

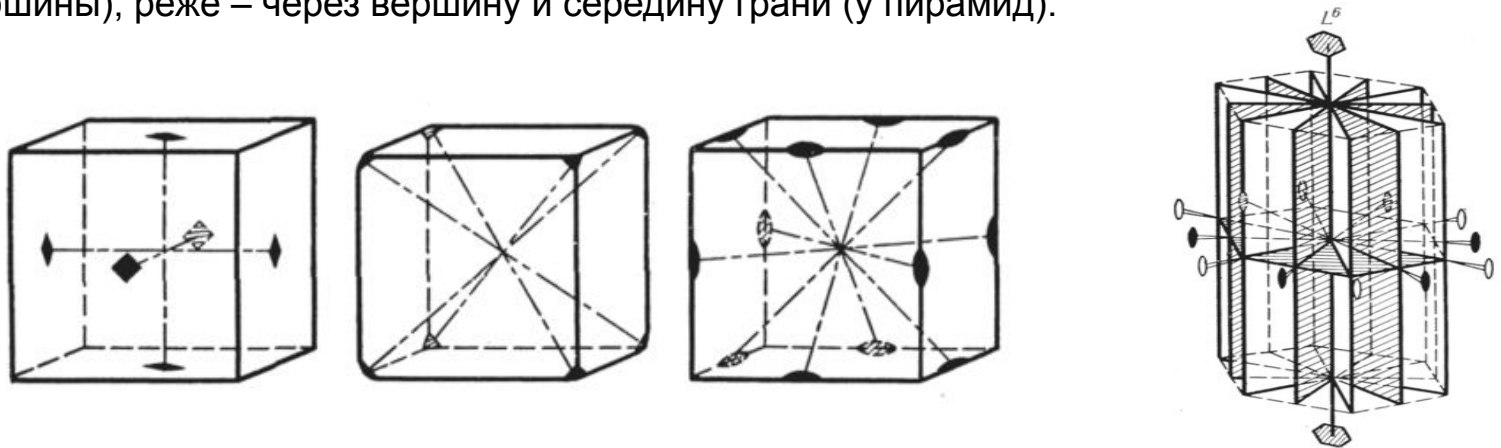
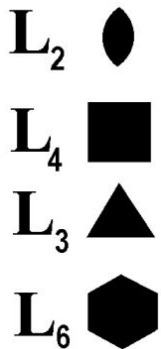
# Основы кристаллографии

Все кристаллы характеризуются закономерным расположением атомов в пространстве кристаллической решетки (то есть внутренним строением), что обуславливает симметричность в расположении граней, вершин и ребер (то есть формы).

Симметрия переводится с греческого как соразмерность. Однако все кристаллы симметричны по-разному. Для оценки степени совершенства многогранников используют три вспомогательных геометрических образа (элемента): ось, плоскость и центр симметрии.

**Ось симметрии**, обозначаемая буквой  $L$ , – воображаемая прямая внутри кристалла, при повороте вокруг которой на некоторый угол ( $180^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ) фигура совмещается сама с собой.

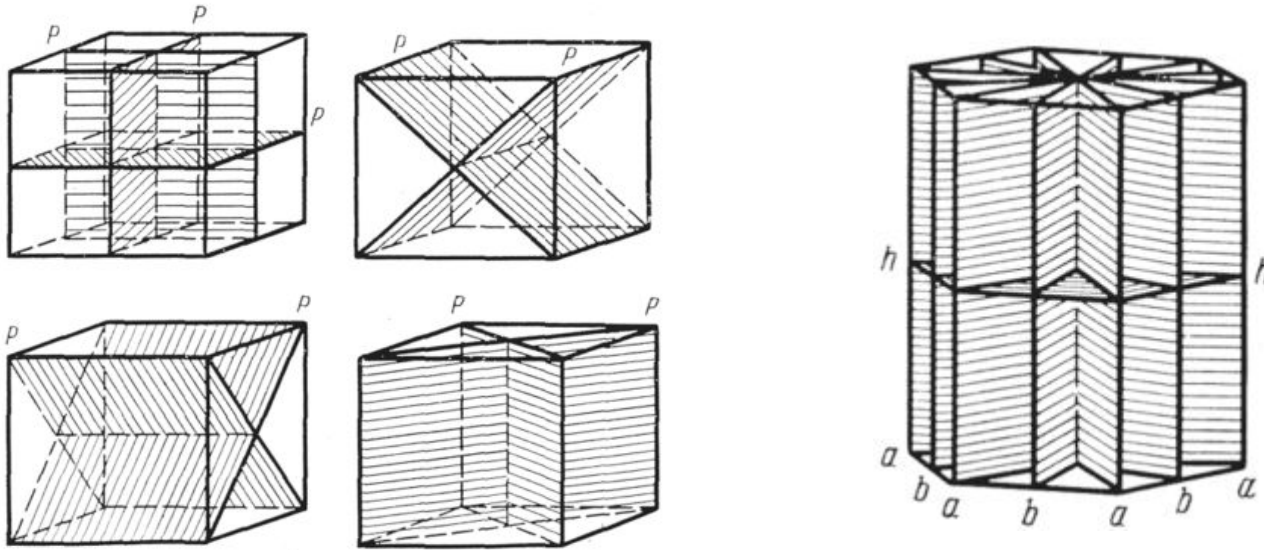
Количество совмещений при повороте на  $360$  градусов составляет  $2$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $6$  и называется порядком оси. На пример ось второго ( $L_2$ ), третьего ( $L_3$ ), четвертого ( $L_4$ ), и шестого порядков ( $L_6$ ). Осей пятого порядка у кристаллов, в отличие от живой природы, нет. А осей первого порядка бесконечное число, поэтому их не используют. В большинстве случаев оси проходят через одинаковые (противоположные) элементы кристалла (сердину одинаковых граней, сердину одинаковых ребер, одинаковые вершины), реже – через вершину и сердину грани (у пирамид).



На рисунках показано изображение осей различного порядка у куба и шестиугольной призмы. Так у куба три оси четвертого порядка, четыре - третьего и шесть - второго. У шестиугольной призмы одна ось шестого порядка и шесть - второго.

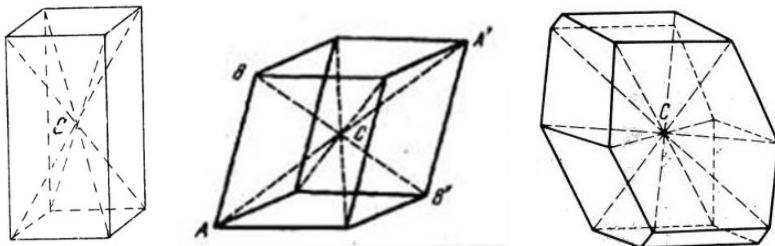
**Центр симметрии**, обозначаемая буквой  $P$ , – воображаемая плоскость делящая кристалл на две зеркально равные части.

У куба их количество максимально и составляет 9, и шестиугольной призмы – 7.

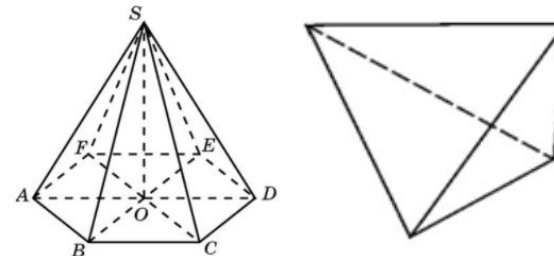


**Центр симметрии (С)** – точка внутри кристалла, в которой пересекаются и делятся пополам линии, соединяющие противоположные одинаковые грани, ребра или вершины кристалла.

Из определения следует, что если в кристалле центр симметрии имеется, то каждая грань его должна иметь себе противоположную равную, параллельную и обратно направленную грань. Например, в кубе, призме  $C$  имеется, а в шестиугольной призме и тетраэдре – отсутствует, т. к. каждой грани его соответствует противоположная вершина



В этих многогранниках центр (С) имеется.



В этих многогранниках центра (С) нет.

Совокупность всех имеющихся элементов симметрии принято записывать в виде формулы, без каких-либо знаков препинания между ними, при этом вначале указываются оси симметрии, начиная с высшего порядка, затем плоскости симметрии и на последнем месте, если имеется, записывается центр симметрии. Например, элементы симметрии куба:  $3L_44L_36L_29PC$ ; шестиугольной призмы:  $L_66L_27PC$ .

Кристаллы по совокупности в них элементов симметрии объединяются в классы (32), сингонии (7) и категории (3).

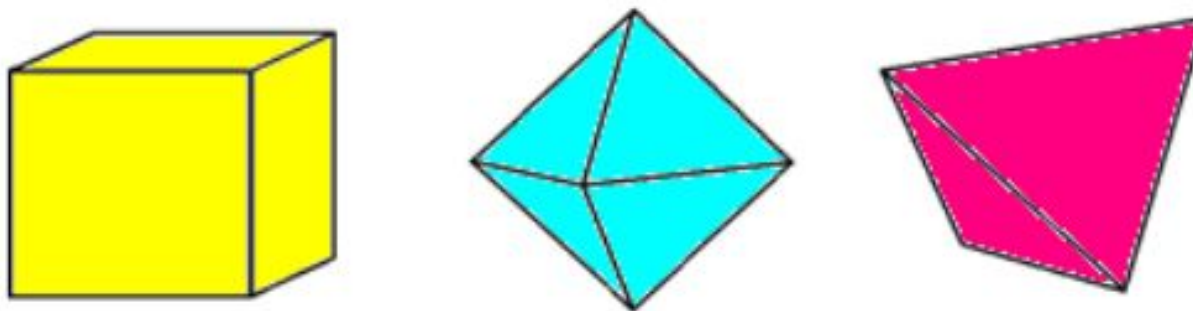
Таблица  
32 класса (вида) симметрии кристаллов

Триклинная	1. Моноэдрический (педиальный) 2. Пинакоидальный	$(L_1)$ $C$
Моноклинная	3. Сфеноидальный (диздрический осевой) 4. Доматический (диздрический безосный) 5. Призматический	$L_2P$ $P$ $L_2PC$
Ромбическая	6. Ромбо-тетраэдрический (ромбо-бисфеноидальный) 7. Ромбо-пирамидальный 8. Ромбо-бипирамидальный	$3L_2$ $L_2P2P$ $3L_23PC$
Тетрагональная	9. Тетрагонально-пирамидальный 10. Тетрагонально-бипирамидальный 11. Тетрагонально-трапецоэдрический 12. Дитетрагонально-пирамидальный 13. Дитетрагонально-бипирамидальный 14. Тетрагонально-тетраэдрический (тетрагонально-бисфеноидальный) 15. Тетрагонально-скаленоэдрический	$L_4P$ $L_4PC$ $L_44L_2$ $L_4P4P$ $L_44L_25PC$ $L_4i$ $L_4i2L_22P$
Тригональная	16. Тригонально-пирамидальный 17. Ромбоэдрический 18. Тригонально-трапецоэдрический 19. Дитригонально-пирамидальный 20. Дитригонально-скаленоэдрический	$L_3P$ $L_3C=L_3i$ $L_33L_2$ $L_3P3P$ $L_33L_23PC=L_3i3L_23P$
Гексагональная	21. Гексагонально-пирамидальный 22. Гексагонально-бипирамидальный 23. Гексагонально-трапецоэдрический 24. Дигексагонально-пирамидальный 25. Дигексагонально-бипирамидальный 26. Тригонально-бипирамидальный* 27. Дитригонально-бипирамидальный*	$L_6P$ $L_6PC$ $L_66L_2$ $L_6P6P$ $L_66L_27PC$ $L_3P=L_6i$ $L_33L_24P=L_6i3L_23P$
Кубическая	28. Тритетраэдрический (пентагон-тритетраэдрический) 29. Дидодекаэдрический 30. Триоктаэдрический (пентагон-триоктаэдрический) 31. Гексатетраэдрический 32. Гексоктаэдрический	$4L_3P3L_2$ $4L_33L_23PC$ $3L_44L_36L_2$ $3L_44L_3P6P$ $3L_44L_36L_29PC$

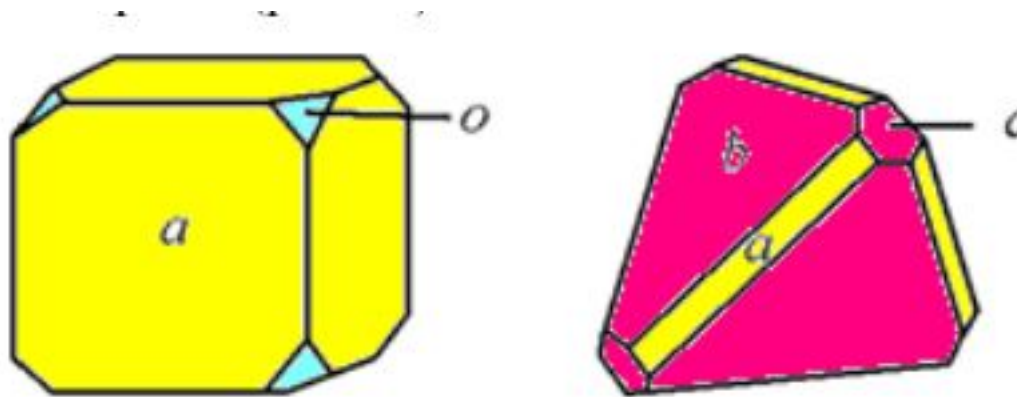
Сингония	Количество классов	Типоморфные совокупности элементов симметрии	Категория
Кубическая	5	$4L_3$	Высшая. Несколько осей симметрии выше второго порядка
Тетрагональная	7	$L_4$	Средняя. Одна ось симметрии выше второго порядка
Гексагональная	7	$L_6$	
Тригональная	5	$L_3$	
Ромбическая	3	Сумма осей симметрии второго порядка и плоскостей симметрии равна 6 или 3: $3L_23PC; L_22P$	Низшая. Нет осей симметрии выше второго порядка
Моноклинная	3	Сумма осей симметрии второго порядка и плоскостей симметрии равна 2 или 1: $L_2PC; L_2$	
Триклинная	2	Нет элементов симметрии или имеется центр симметрии – $C$	

Форму кристалла образует совокупность всех его граней. Среди кристаллов выделены две группы форм: 1 – простая форма; 2 – комбинация простых форм (сложная форма).

Простой формой называется кристалл, который состоит из одинаковых по величине и очертанию граней, имеющих симметричное расположение



Комбинацией простых форм (сложной формой) называется кристалл, который состоит из граней, различающихся по величине или очертанию. Ниже приведены комбинации из двух и трех простых форм.



В основу названия простых форм положено несколько признаков: число граней, очертание грани, сечение формы. В номенклатуре простых форм кристаллов используются греческие термины, наиболее часто употребляемые из которых следующие:

<i>моно</i>	– одно-, единственный;	<i>додека</i>	– двенадцать-, двенадцати;
<i>ди, би</i>	– дву-, дважды;	<i>эдра</i>	– грань;
<i>три</i>	– три-, трех-, трижды;	<i>гонио</i>	– угол;
<i>тетра</i>	– четыре-, четырех-, четырежды;	<i>син</i>	– сходно;
<i>пента</i>	– пяти-, пятью;	<i>пинакос</i>	– таблица, доска;
<i>гекса</i>	– шести-, шестью;	<i>клинэ</i>	– наклон;
<i>окта</i>	– восьми-, восемью;	<i>поли</i>	– много;
		<i>скаленос</i>	– косой, неровный.

Таким образом, используя приведенную греческую терминологию, рассмотрим примеры сложения названий простых форм. Куб состоит из шести одинаковых граней – гексаэдр, восьмигранник – октаэдр; четырехгранник – тетраэдр; две одинаковые пирамиды, сложенные основаниями, образуют дипирамиду; кристалл, ограниченный гранями в виде косоугольных треугольников, носит название скаленоэдр; форма из двух параллельных граней называется пинакоидом, из двух пересекающихся – диэдром; форма, представленная одной гранью, называется моноэдром.



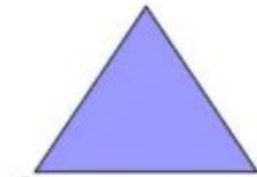
## Простые формы низшей категории

(триклинная, моноклинная и ромбическая сингонии)

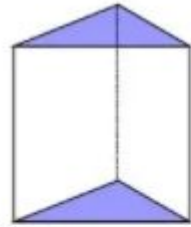


# Простые формы средней категории категории

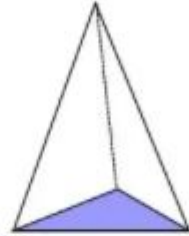
## Тригональная сингония



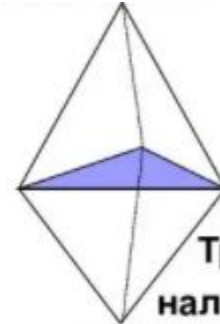
Сечение-  
треугольник  
(тригон)



Тригональ-  
ная призма



Тригональная  
пирамида



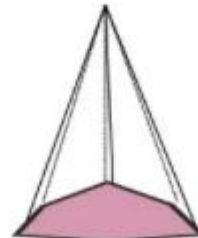
Триго-  
нальная  
дипирамида



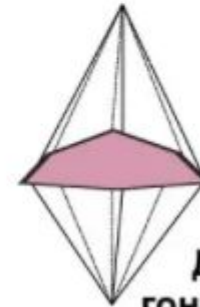
Сечение -  
дитригон



Дитригональ-  
ная призма



Дитригональная  
пирамида



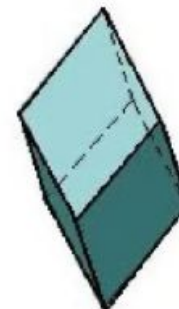
Дитри-  
гональная  
дипирамида



Тригональный  
трапецоэдр



Тригональный  
скаленоэдр



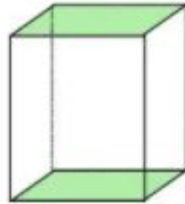
ромбоэдр

# Простые формы средней категории

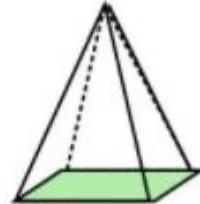
## Тетрагональная сингония



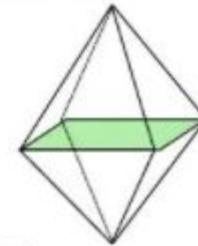
Сечение-  
квадрат  
(тетрагон)



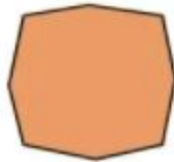
Тетрагональ-  
ная призма



Тетрагональ-  
ная пирамида



Тетрагональная  
дипирамида



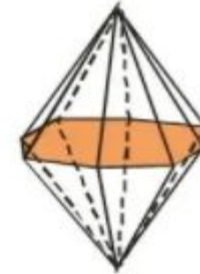
Сечение-  
дитетрагон



Дитетрагональ-  
ная призма



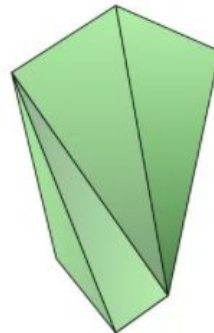
Дитетрагональ-  
ная пирамида



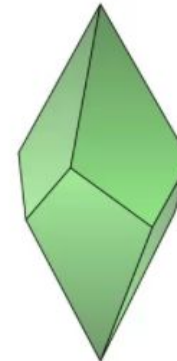
Дитетрагональная  
дипирамида



Тетрагональный  
тетраэдр



Тетрагональный  
скеленоэдр

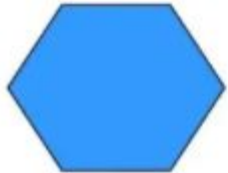


Тетрагональный  
трапецоэдр

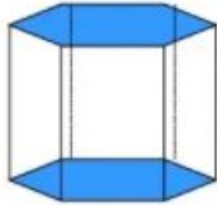


# Простые формы средней категории

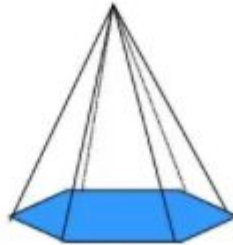
## Гексагональная сингония



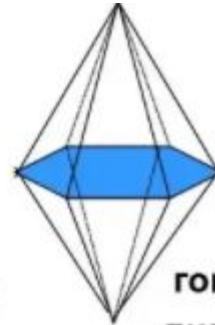
Сечение-  
правильный  
шестиуголь-  
ник (гексагон)



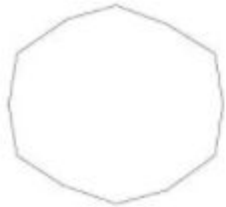
Гексагональ-  
ная призма



Гексагональная  
пирамида



Гекса-  
гональная  
дипирамида



Сечение -  
дигексагон



Дигексагональ-  
ная призма



Дигексагональ-  
ная пирамида



Дигекса-  
гональная  
дипирамида



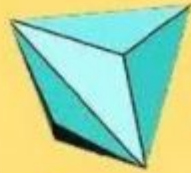
Гексагональный  
трапецоэдр

# Простые формы высшей категории

## Кубическая сингония



ТЕТРАЭДР



ТРИГОНРИТЕТРАЭДР



ТЕТРАГОНРИТЕТРАЭДР



ПЕНТАГОНРИТЕТРАЭДР



ГЕКСАТЕТРАЭДР



ОКТАЭДР



ТРИГОНТРИОКТАЭДР



ТЕТРАГОНТРИОКТАЭДР



ПЕНТАГОНТРИОКТАЭДР



ГЕКСАОКТАЭДР



ГЕКСАЭДР(КУБ)



ТЕТРАГЕКСАЭДР



РОМБОДОДЕКАЭДР



ПЕНТАГОНДОДЕКАЭДР



ДИДОДЕКАЭДР

Контрольная точка заключается в следующем.

Учить простые формы не обязательно, главное найдите логику в их названии (греческий) и усложнения (тетрагональная пирамида → дитетрагональная пирамида, тетрагональная пирамида → тетрагональная дипирамида, октаэдр → тригонтриоктаэдр → тетрагонтриоктаэдр → пентагонтриоктаэдр → гексаоктаэдр).

Каждый из студентов получит зарисовку двух кристаллов, для которых надо будет написать формулу многогранника (1), перечислить присутствующие в нем простые формы (2) и отнести к той или иной сингонии (3).

Сочувствую, что вам не придется покрутить многогранник вокруг осей и провести плоскости мелом, но зато можно воспользоваться таблицами (и даже нужно) и просторами Интернета (если помогут). И еще, считайте количество одинаковых граней, это поможет определить простые формы которые в многограннике развиты незначительно.

И еще: в низшей категории встречаются простые формы только из низшей категории. В средней (кроме тригональных, тетрагональных и гексагональных простых форм) могут быть пинакоиды или моноэдры. В высшей категории встречаются только простые формы кубической сингонии. Скрещивание простых форм из разных категорий и сингоний будет расцениваться как грубая ошибка!

Ни пуха!