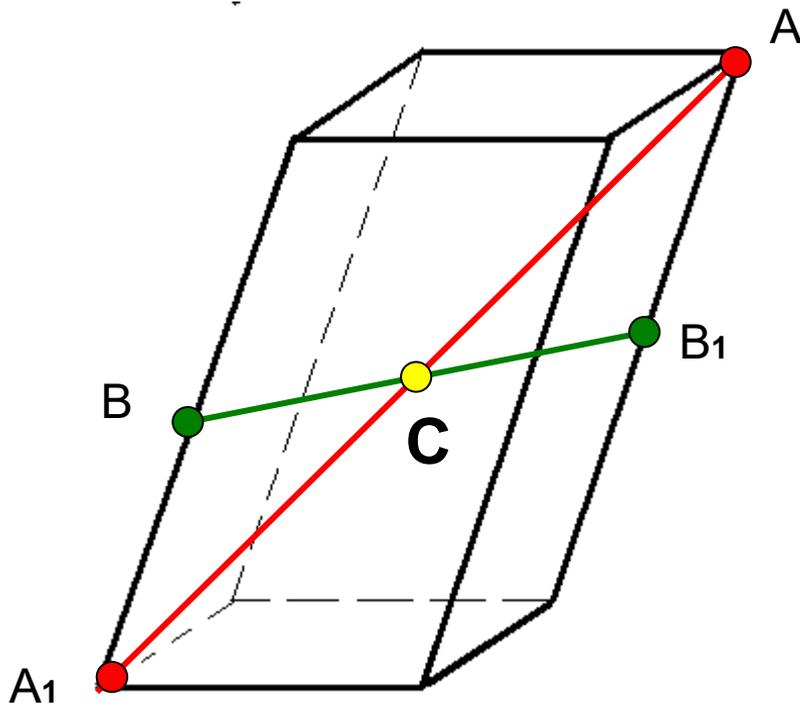
Элементы симметрии

1. Центр симметрии - С



Элементы симметрии

1. Центр симметрии - С



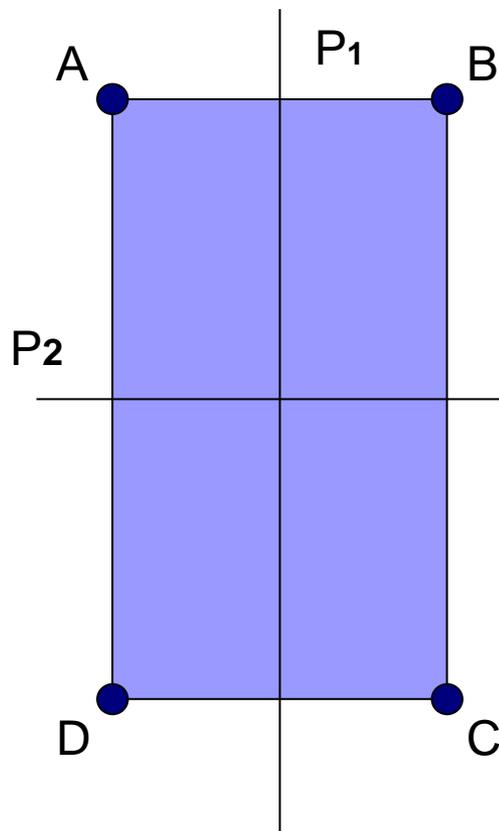
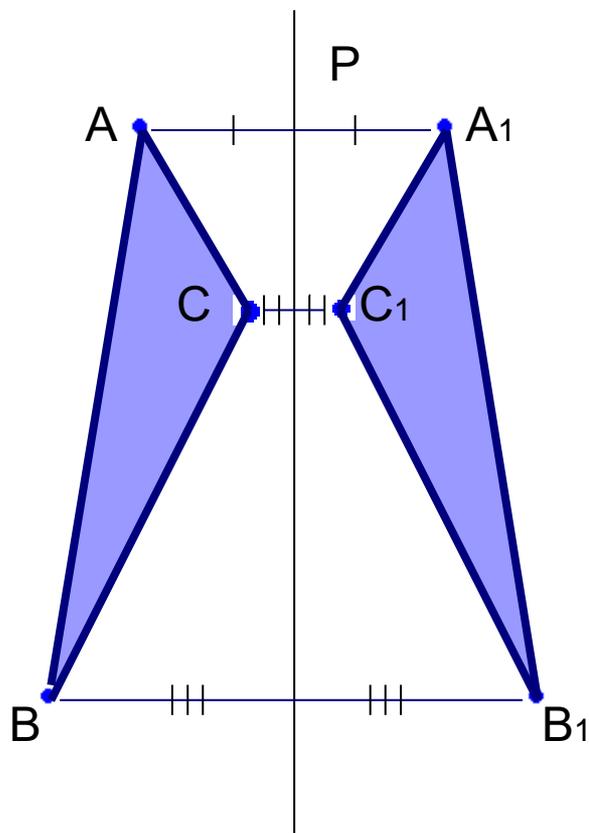
Плоскость симметрии.

- Это воображаемая плоскость, которая делит фигуру на две равные части так, что одна из частей является зеркальным отражением другой. Плоскость симметрии обозначается буквой P .

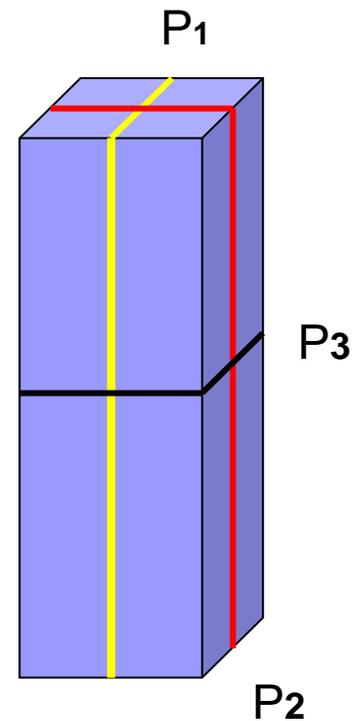
- Если плоскостей симметрии в данном кристалле несколько, то перед обозначением плоскости ставится их число, например 3P (три плоскости симметрии имеет спичечная коробка). В кристаллах могут быть одна, две, три, четыре, пять, шесть, семь и девять плоскостей симметрии. Теоретически можно доказать, что восьми и более девяти плоскостей симметрии в кристаллах быть не может. Многие кристаллы вообще не имеют ни одной плоскости симметрии.

Элементы симметрии

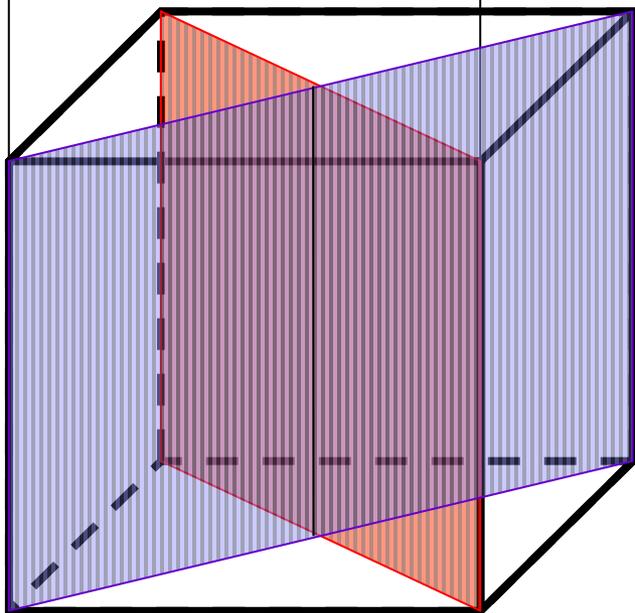
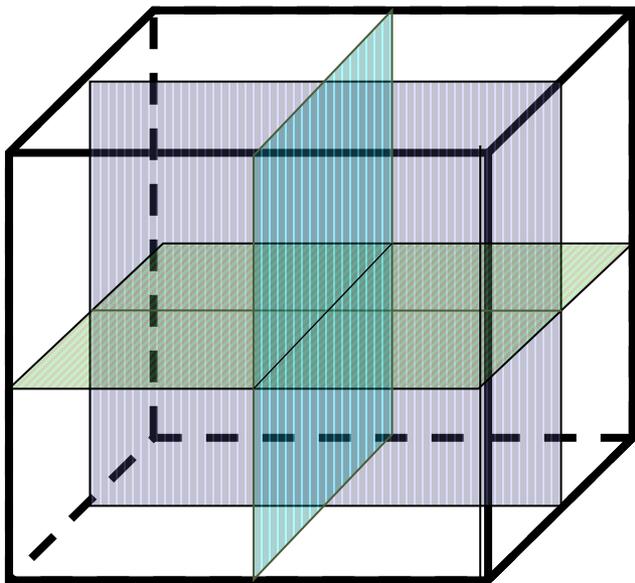
2. Плоскость симметрии - P



Две плоскости симметрии – 2P



Три плоскости симметрии – 3P



P₁

P₂

P₃

P₄

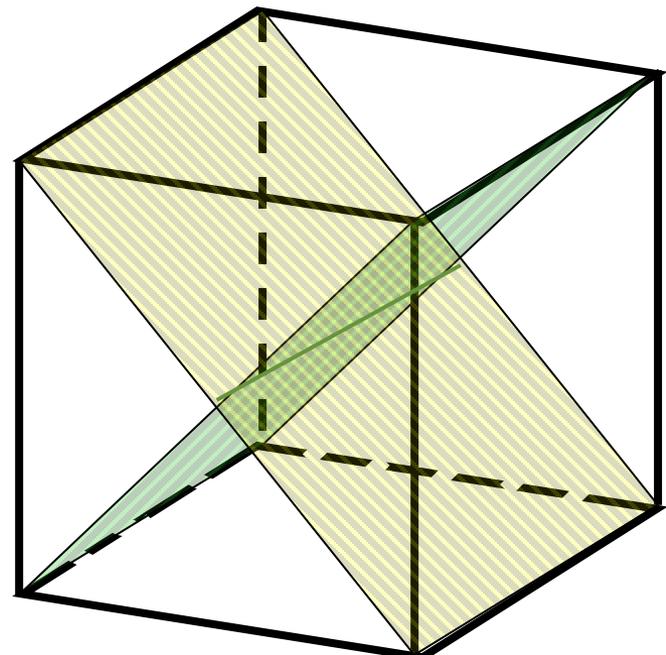
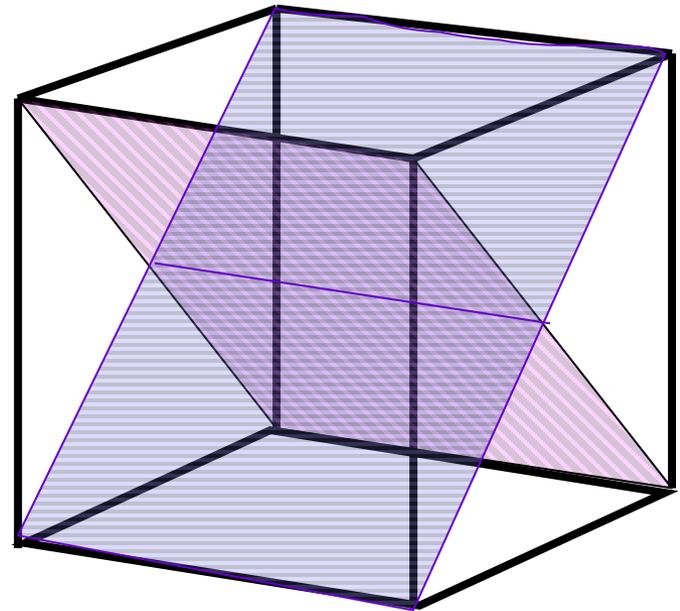
P₅

P₆

P₇

P₈

P₉



Оси симметрии.

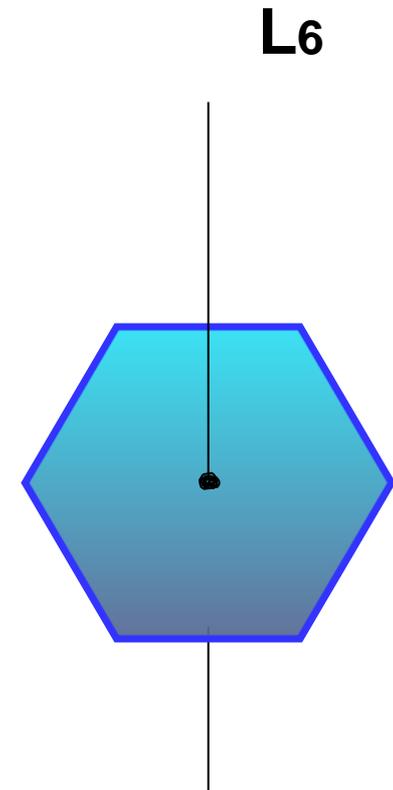
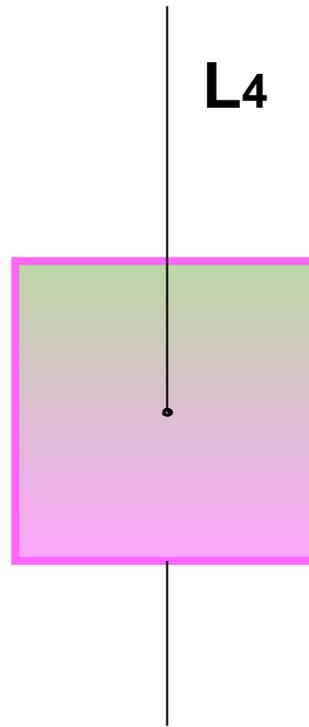
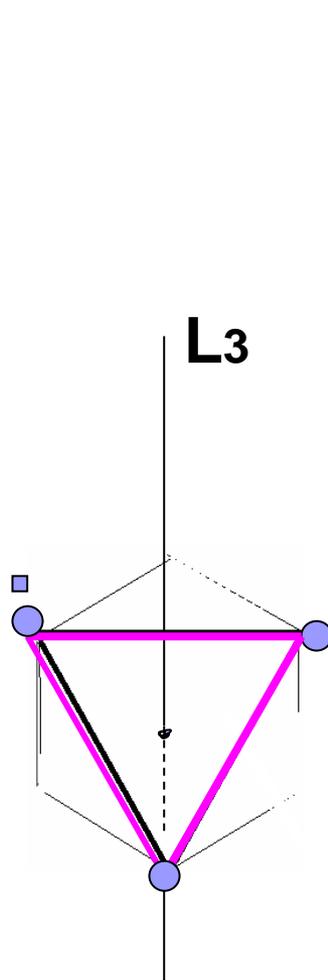
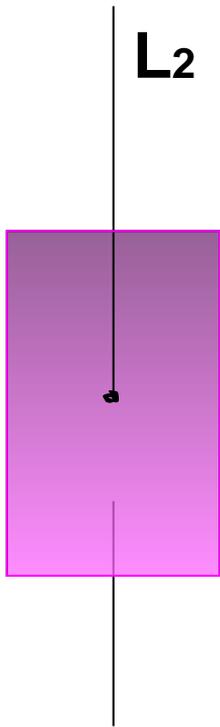
- Осью симметрии называется воображаемая прямая, при повороте вокруг которой всегда на один и тот же угол происходит совмещение равных частей фигуры.

- При повороте на 360° совмещение граней в разных кристаллах возможно два, три, четыре или шесть раз (т. е. при каждом повороте на 180 , 120 , 90 и 60°). Ось симметрии обозначается буквой L (или G), порядок оси показывает, сколько раз при повороте на 360° произойдет совмещение каждой из граней.

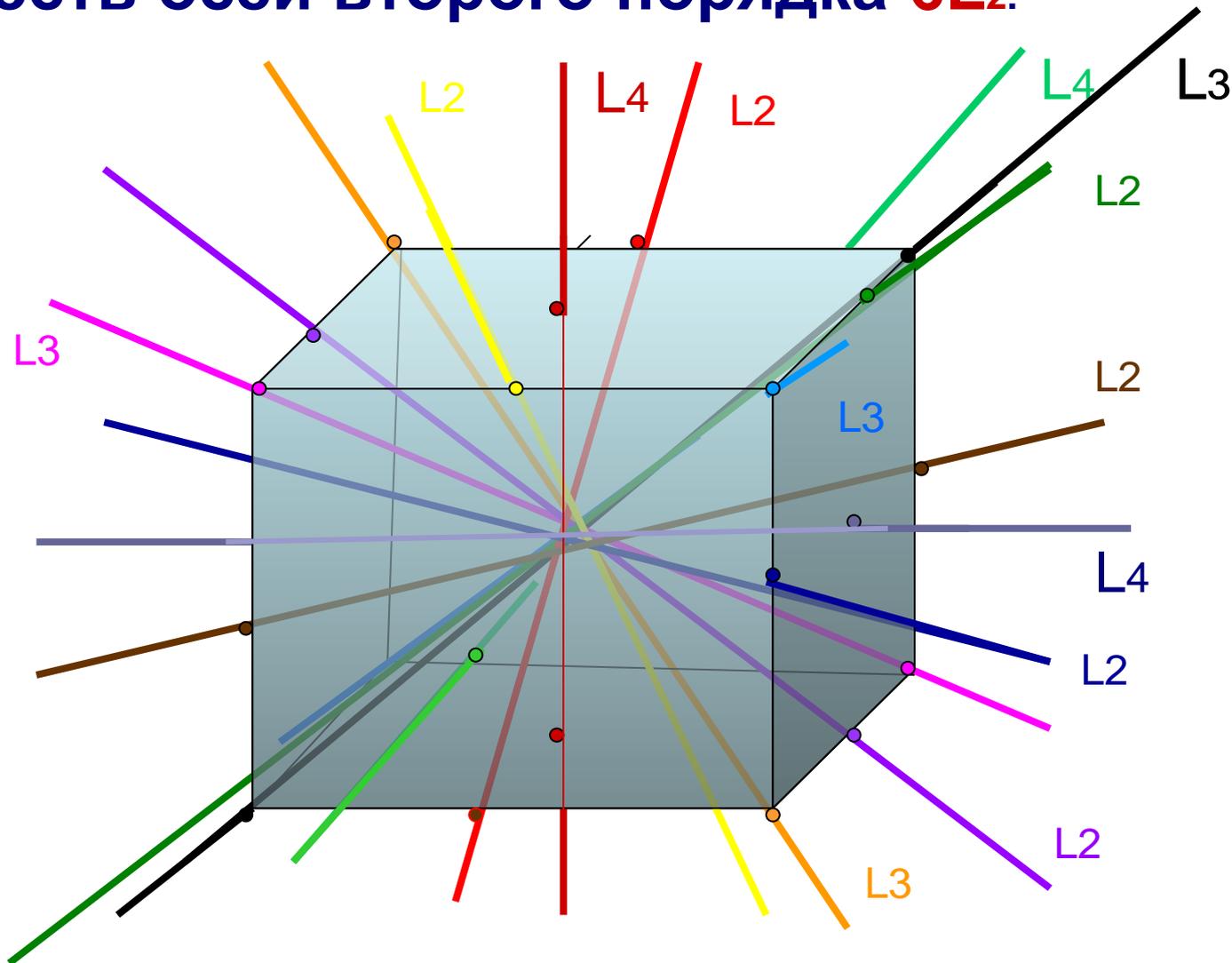
- Так, в кристаллах возможны оси второго L_2 , третьего L_3 , четвертого L_4 и шестого L_6 порядков. Оси симметрии L_3 , L_4 , L_6 называются осями симметрии высшего порядка

Элементы симметрии

3. Оси симметрии – L_2 , L_3 , L_4 , L_6



В кубе три оси четвертого порядка $3L_4$,
четыре оси третьего порядка $4L_3$ и
шесть осей второго порядка $6L_2$.



32 вида симметрии кристаллов

категория	сингония	вид (класс) симметрии						
		примитивный	центральный	планальный	аксиальный	планаксиальный	инверсионно-примитивный	инверсионно-планальный
низшая	триклинная	– 1	C $\bar{1}$					
	моноклинная			P m	L ₂ 2	L ₂ PC 2/m		
	ромбическая			L ₂ 2P mm2	3L ₂ 222	3L ₂ 3PC mmm		
средняя	тригональная	L ₃ 3	L ₃ C $\bar{3}$	L ₃ 3P 3m	L ₃ 3L ₂ 32	L ₃ 3L ₂ 3PC $\bar{3}m$		
	тетрагональная	L ₄ 4	L ₄ PC 4/m	L ₄ 4P 4mm	L ₄ 4L ₂ 422	L ₄ 4L ₂ 5PC 4/mmm	L ₄₄ (⇒L ₂) $\bar{4}$	L ₄₄ 2L ₂ 2P (⇒3L ₂ 2P) $\bar{4}2m$
	гексагональная	L ₆ 6	L ₆ PC 6/m	L ₆ 6P 6mm	L ₆ 6L ₂ 622	L ₆ 6L ₂ 7PC 6/mmm	L ₁₆ (=L ₃ P) $\bar{6}$	L ₁₆ 3L ₂ 3P (=L ₃ 3L ₂ 4P) $\bar{6}2m$
высшая	кубическая	4L ₃ 3L ₂ 23	4L ₃ 3L ₂ 3PC m3	3L ₄₄ 4L ₃ 6P (⇒4L ₃ 3L ₂ 6P) $\bar{4}3m$	3L ₄ 4L ₃ 6L ₂ 432	3L ₄ 4L ₃ 6L ₂ 9PC m3m		

Вверху – символы Бравэ (полная формула симметрии); внизу – символы Германна-Могена (*международные*).

Сингония

- 32 вида симметрии объединяются в сингонии. Всего различают семь сингоний.

Сингония

- Название "сингония" происходит от греческого "син" - "сходно" и "гон" - "угол". Сингонию кристалла определяют по обязательным и сходным для каждой сингонии элементам симметрии, а также, основываясь на наличии или отсутствии единичных направлений.

Единичное направление (E)

- - это единственное, неповторяющееся какими-либо операциями симметрии данной группы направление в кристаллическом многограннике.

- 
- 7 сингоний объединены в три категории. Низшая категория объединяет триклинную, моноклинную и ромбическую сингонии. Кристаллы этих сингоний не имеют осей симметрии выше второго порядка.

- 
- Средняя категория объединяет тригональную, тетрагональную и гексагональную сингонии. Кристаллы этих сингоний имеют только одну ось симметрии высшего порядка (L_3 , L_4 , или L_6), которая совпадает с единственным единичным направлением.

- Высшая категория - кубическая сингония - объединяет кристаллы, которые обязательно имеют $4L_3$. Единичных направлений нет. Все направления симметрично-равные.

Названия и формулы 32 видов симметрии.

Категории	Сингонии	Формула в символикe Браве
Низшая	Триклинная	$L_1; C$
	Моноклинная	$P; L_2; L_2PC$
	Ромбическая	$L_22P; 3L_2; 3L_23PC$
Средняя	Тригональная	$L_3; L_3C; L_33P; L_33L_2; L_33L_23PC;$
	Тетрагональная	$L_4; L_4PC; L_44P; L_44L_2; L_44L_25PC; Li_4; Li_42L_22P$
	Гексагональная	$Li_6=L_3P; Li_63L_23P=L_33L_24P; L_6; L_6PC; L_66P; L_66L_2; L_66L_27PC$
Высшая	Кубическая	$4L_33L_2; 4L_33L_23PC; 4L_33L_2(3Li_4)6P; 3L_44L_36L_2; 3L_44L_36L_29PC$

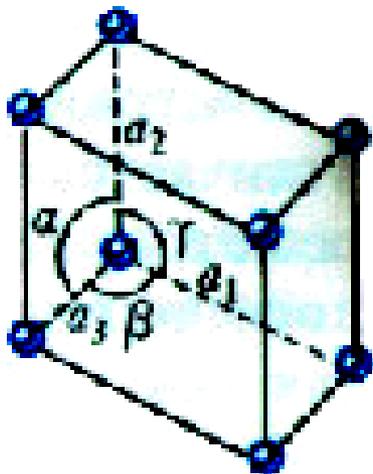
Низшая категория симметрии

(отсутствуют оси высшего порядка)

триклинная сингония

Симметрия
отсутствует или
только C

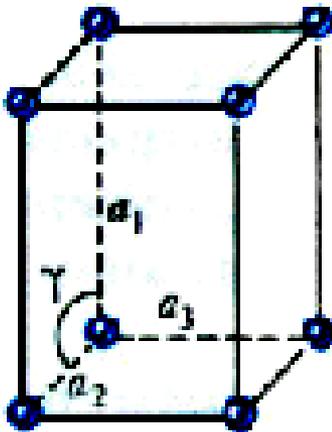
$$a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



моноклинная сингония

L_2 , P , L_2PC

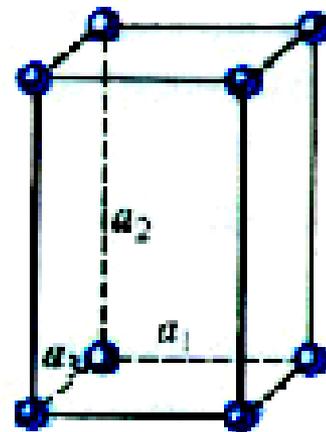
$$a \neq b \neq c; \alpha = \gamma = 90^\circ; \\ \beta \neq 90^\circ$$



ромбическая сингония

Три оси L_2 , три P и
центр симметрии C

$$a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$$



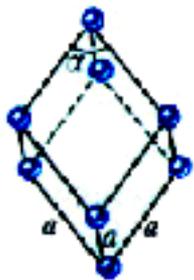
Средняя категория симметрии

(одна основная ось третьего, четвертого или шестого порядка)

тригональная сингония

Одна ось третьего
порядка – L_3

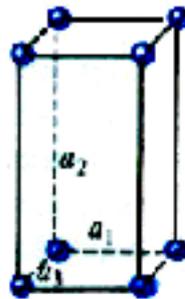
$$a = b = c; \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$



тетрагональная сингония

Одна ось четвертого
порядка – L_4

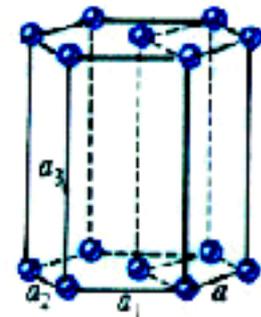
$$a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



гексагональная сингония

Одна ось шестого
порядка – L_6

$$a = b \neq c; \alpha = \beta = 90^\circ; \gamma \neq 90^\circ$$



Высшая категория

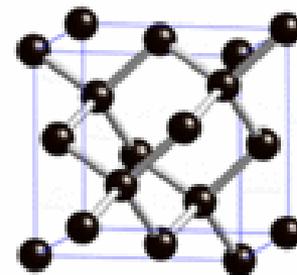
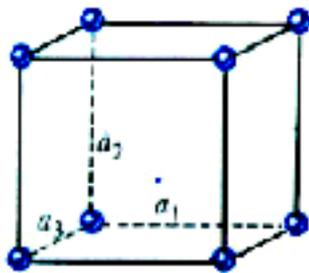
(имеет три оси четвертого порядка)



кубическая
сингония

Наибольшее
количество
элементов
симметрии

Обязательно три оси
четвертого порядка
– 3L₄



$$a = b = c; \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

СРС

- Понимать и знать Названия и формулы 32 видов симметрии.
- <https://www.youtube.com/watch?v=vovsdaG24MQ> видео лекция по данной теме.
- Элементы симметрии разных фигур:
https://www.youtube.com/watch?v=CSw_KbsD_m8
- <https://www.youtube.com/watch?v=sQTw3iwK4E8>