

# Занятие 5

## ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ (низшей и средней категории) ОБЛИК и ГАБИТУС



# Разминка



Немного повторим

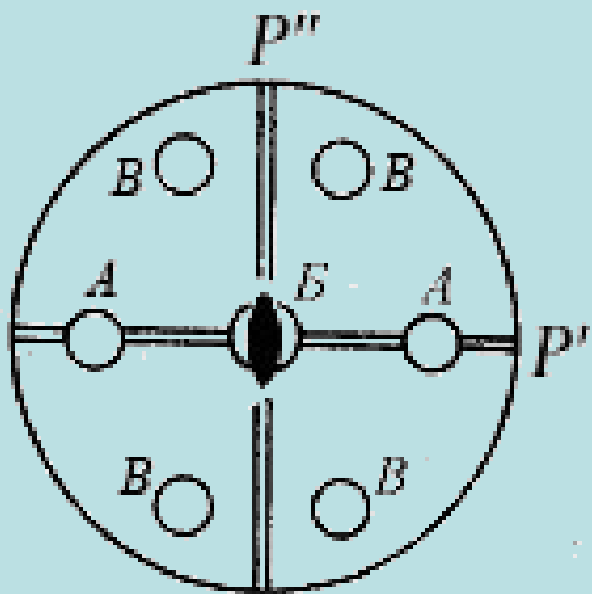
*Семейство граней, взаимосвязанных всеми симметрическими операциями точечной группы (класса) симметрии называют простой формой кристалла.*

Грани, принадлежащие одной простой форме, равны не только внешне геометрически (увы, в основном, в идеальных, но не реальных условиях роста), **но также по своим физическим и химическим свойствам**

(У них похожие символы!! – **еще не знаем**)

Если известна величина симметрии класса и собственная симметрия грани данной простой формы, легко вычислить общее количество граней ( $n$ ) этой простой формы:

$$n = \frac{\text{величина симметрии класса}}{\text{величина собственной симметрии грани}}$$



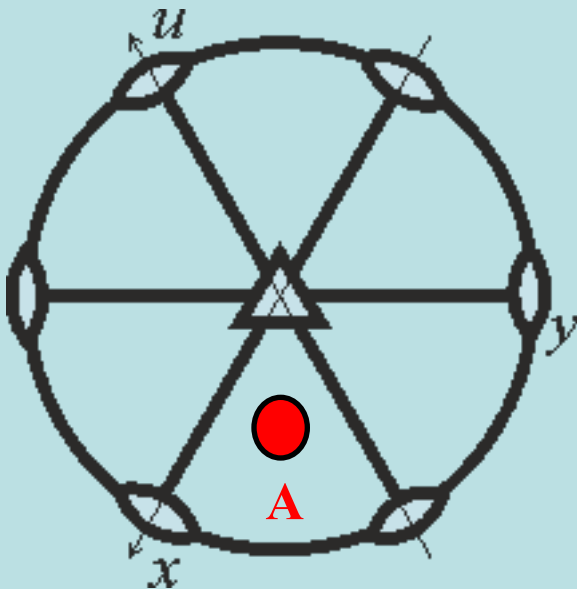
**A** – собственная симметрия грани  $m$ ,  
 величина собственной симметрии – 2,  
 количество граней –  $4 : 2 = 2$

**B** – собственная симметрия грани  $mm2$ ,  
 величина собственной симметрии – 4,  
 количество граней –  $4 : 4 = 1$

**B** – собственная симметрия грани  $1$ ,  
 величина собственной симметрии – 1,  
 количество граней –  $4 : 1 = 4$

## Грань частного положения:

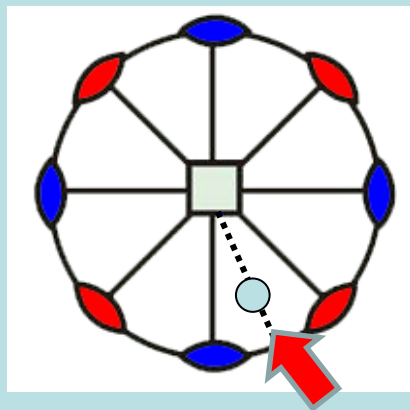
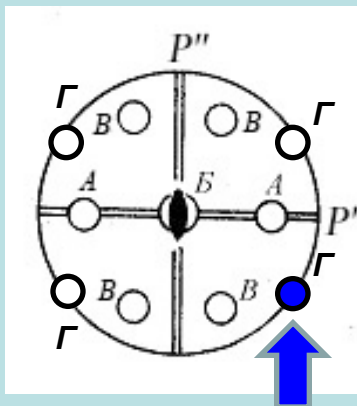
- Перпендикулярна **особому** направлению
- Параллельна **особому** направлению
- *Равнонаклонна к эквивалентным* особым направлениям



*Грань А* - частная, так как *равнонаклонна к эквивалентным* осям симметрии  $L_2$

## Грань общего положения

подвергается действию всех операций симметрии данного класса. Поэтому число граней общей формы в данном классе максимально и равно числу операций симметрии, составляющих этот класс, т. е. **равно его порядку (размножающей способности или величины симметрии класса)**. Число граней частной простой формы **обычно меньше (однако может быть и равно!)** числу граней общей формы.



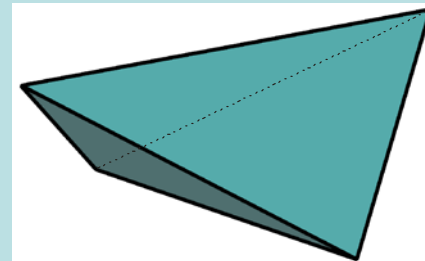
*Грань равнонаклонна к неэквивалентным осям 2-ого порядка, следовательно, она находится в общем! положении*

## Понятия «открытая» и «закрытая» простая форма.

Если совокупность граней одной простой формы полностью замыкает заключенное между ними пространство, то *она считается закрытой*.

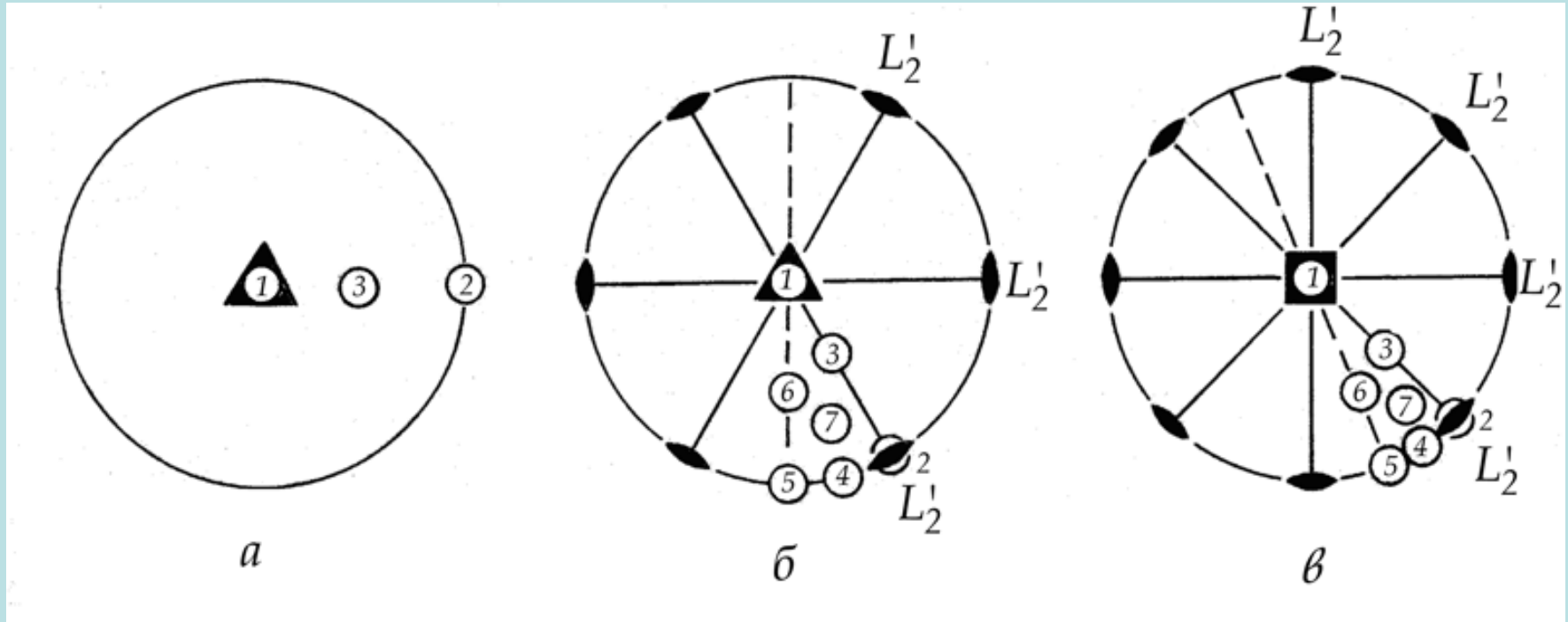
Если совокупность граней одной простой формы не замыкает заключенное между ними пространство, то *она считается открытой*.

Минимальное число граней для замыкания пространства – **4**.



Открытые формы встречаются в кристаллах низшей и средней категорий, но **невозможны в кристаллах кубической сингонии, а тем более – в икосаэдрических классах**).

Принципиально различные позиции граней  
на сферическом треугольнике

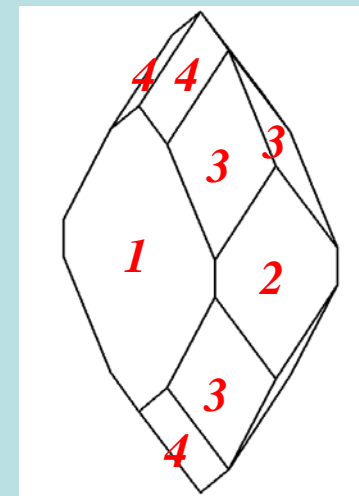


*a* – с единственным особым направлением (3 – общее положение)

*б* - *с эквивалентными* побочными направлениями  
(6 – частное, 7 – общего положения);

*в* – *с неэквивалентными* побочными направлениями  
(6 и 7 – общее положение).

В огранке кристалла могут участвовать грани либо одной простой формы (закрытой), либо нескольких, образуя *комбинационные многогранники*.



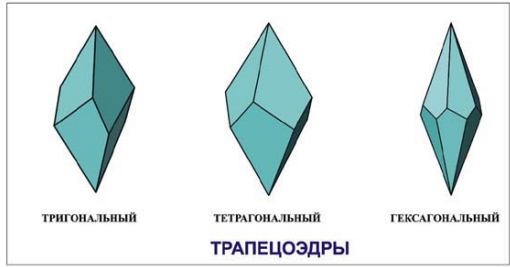
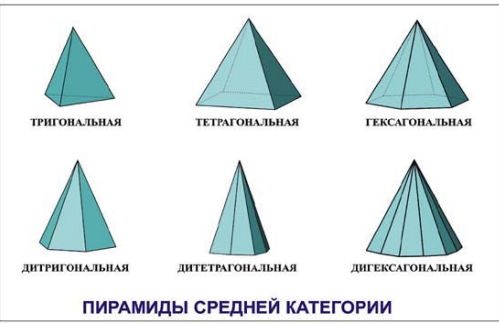
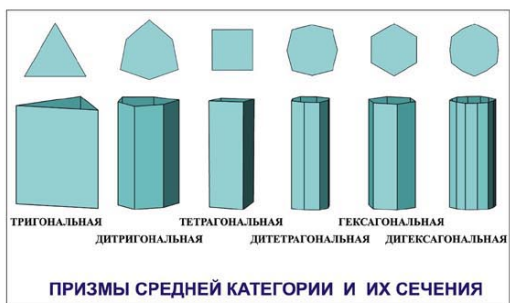
В одном классе может быть несколько принципиально разных частных положений и только одно общее.

**Общие формы в 32 классах НЕ ПОВТОРЯЮТСЯ**

Поэтому общая простая форма служит характеристикой данного класса симметрии, передавая ему свое название.

Число простых форм кристаллов конечно и **якобы** «равно **47**» (**32**+**15**).

# 47 ПРОСТЫХ ФОРМ КРИСТАЛЛОВ



Число простых форм кристаллов конечно и **якобы** «равно **47**»  
(**32**

**+15**).

# <http://cryst.geol.msu.ru/appliances/pics/47form.jpg>



строения. Лекции включают в себя основы классической кристаллографии с элементами кристаллохимии. Программа курса доступна широкому кругу слушат

## Содержание лекций :

1. [Лекция 01 от 11 февраля 2026 г.](#)
2. [Лекция 02 от 18 февраля 2026 г.](#)
3. [Лекция 03 от 25 февраля 2026 г.](#)
4. [Лекция 04 от 04 марта 2026 г.](#)

## ЗАЧЕТ:

1. ВХОД В ЗАЧЕТ ПОКА ЗАКРЫТ

## Справочный материал

1. ["32 класса симметрии" Плакат](#)
2. [Сетка Вульфа в формате BMP, радиусом 10 см с разрешением 300 dpi в архиве](#)
3. [Трафарет для рисования, радиус 8 см](#)
4. [Правила формирования международного символа](#)
5. [Правила формирования символа Шенфлиса](#)
6. [Бланк для описания кристаллического многогранника](#)
7. ["47 простых форм" Плакат](#)
8. [Анимация взаимосвязи тетрагональных форм](#)
9. [Анимация взаимосвязи гексагональных форм](#)
10. [Простые формы низшей категории](#)
11. ["Простые формы кубической сингонии" Плакат](#)
12. [Название класса по общей форме](#)
13. [Анимация взаимосвязи кубических форм в pps-формате \(14,5 М\). Выполнил студент 1 курса Волков А.С. в рамках курсовой работы на кафедре кристаллографии](#)



## Литература

# 32 КЛАССА СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

Категория	НИЗШАЯ $a \neq b \neq c$			СРЕДНЯЯ $a = b \neq c$			ВЫСШАЯ $a = b = c$	
	Триклинная $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	Моноклиная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$	Ромбическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Тетрагональная $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Гексагональная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$		Кубическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
Сингония					Тригональная подсингония	Гексагональная подсингония		
$C_n$	$L_1 C_1$ 1 монахор	$L_2 C_2$ 2 осевой диэдр		$L_4 C_4$ 4 тетрагональная пирамида	$L_3 C_3$ 3 тригональная пирамида	$L_6 C_6$ 6 гексагональная пирамида	Обозначения Символ Браве Символ Шенфлиса	
$C_{ni}$ ( $S_n$ )	$L_1 C_1 S_2$ 1 ликачид	$L_2 P C_2 S_1$ 2 осевой диэдр		$L_4 C_4 S_4$ 4 тетрагональный тетраэдр	$L_3 C_3 S_6$ 3 ромбоэдр	$L_6 C_6 S_3$ 6 тригональная бипирамида	Стереографическая проекция класса симметрии Международный символ Форма общего положения	
$C_{nh}$		$L_2 PC C_{2h}$ 2 ромбическая призма		$L_4 PC C_{4h}$ 4 тетрагональная бипирамида		$L_6 PC C_{6h}$ 6 гексагональная бипирамида		
$C_{nv}$		$L_2 P C_{2v}$ 2 ромбическая пирамида		$L_4 P C_{4v}$ 4 тетрагональная пирамида	$L_3 P C_{3v}$ 3 тригональная пирамида	$L_6 P C_{6v}$ 6 гексагональная пирамида		
$D_n$		$3L_2 D_2$ 222 ромбический тетраэдр		$4L_2 D_4$ 422 тетрагональный тетраэдр	$3L_2 D_3$ 32 тригональный тетраэдр	$6L_2 D_6$ 622 гексагональный тетраэдр	$3L_4 L_3 T$ 23 пентагон-триоктаэдр	$3L_4 L_6 L_2 O$ 432 пентагон-триоктаэдр
$D_{nd}$				$L_2 L_2 P D_{2d}$ 4 тетрагональный октаэдр	$L_3 L_3 P C D_{3d}$ 3 тригональный октаэдр		$3L_4 L_6 P T_d$ 43m гекса-тетраэдр	
$D_{nh}$		$3L_2 PC D_{2h}$ mmm ромбическая бипирамида		$4L_4 PC D_{4h}$ 4/mmm тетрагональная бипирамида	$L_3 L_4 P D_{3h}$ 6m2 тетрагональная бипирамида	$L_6 L_7 PC D_{6h}$ 6/mmm гексагональная бипирамида	$3L_4 L_3 PC T_h$ m3 диодокаэдр	$3L_4 L_6 L_9 PC O_h$ m3m гекса-октаэдр



Шубников Алексей Васильевич (1887—1970) советский кристаллограф, кристаллофизик. Академик АН СССР. Герой Социалистического Труда.

Внёс значительный вклад в физику твёрдого тела. Основные труды посвящены теории симметрии и теории роста кристаллов. Развив учение об антисимметрии, вывел 58 точечных кристаллографических групп антисимметрии (шубниковские группы).

Его имя носит Институт кристаллографии РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова**  
Российской академии наук  
(ИК РАН)



### Новости

Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН реорганизован в Федеральное государственное учреждение "Федеральный научно-исследовательский центр "Кристаллография и фотоника" Российской академии наук" (ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН) путем присоединения к нему Института проблем лазерных и информационных технологий РАН, Института систем обработки изображений РАН и Центра фотохимии РАН.

**В**

**НИЗШЕЙ И СРЕДНЕЙ  
КАТЕГОРИИ**

**ЯКОБЫ**

**32**

**ПРОСТЫЕ ФОРМЫ**

**(по названию)**

В основу названий простых форм положены  
(древне-) греческие слова



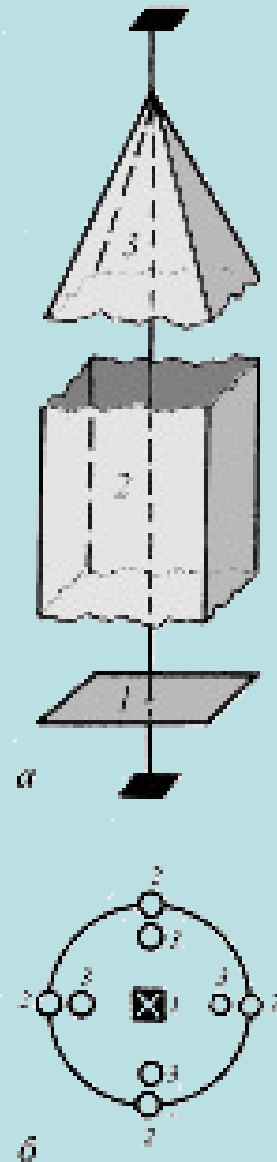
## Русско - древнегреческий разговорник

μονο –	<b>МОНО</b>	ОДИН
δι –	<b>ДИ</b>	ДВА
τρι –	<b>ТРИ</b>	ТРИ
τετρα –	<b>ТЕТРА</b>	ЧЕТЫРЕ
πεντα –	<b>ПЕНТА</b>	ПЯТЬ
εξα –	<b>ГЕКСА</b>	ШЕСТЬ
οκτα –	<b>ОКТА</b>	ВОСЕМЬ
δεκα –	<b>ДЕКА</b>	ДЕСЯТЬ
δωδεκα –	<b>ДОДЕКА</b>	ДВЕНАДЦАТЬ
εδρα –	<b>ЭДРА</b>	ГРАНЬ
τραπεζιον	<b>ТРАПЕЦА</b>	4-угольник с двумя неравными и двумя равными сторонами
πρισμα	<b>ПРИЗМА</b>	ПРИЗМА
πυραμιζ	<b>ПИРАМИДА</b>	ПИРАМИДА
πινακοειδηζ	<b>ПИНАКОИД</b>	ИМЕЮЩИЙ ВИД ДОСКИ
σκαληνοζ	<b>СКАЛЕНА</b>	КОСОУГОЛЬНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК

# Простые формы кристаллов в классах $C_n$

Грань 1, перпендикулярная расположенной вертикально поворотной оси  $L_n$ , не размножается этой осью. Такая одногранная форма независимо от порядка оси называется **моноэдром** (от греч. *моно* (μονο) – один, *эдра* (εδρα) – грань)

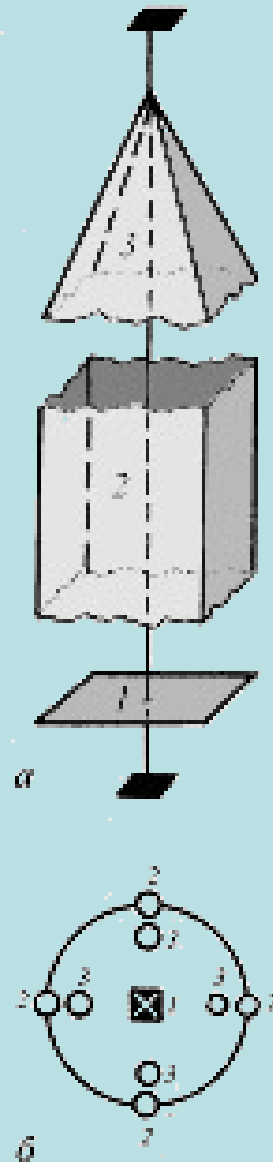
Грань 2, параллельная оси  $L_n$ , размножаясь этой осью, создает простую форму, грани которой пересекаются по параллельным ребрам, – ***n*-гональную призму** с правильным *n*-угольником в перпендикулярном этой оси сечении. ***n*-гональные призмы** в зависимости от порядка главной оси могут быть **гексагональными, тетрагональными, тригональными.**

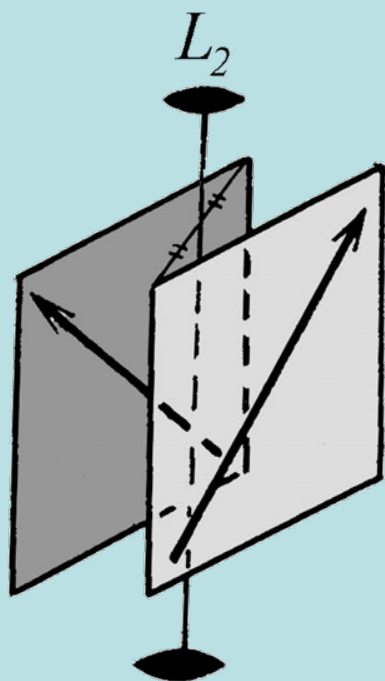


# Простые формы кристаллов в классах $C_n$

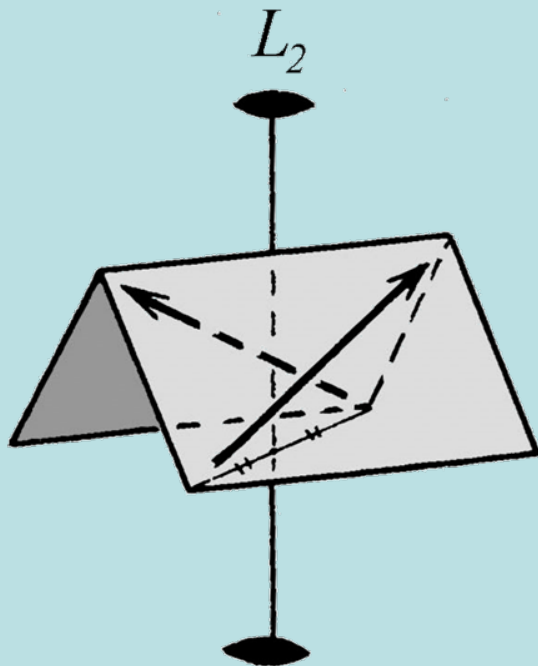
В случае вертикальной оси 2-го порядка (класс  $C_2$ ) получаем две параллельные грани – «вырожденную» **двугранную дигональную призму**, называемую **пинакоидом** (от греч. *пинакс* (πίνακος) – дощечка).

Грань 3, расположенная под косым углом к оси  $L_n$ , размножаясь ею, образует форму –  **$n$ -гональную пирамиду**. Так же как и  $n$ -гональные призмы,  $n$ -гональные пирамиды различаются своими сечениями, перпендикулярными главной оси  $L_n$ : **гексагональная пирамида, тетрагональная, тригональная**. Если главная ось 2-го порядка, то **дигональная пирамида** вырождается в форму из двух наклонных пересекающихся граней, напоминающую косую «крышу» и называемую **осевым диэдром** (греч. *ди* (δι) – дважды)

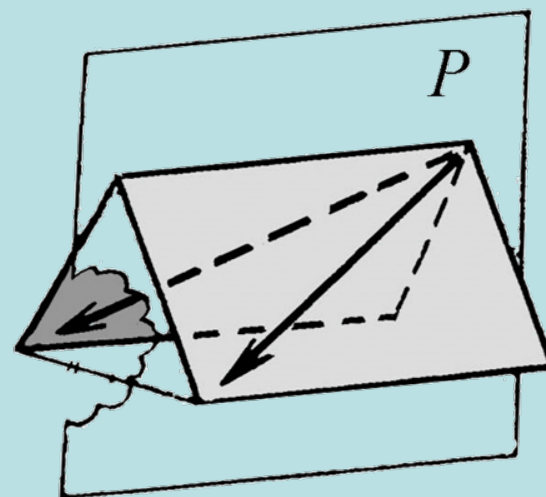




*a*



*б*

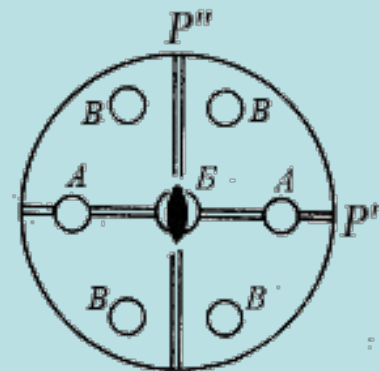


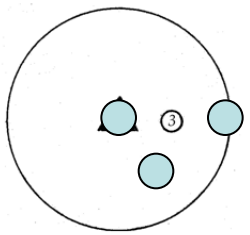
*в*

Пинакоид **осевой** и **плоскостной** диэдр







*Совет – нанимайте бригаду,  
которая умеет строить  
крыши типа «А»  
(симметризованный диэдр)*





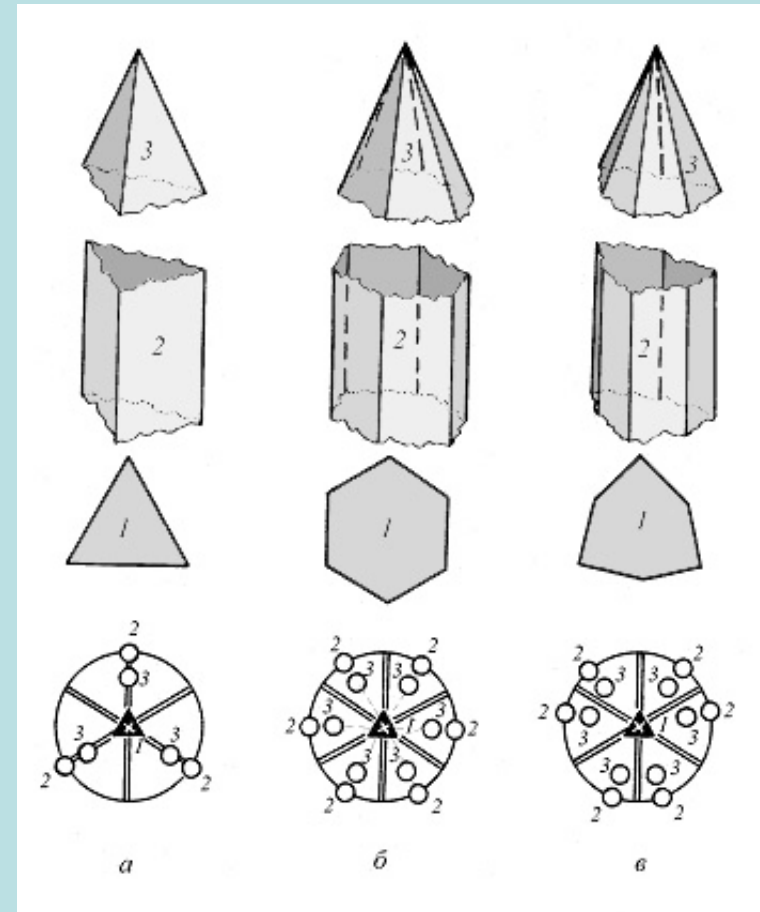
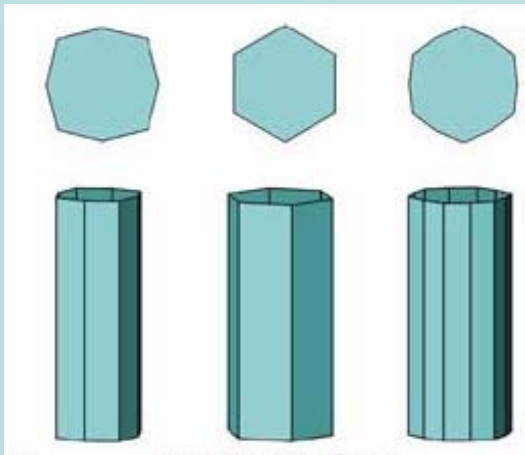
**Классы с единственным особым  
направлением  $C_n$**

	<b>Класс</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Название по общей форме</b>
1	$C_1$				<i>монокристаллический</i>
2	$C_2$		 <b>пинакоид</b>	 <b>диэдр (ос.)</b>	<i>диэдрический осевой</i>
3	$C_3$		 		<i>тригонально-пирамидальный</i>
4	$C_4$		 		<i>тетрагонально-пирамидальный</i>
5	$C_6$		 		<i>гексагонально-пирамидальный</i>

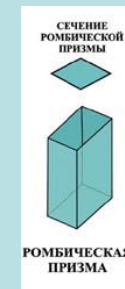
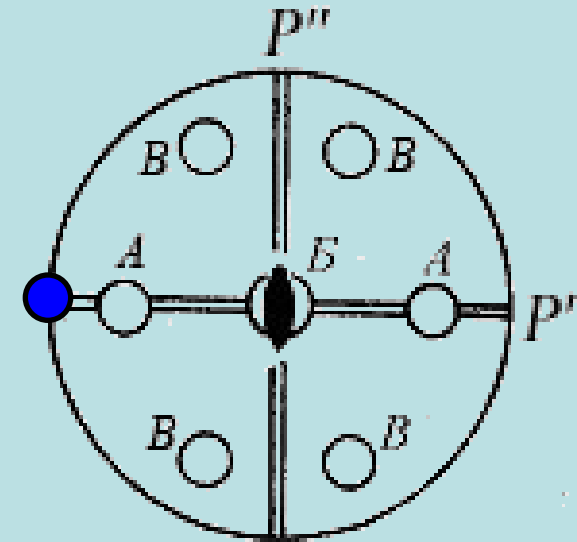
**монокристаллический**     **$n$ -гональная призма**     **$n$ -гональная пирамида**

# Простые формы кристаллов в классах $C_{nv}$

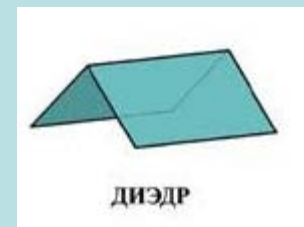
Помимо призм и пирамид с  $n$ -гональными сечениями в указанных классах есть простые формы, образованные гранями, расположенными под **произвольными углами** к эквивалентным плоскостям симметрии. В главных сечениях таких форм при равных сторонах углы равны через один – это так называемые **ди- $n$ -гональные** сечения. Отсюда и названия образованных такими гранями простых форм – **ди- $n$ -гональные призмы** (частные пр. формы) и **ди- $n$ -гональные пирамиды** (общие простые формы).



В классе  $C_{2v}$  грани, параллельные одной из плоскостей и перпендикулярные другой, образуют **пинакоид** (вырожденную двухгранную призму), а расположенные наклонно к плоскостям симметрии образуют в перпендикулярном оси  $L_2$  сечении ромб. Отсюда частная простая форма, образованная гранями, параллельными оси  $L_2$ , называется **ромбической призмой**, а общая (В), образованная наклонными - **ромбической пирамидой**.

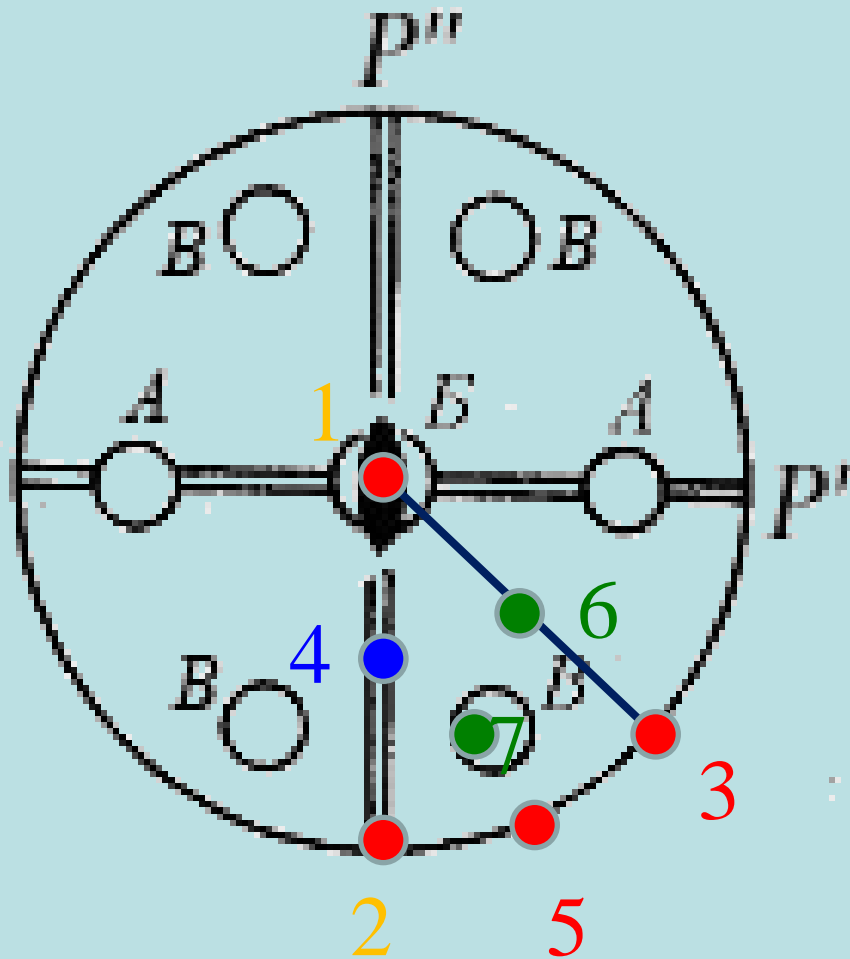


В классе  $C_s = P$  грани размножаются лишь отражением в единственной плоскости симметрии, и новой будет лишь общая простая форма, образованная двумя наклонными к плоскости гранями - «прямая крыша», - **диэдр плоскостной**.

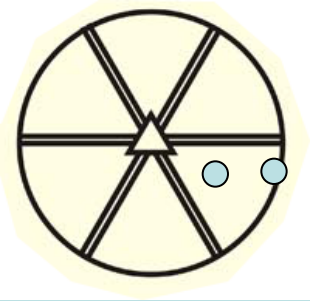


# Давайте **разберем** $tt_2$ класс, уж больно интересно

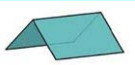
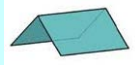
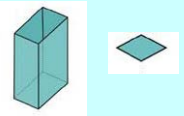

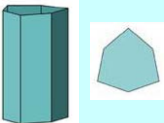

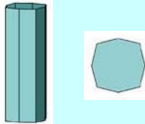

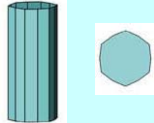

1. Выделим характеристический сферический треугольник (1-2-3)
2. Обозначим все 7 принципиально различные позиции (3 вершины, 3 стороны и внутренняя точка общего положения)
3. Заметим, что в этом классе 6 и 7 одно и то же так как плоскости неэквивалентны, т.е. 6 – тоже общая простая форма. (Кстати, 3 и 5 тоже одно и то же)



- 1 Моноэдр
- 2 Пинакоид
- 3 Ромб. призма
- 4 Диэдр (хороший)
- 5 Ромб призма
- 6 Ромб пирамида
- 7 Ромб пирамида



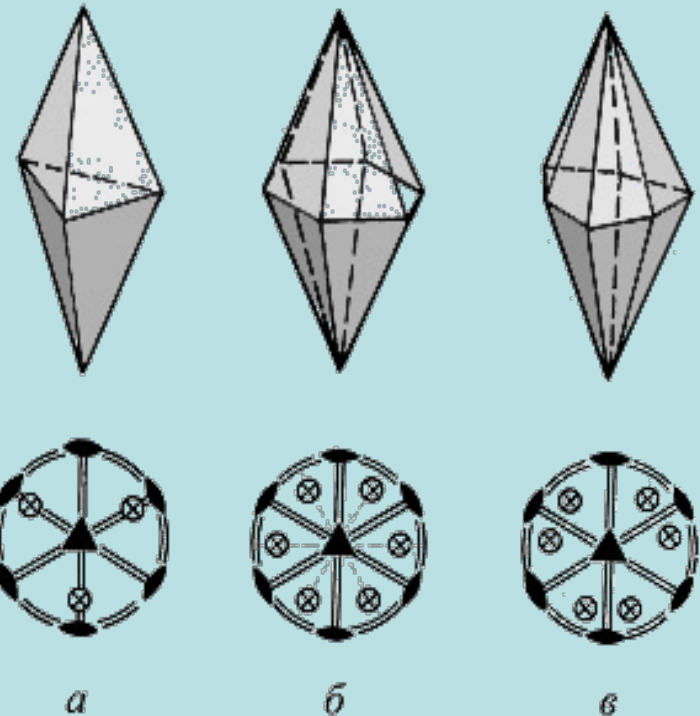
## Классы $C_{nv}$

Класс	1-3	4	5	6	7	Название по общей форме
$C_{1v} = C_{1h} = P$	<i>Повтор</i>	 диэдр (пл.)			 диэдр (пл.)	<i>диэдрический плоскостной</i>
$C_{2v}$		 ромбо-пирамидальный			 ромбо-пирамидальный	<i>ромбо-пирамидальный</i>
$C_{3v}$		 дитригонально-пирамидальный			 дитригонально-пирамидальный	<i>дитригонально-пирамидальный</i>
$C_{4v}$		 дитетрагонально-пирамидальный			 дитетрагонально-пирамидальный	<i>дитетрагонально-пирамидальный</i>
$C_{6v}$		 Ди- <i>n</i> -гональная призма			 Ди- <i>n</i> -гональная пирамида	<i>дигексагонально-пирамидальный</i>

# Простые формы кристаллов в классах

$$C_{nh} \text{ и } D_{nh}$$

Неизменными в классах  $C_{nh}$  и  $D_{nh}$  останутся лишь призматические формы – *n*-гональные и *ди-n*-гональные призмы. Остальные простые формы получаются отражением выведенных ранее в классах  $C_n$  и  $C_{nv}$  простых форм в горизонтальной плоскости симметрии  $P_h$ , перпендикулярной главной оси:



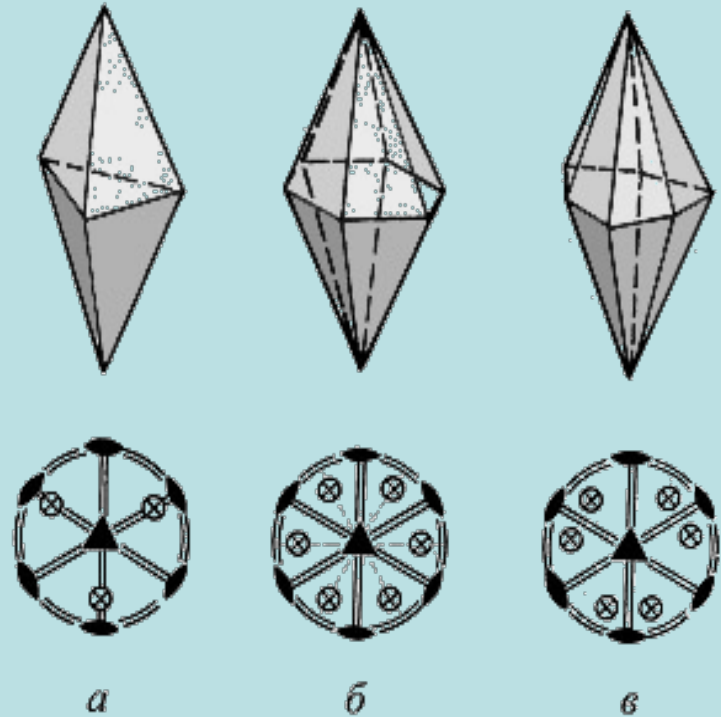
# Простые формы кристаллов в классах

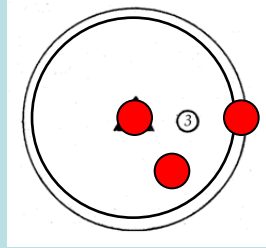
$$C_{nh} \text{ и } D_{nh}$$

Моноэдры при этом превратятся в *пинакоиды*;

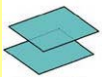
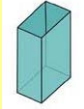
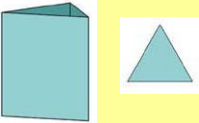

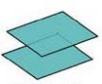
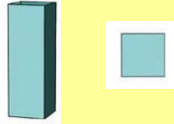

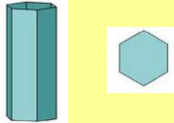

пирамиды создадут новые, но уже закрытые простые формы – *n-гональные* и *ди-n-гональные бипирамиды*.

Диэдры из классов  $L_2$  и  $L_22P$  превратятся в простую форму из четырех попарно параллельных граней, т. е. призму с ромбическим сечением – *ромбическую призму* (лежащую на боку), геометрически подобную выведенной ранее в классе  $C_{2v}$





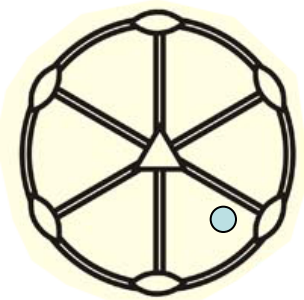
Классы с единственным особым  
направлением  $C_{nh}$

Класс	1	2	3	Название по общей форме
$C_{2h}$		 <p>пинакоид</p>	 <p>Ромб. призма</p>	<i>ромбо-призматический</i>
$C_{3h}$		 <p>призмы</p>		<i>тригонально-бипирамидальный</i>
$C_{4h}$		 <p>неизменны</p>		<i>тетрагонально-бипирамидальный</i>
$C_{6h}$				<i>гексагонально-бипирамидальный</i>

моноэдры  
станут  
пинакоидами

$n$ -гональная  
призма

$n$ -гональная  
бипирамида



## Классы $D_{nh}$

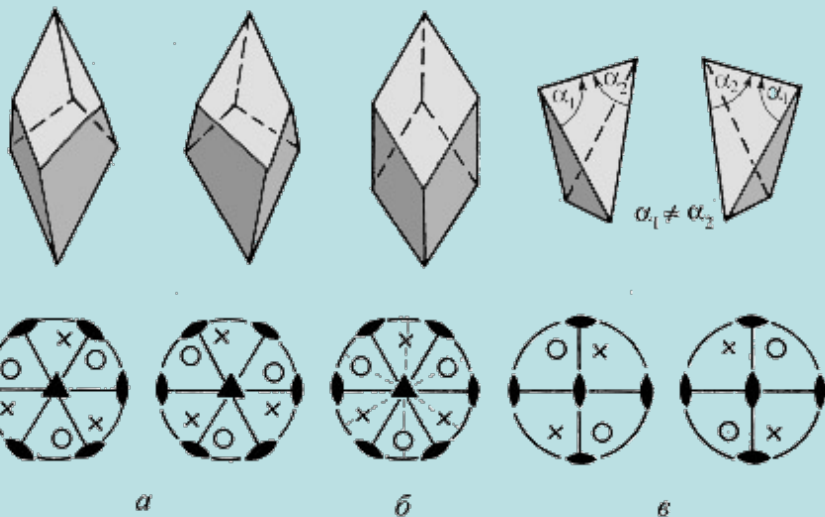
Класс	1-3	4	5	6	7	Название по общей форме
$D_{2h}$						<i>ромбо- бипирамидальный</i>
$D_{3h}$						<i>дигонально- бипирамидальный</i>
$D_{4h}$						<i>дигетрагонально- бипирамидальный</i>
$D_{6h}$						<i>дигексагонально- бипирамидальный</i>

Ди-*n*-  
гональная  
бипирамида

## Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n n L_2$

Без изменений из бипирамидальных классов  $C_{nh}$  и  $D_{nh}$  в группы  $D_n$  переходят такие формы, грани которых либо перпендикулярны, либо параллельны главной оси симметрии, – это *пинакоиды* и *n-гональные* или *ди-n-гональные призмы*. Наклонные грани дадут уже выведенные ранее формы – *n-гональные бипирамиды*.

Однако «удвоение» граней пирамид происходит в классах  $D_n$  не за счет отражения в горизонтальной плоскости симметрии, как в

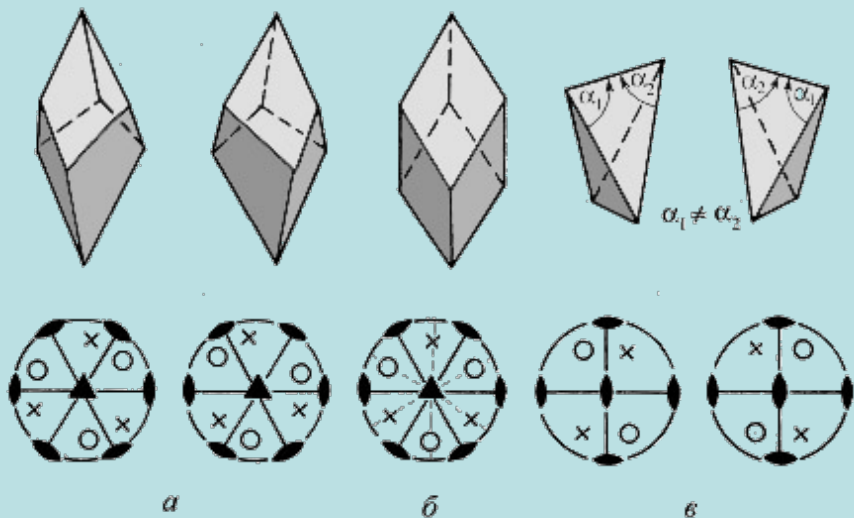


классах  $C_{nh}$  и  $D_{nh}$ , а за счет поворота вокруг горизонтальной оси  $L_2$ .

В классе  $D_2 = 3L_2$  подобная грань даст также уже выведенную в классах  $C_{2h}$  и  $D_{2h}$  простую форму – *ромбическую призму*.

# Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n n L_2$

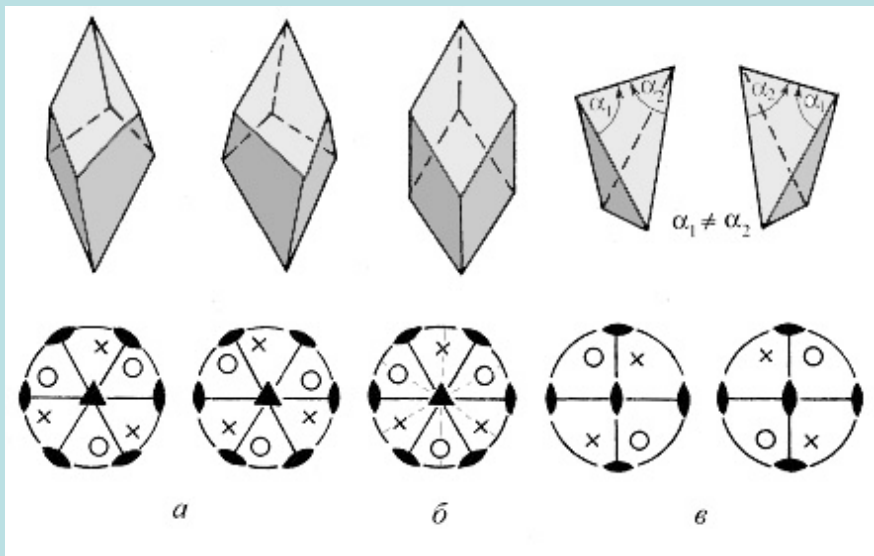
Новые простые формы в классах  $D_n$  дадут грани общего положения – это  ***$n$ -гональные трапецэдры*** с гранями в форме неправильных четырехугольников (греч. *трапеца* (τραπέζα) – столешница, неправильный четырехугольник).



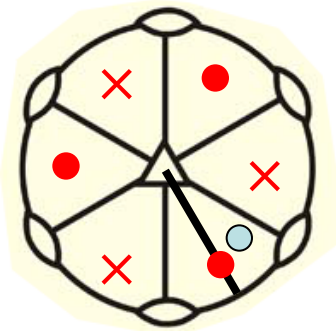
В соответствии с названиями общих простых форм классы  $D_n$  называют  ***$n$ -гонально-трапецэдрическими***. Класс  $D_2$  называют ***ромбо-тетраэдрическим***.

# Простые формы кристаллов в классах $D_n$

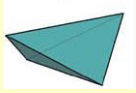


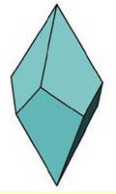

В классе  $D_3$  с нечетным порядком главной оси кроме *тригональных бипирамиды* и *трапецоэдра* появляется новая простая форма, образованная гранями, равнонаклонными к эквивалентным горизонтальным осям  $L_2$ , где каждая верхняя грань расположена симметрично относительно двух нижних граней. Такая частная простая форма “**симметризированный трапецоэдр**” – носит название *ромбоэдр*, (форма граней этой простой формы в виде ромбов.



В классах  $D_4$  и  $D_6$  грани, расположенные симметрично относительно двух нижних, оказываются гранями **общего положения** (равнонаклонны к неэквивалентным осям) названия образованных такими гранями общих простых форм – *трапецоэдры тетрагональный* и *гексагональный*.

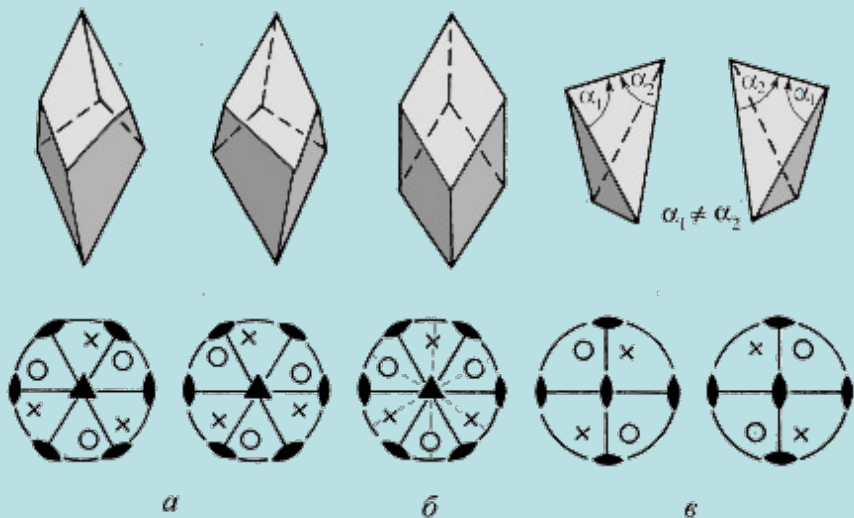


# Классы $D_n$

Класс	1	2	3	4	5	6	7	Название по общей форме
$D_2$	Пи на ко иды	$n$ -го на ль ные	$n$ -го на ль ные	Ди - $n$ - го на ль ные				<i>ромбо- тетраэдрический</i>
$D_3$							<i>тригонально- трапецоэдрический</i>	
$D_4$					Ромбоэдр		<i>тетрагонально- трапецоэдрический</i>	
$D_6$					$n$ -гональный трапецоэдр		<i>гексагонально- трапецоэдрический</i>	

# Простые формы кристаллов в классах $D_n = L_n n L_2$

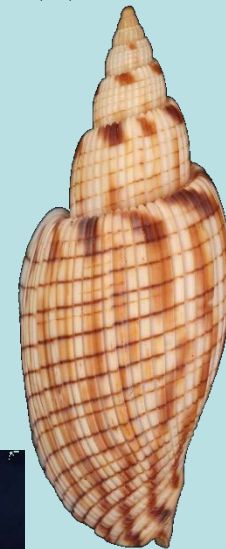
Верхняя пирамида многогранника в классах  $D_n$  может быть повернута относительно нижней по часовой стрелке или в противоположном направлении, отсюда и трапецоэдры соответственно могут быть «правыми» и «левыми», т. е. **энантиоморфными**. Такие простые формы встречаются лишь в осевых классах, не содержащих операций симметрии II-го рода.



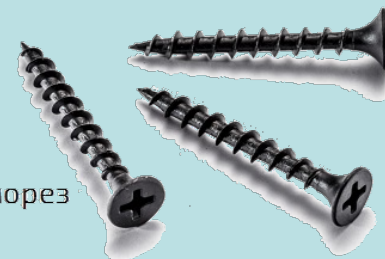
Л. Пастер,  
1822-1895

# Трапецеэдры не обладают элементами симметрии II рода!

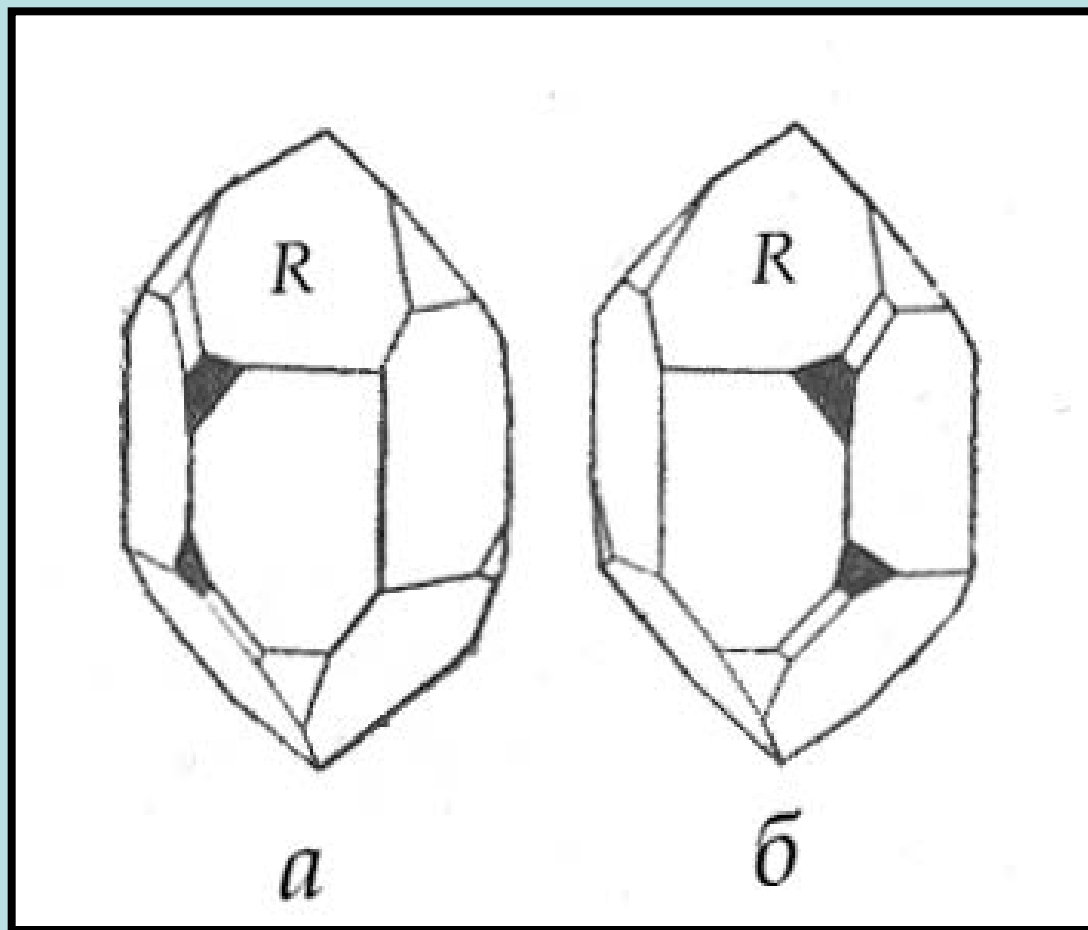
Это значит они умеют быть правыми и левыми!



Шуруп



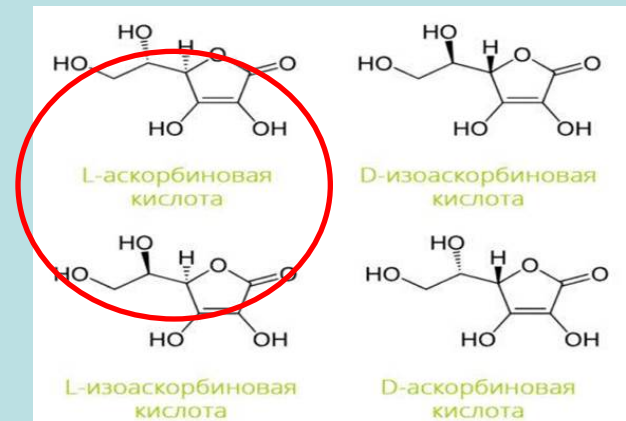
Саморез



Энантиоморфные кристаллы  $\alpha$ -кварца( класс 32):  
в левом кварце (*a*) ближайшие грани трапецоэдра (зачернены)  
располагаются слева от грани главного ромбоэдра *R*,  
в правом (*б*) - справа

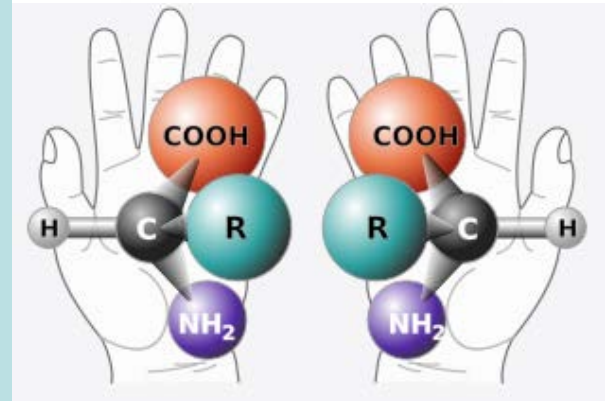
*Луи Пастер: «Если в неживой природе левые и правые молекулы встречаются одинаково часто, то в живых организмах зеркально-асимметричные молекулы встречаются в виде только одной энантиоморфной разновидности».*

Пастер полагал, что именно здесь и проходит граница между химией живой и неживой природы. Последующее развитие науки подтвердило выводы Пастера.



На молекулярном уровне этот термин носит название **Хиральность**.

(древнегреческое название наиболее узнаваемого хирального предмета — рука).





Собираясь «пройти» сквозь зеркало в скрытый за ним зазеркальный мир, Алиса обращается к своему котенку с вопросом:

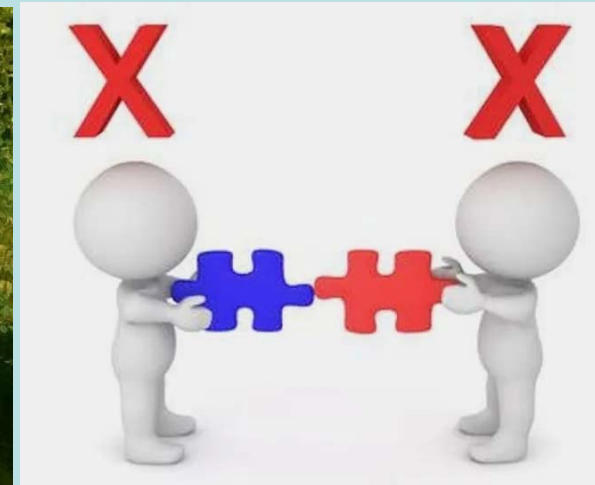
*«Но понравится ли тебе в Зазеркалье, киска? Дадут ли тебе там молочка? Может быть, молоко в Зазеркалье **не годится для питья?**»*

Льюис Кэрролл

В состав молока входит много зеркально-асимметричных соединений — жиры, лактоза, белки.

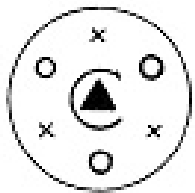
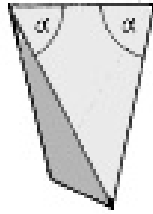
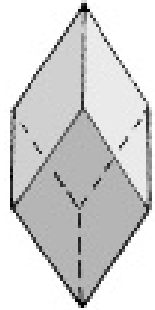
*Такие молекулы чужого энантиоморфного мира могут не согласовываться с зеркально-асимметричным человеческим организмом,*

подобно тому как гайка с левой нарезкой не согласуется с болтом, имеющим правую нарезку.

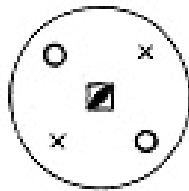


# Простые формы кристаллов в классах $S_{2n}$

Новые простые формы в классах  $S_4$  и  $S_6 = L_3C$  будут образованы лишь гранями общего положения. Зеркальный поворот располагает верхние грани симметрично относительно нижних. В классе  $S_6$  - это *ромбоэдр*, выведенный ранее как частная форма в классе  $D_3$ . В классе  $S_4$  получаем четырехгранник, в котором две верхние грани развернуты относительно двух нижних на  $90^\circ$ , - *тетрагональный тетраэдр*; его грани - равнобедренные треугольники.

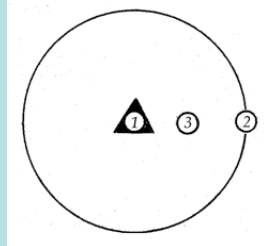


а



б

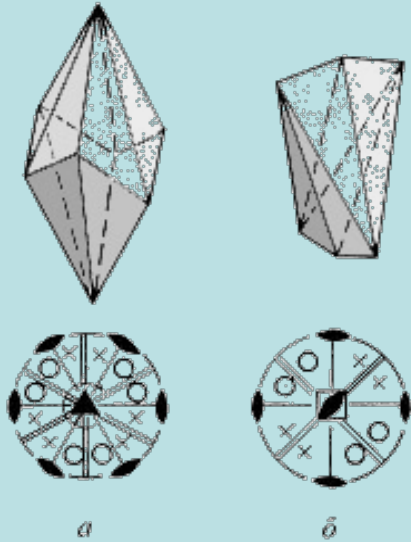
В центросимметричном классе  $S_2 = C$  имеются только общие простые формы - *пинакоиды*, образованные двумя параллельными гранями.



**Классы с единственным особым  
направлением  $S$  (2, 4, 6)**

Класс	1	2	3	Название по общей форме
$S_2 = C$				<i>пинакоидальный</i>
$S_4 = L_4$				<i>тетрагонально-тетраэдрический</i>
$S_6 = L_3C$				<i>ромбоэдрический</i>

# Простые формы кристаллов в классах $D_{nd}$

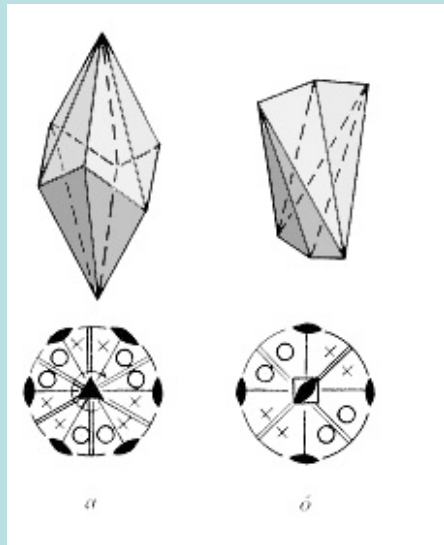


*Ромбоэдр* в классе  $D_{3d}$  и *тетрагональный тетраэдр* в классе  $D_{2d}$  - частные простые формы (грани перпендикулярны плоскостям симметрии). В общем положении грани этих простых форм удваиваются – преломляются, образуя новые простые формы – *n-гональные скаленоэдры* (греч. *скаленос* (σκαληνοζ) – разносторонний треугольник). Каждая пара верхних граней расположена симметрично между двумя парами нижних граней.

В кристаллах возможны лишь две скаленоэдрические формы: *тригональный скаленоэдр* (преломленный ромбоэдр) (в классе  $D_{3d}$ ) и *тетрагональный скаленоэдр* (преломленный тетрагональный тетраэдр) (в классе  $D_{2d}$ ).



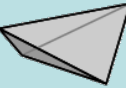
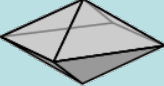
Классы  $D_{nd}$  называют *n-гонально-скаленоэдрическими*.

## Классы $D_{nd}$



Класс	7	Название по общей форме
$D_{2d}$		<i>тетрагонально- скаленоэдрический</i>
$D_{3d}$		<i>тригонально- скаленоэдрический</i>

# Простые формы низшей категории

Название формы	Изображение	Число граней	Закрытая или открытая	В каких классах встречается
моноэдр		1	открытая	$L_1L_2P, L_22P$
пинакоид		2	открытая	$C, P, L_2L_2PC, 3L_2, 3L_23PC$
диэдр		2	открытая	$P, L_2, L_22P$
ромбическая призма		4	открытая	$L_2PC, 3L_2, L_22P, 3L_23PC$
ромбическая пирамида		4	открытая	$L_22P$
ромбический тетраэдр		4	закрытая	$3L_2$
ромбическая бипирамида		8	закрытая	$3L_23PC$

МЦНМО Магазин «Математическая книга»

Главная Новинки Выпуски ЕГЭ и ГИА Журналы Каталог Как нас найти Книга почтой Наши партнеры Издательство

## Занимательная кристаллография












Автор: *Гришин И.И., Гривина Т.А.*  
 Название: *Занимательная кристаллография* *русский*  
 Издательство: МЦНМО ISBN: 978-5-4439-0081-0  
 Год издания: 2013 Тираж: 2000 экз.  
 Количество страниц: 152 стр. Размер: 165x235/8  
 Цена: 135 руб.







В книге в краткой и доступной для школьников форме изложены основы классической кристаллографии. Материал организован в виде энциклопедии, каждое из которых дополняется контрольными вопросами и упражнениями. В приложении к пособию приведен дополнительный иллюстративный материал, представленные полезные ссылки на литературу и интернет-ресурсы, разборка работа кабинета кристаллографии на примере школьников по геологии в МГУ, а также приведены ответы к упражнениям каждой главы.













Книга предназначена для школьников, желающих ознакомиться с основами кристаллографии в объеме, достаточном для успешного участия в олимпиадах по геологии, а также для преподавателей геологических кружков.

<http://biblio.mccme.ru/node/2823/shop>

(электронная версия –  
100p)

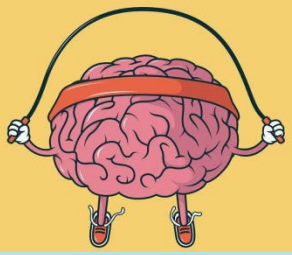
Название	Внешний вид	Число граней	Закрытая/открытая	В каких классах встречается	Общая форма для класса
моноэдр		1	открытая	$L_3, L_4, L_6, L_33P, L_44P, L_66P$	$L_1$
пинакоид		2	открытая	$L_4, L_3C, L_3P, L_44L_2, L_33L_2, L_66L_2, L_42L_22P, L_33L_23PC, L_33L_24P, L_4PC, L_6PC, L_44L_25PC, L_66L_27PC$	$C$
тригональная пирамида		3	открытая	$L_3, L_33P$	$L_3$
тригональная призма	 сечение	3	открытая	$L_3, L_33L_24P, L_33P$	нет
тетрагональная пирамида		4	открытая	$L_4, L_44P$	$L_4$
тетрагональная призма	 сечение	4	открытая	$L_4, L_42L_22P, L_4PC, L_44P, L_44L_25PC$	нет
тетрагональный тетраэдр		4	закрытая	$L_4, L_42L_22P$	$L_4$
гексагональная пирамида		6	открытая	$L_6, L_66P, L_33P$	$L_6$
гексагональная призма	 сечение	6	открытая	$L_6, L_33L_2, L_33L_23PC, L_33L_24P, L_6PC, L_66P, L_33P, L_66L_27PC$	нет

дигексагональная пирамида		12	открытая	$L_66P$	$L_66P$
дигексагональная призма	 сечение	12	открытая	$L_66L_2, L_33L_23PC, L_66P, L_66L_27PC$	Нет
дигригональная бипирамида		12	закрытая	$L_33L_24P$	$L_33L_24P$
тригональный скаленоздр		12	закрытая	$L_33L_23PC$	$L_33L_23PC$
дигетрагональная бипирамида		16	закрытая	$L_44L_25PC$	$L_44L_25PC$
дигексагональная бипирамида		24	закрытая	$L_66L_27PC$	$L_66L_27PC$

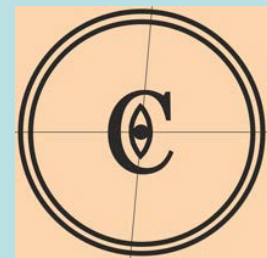
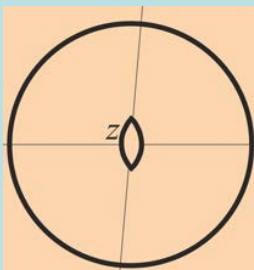
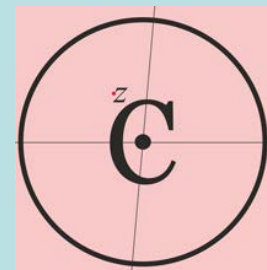
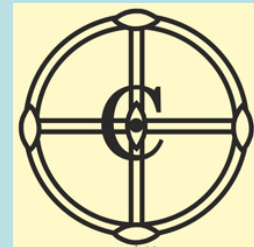
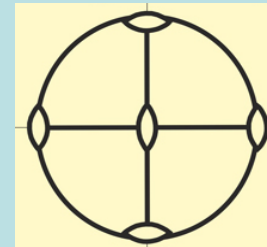
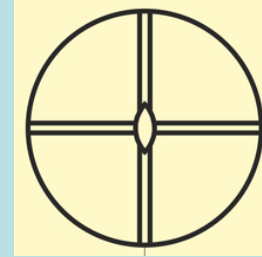
дигригональная пирамида		6	открытая	$L_33P$	$L_33P$
дигригональная призма	 сечение	6	открытая	$L_33L_2, L_33L_24P, L_33P$	нет
ромбоэдр		6	закрытая	$L_3C, L_33L_2, L_33L_23PC$	$L_3C$
тригональная бипирамида		6	закрытая	$L_3P, L_33L_24P, L_33L_2$	$L_3P$
тригональный трапецоэдр		6	закрытая	$L_33L_2$	$L_33L_2$
дигетрагональная пирамида		8	открытая	$L_44P$	$L_44P$
дигетрагональная призма	 сечение	8	открытая	$L_44L_2, L_42L_22P, L_44P, L_44L_25PC$	Нет
тетрагональная бипирамида		8	закрытая	$L_44L_2, L_42L_22P, L_4PC, L_44L_25PC$	$L_4PC$
тетрагональный скаленоздр		8	закрытая	$L_42L_22P$	$L_42L_22P$
тетрагональный трапецоэдр		8	закрытая	$L_44L_2$	$L_44L_2$
гексагональная бипирамида		12	закрытая	$L_66L_2, L_33L_23PC, L_33L_24P, L_6PC, L_66L_27PC$	$L_6PC$
гексагональный трапецоэдр		12	закрытая	$L_66L_2$	$L_66L_2$

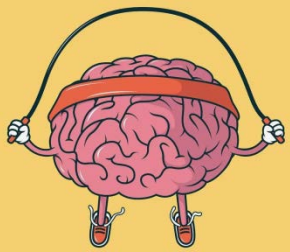
## Простые формы средней категории

# Разомнем мозги



- В кристалле какого класса(ов) можно встретить одновременно не более **2-ух** пинакоидов?
- В кристалле какого класса(ов) можно встретить одновременно не более **3-ех** пинакоидов?
- В кристалле какого класса(ов) можно встретить одновременно **5** пинакоидов?





# Разомнем МОЗГИ

В каких классах можно встретить 5-и гранный кристалл?

Решение:  $5 = ?$

$5 = 1+1+1+1+1$

$5 = 1+1+1+2$

$5 = 1+2+2$

$5 = 2+3$

$5 = 1+1+3$

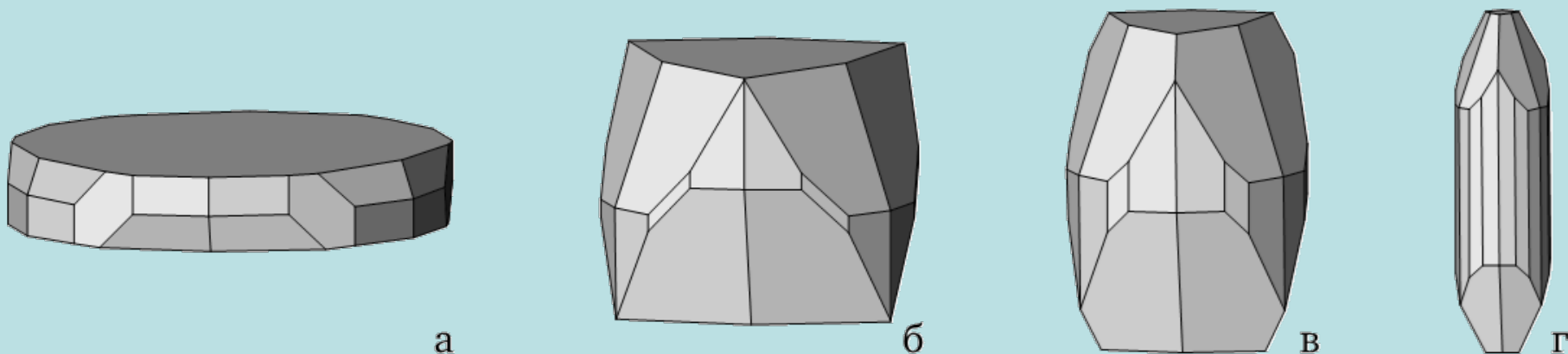
$5 = 1+4$

## 32 КЛАССА СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ

Категория	НИЗШАЯ $a \neq b \neq c$			СРЕДНЯЯ $a = b \neq c$			ВЫСШАЯ $a = b = c$		
	Триклинная $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	Моноклиная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$	Ромбическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Тетрагональная $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Гексагональная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$		Кубическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
Сингония					Тригональная подсингония	Гексагональная подсингония			
$C_n$	$L_1 C_1$  1 моноклинодр	$L_2 C_2$  2 ромбоид		$L_4 C_4$  4 тетрагональная пирамида	$L_3 C_3$  3 тригональная пирамида	$L_6 C_6$  6 гексагональная пирамида	Обозначения Символ Браве Символ Шенфлиса  Стереографическая проекция класса симметрии		
$C_{ni}$ ( $S_n$ )	$L_1 C_1 S_2$  1 ганаклоид	$L_2 P C_2 S_1$  2 гликоскопный диэдр		$L_4 C_4 S_4$  4 тетрагональный тетраэдр	$L_3 C_3 S_6$  3 ромбоид	$L_6 C_6 S_3$  6 тригональная бипирамида	Международный символ Форма общего положения		
$C_{nh}$		$L_2 PC C_{2h}$  $\frac{2}{m}$ ромбическая призма		$L_4 PC C_{4h}$  $\frac{4}{m}$ тетрагональная бипирамида		$L_6 PC C_{6h}$  $\frac{6}{m}$ тригональная бипирамида			
$C_{nv}$			$L_2 P C_{2v}$  2 ромбическая пирамида	$L_4 P C_{4v}$  4 тетрагональная пирамида	$L_3 P C_{3v}$  3 тригональная пирамида	$L_6 P C_{6v}$  6 гексагональная пирамида			
$D_n$			$3L_2 D_2$  222 ромбический тетраэдр	$4L_4 D_4$  422 тетрагональный триаксоэдр	$3L_3 D_3$  32 тригональный триаксоэдр	$6L_6 D_6$  622 гексагональный триаксоэдр	$3L_4 4L_3 T$  23 пентагон-триаксоэдр	$3L_4 6L_3 O$  432 пентагон-триаксоэдр	
$D_{nd}$				$4L_2 2L_2 P D_{2d}$  $\frac{4}{m} 2$ тетрагональный скаленоэдр	$3L_3 3PC D_{3d}$  $\frac{3}{m}$ тригональный скаленоэдр		$3L_4 6P T_d$  $\frac{4}{3} 3m$ гекса-тетраэдр		
$D_{nh}$			$3L_3 PC D_{2h}$  $\frac{4}{m} 2$ ромбическая бипирамида	$4L_4 5PC D_{4h}$  $\frac{4}{m} 2m$ тетрагональная бипирамида		$L_3 L_4 P D_{3h}$  $\frac{6}{m} 2$ тригональная бипирамида	$L_6 L_7 PC D_{6h}$  $\frac{6}{m} 2m$ гексагональная бипирамида	$3L_4 6L_3 PC T_h$  $\frac{6}{m} 3$ тригональный додекаэдр	$3L_4 6L_9 PC O_h$  $\frac{6}{m} 3m$ гекса-октаэдр

# ОБЛИК И ГАБИТУС

Даже описав класс симметрии и те простые формы, которые встречены в огранке, мы не сможем донести до слушателя однозначно его характеристические особенности: насколько он неодинаков по разным координатным направлениям, какие формы «главенствуют» в огранке и т.д.



Четыре кристалла имеют одинаковый набор простых форм и одинаковый набор элементов симметрии (класс  $D_{3d}$ ), однако различная степень развития простых форм, участвующих в огранке делает их совершенно не похожими друг на друга

# ОБЛИК

**Облик** – Термин используется в минералогии и кристаллографии при описании внешнего вида кристаллов и *характеризует размеры кристалла в различных направлениях*. Например, кристаллы алмаза, пирита, гранатов и других минералов имеют изометричный облик, т. е. одинаковые размеры во всех направлениях. Неизометричные кристаллы таких минералов как эгирин, турмалин, берилл и др. могут быть игольчатого, столбчатого, нитевидного облика (т. е. вытянутыми в одном направлении), либо таблитчатыми, пластинчатыми, листоватыми – уплощенного облика (например, кристаллы гематита, биотита и др.).



# ОБЛИК

*«Степень изометричности кристалла»*



*столбчатый*



*изометричный*



*уплощенный*

Термин «*габитус*» используется для более детальной характеристики внешней формы кристаллов, отражая преобладание в их огранке тех или иных простых форм (например, призматический, бипирамидальный, кубический габитус и т. д.). При этом кристаллы минералов одного и того же облика (например, столбчатого) могут иметь различный габитус.



**Габитус кристаллов является важным диагностическим признаком минералов.**

# ГАБИТУС

*«Описание степени развития простых форм, участвующих в огранке данного кристалла»*



*Пинакодально  
гексагонально  
призматический*



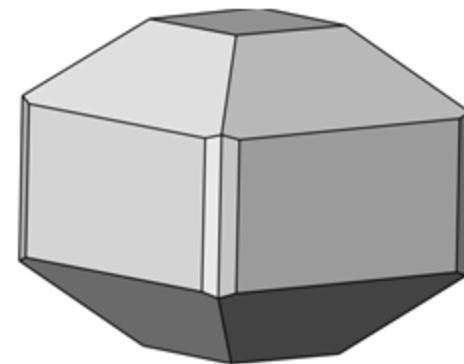
*Гексагонально  
призматически  
ромбоэдрический*



*Тригонально  
скаленоэдрически  
ромбоэдрически  
призматический*

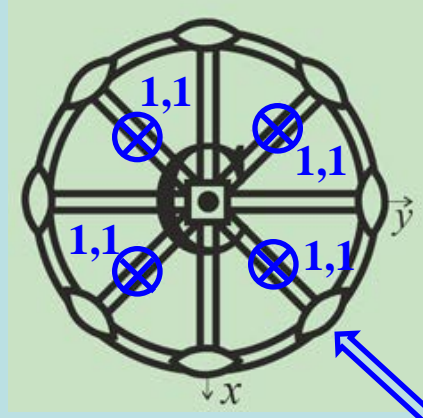
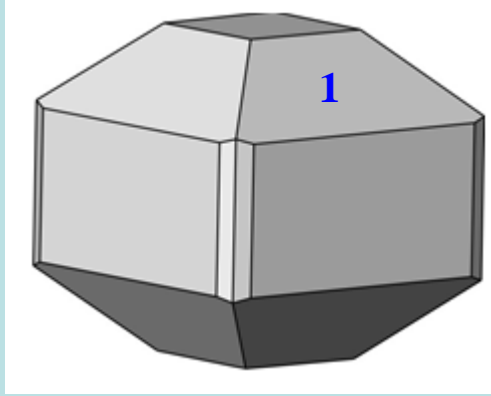


Теперь описание кристалла  
включает в себя:



категория	Средняя ( $a=b \neq c$ )
сингония	Тетрагональная ( $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ )
класс по Г-М	$4/m \bar{2} 2$
класс по Ш	$D_{4h}$
класс по Браве	$L_4 2L_2' 2L_2'' 2P' 2P'' P''' C$
<i>класс по общей форме</i>	<i>дитетрагонально- бипирамидальный</i>
<i>величина симметрии класса (ВСК)</i>	$4 \cdot 2 \cdot 2 = 16$

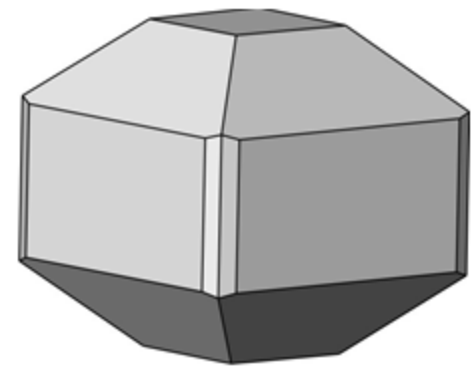
Теперь описание кристалла  
включает в себя:



№	1
символ простой формы	Еще не знаем!
собственная симметрия грани (ССГ)	$m$
величина собственной симметрии (ВСС)	2
число граней	8 (= ВСК(16)/ВСС(2))
открытая – закрытая	закрытая
общая - частная	частная
название	тетрагональная бипирамида

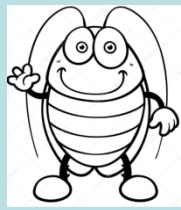
Как теперь можно описывать кристалл

Это почти уже полное описание!



Облик	уплощенный
Габитус	Тетрагонально-бипирамидально-призматически-пинакоидально-дипризматический

# Для закрепления материала

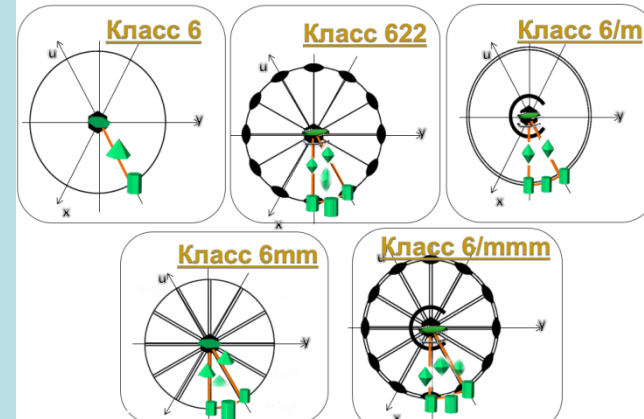


<http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/forms/main.html>

*Низшая категория*



## Гексагональная сингония



[http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/hex\\_forms.ppsx](http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/hex_forms.ppsx)

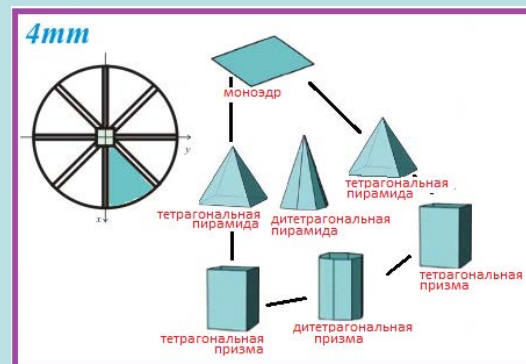
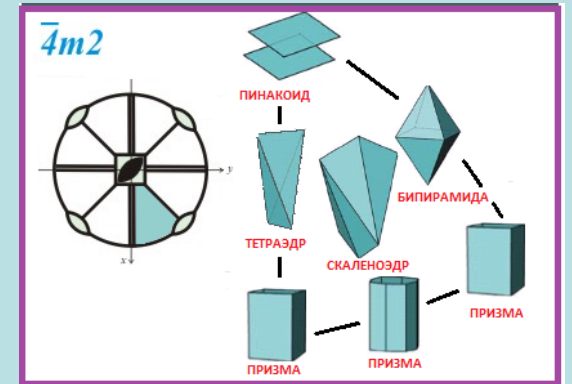
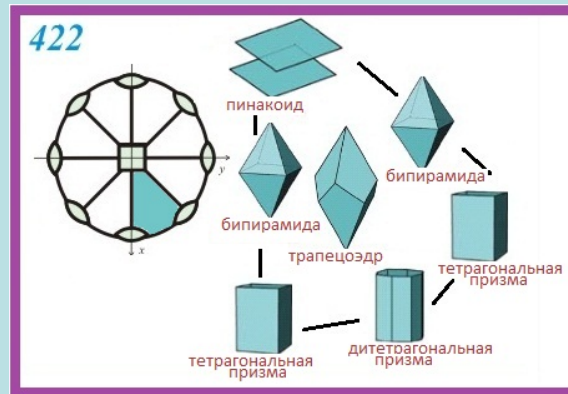
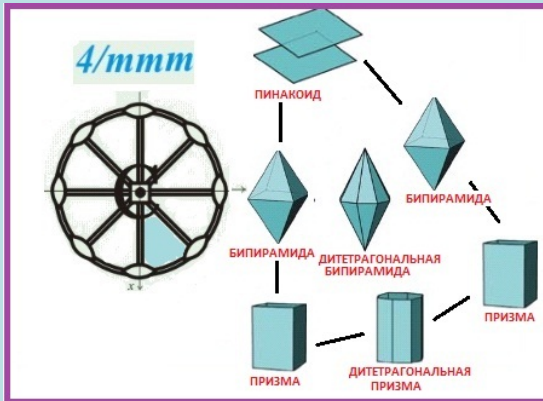
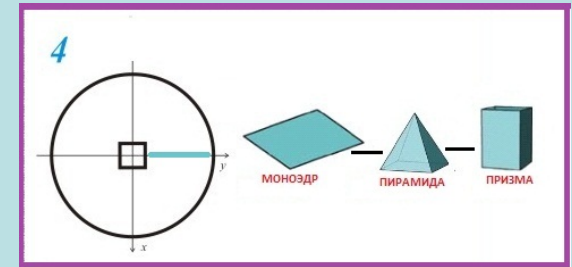
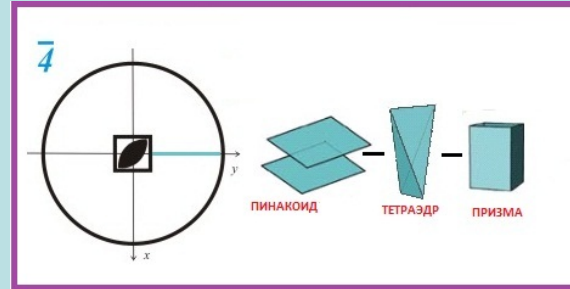
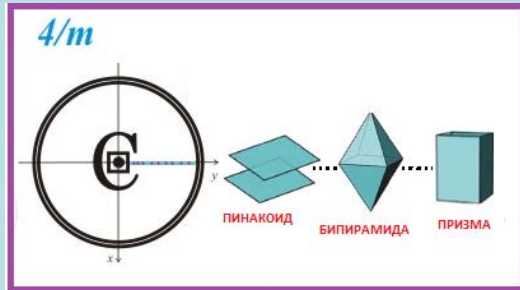
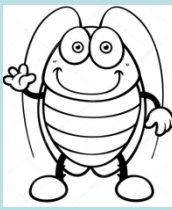
*Гексагональная сингония*

<http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/tetragonal.pps>

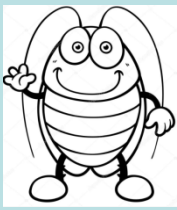
*Тетрагональная сингония*



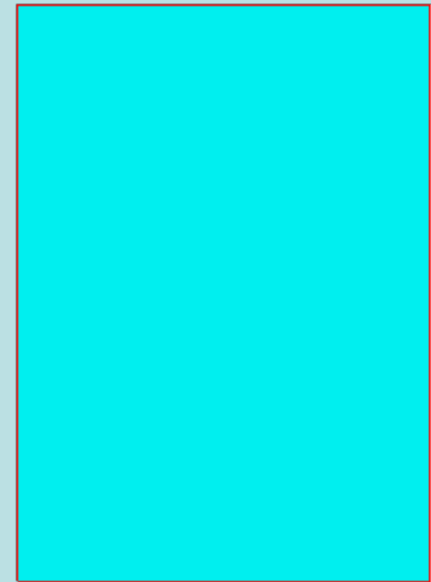
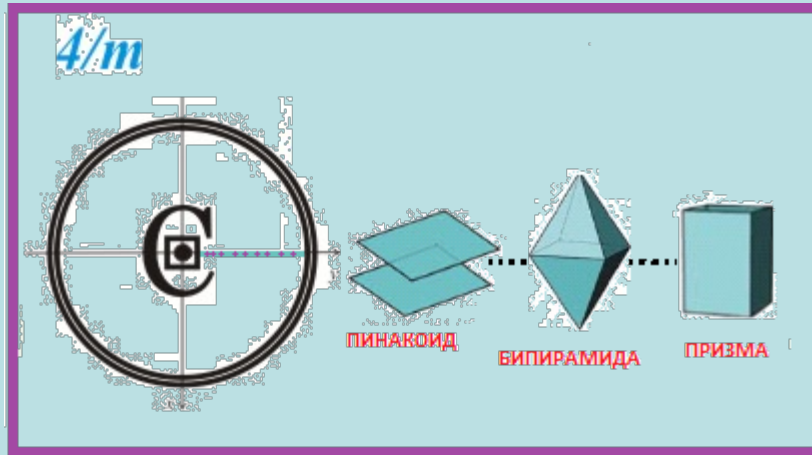
# Простые формы классов тетрагональной сингонии



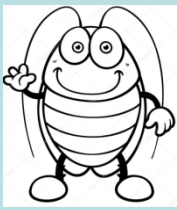
Кстати,  
это была  
курсовая работа



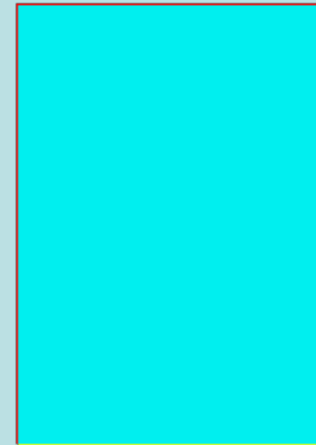
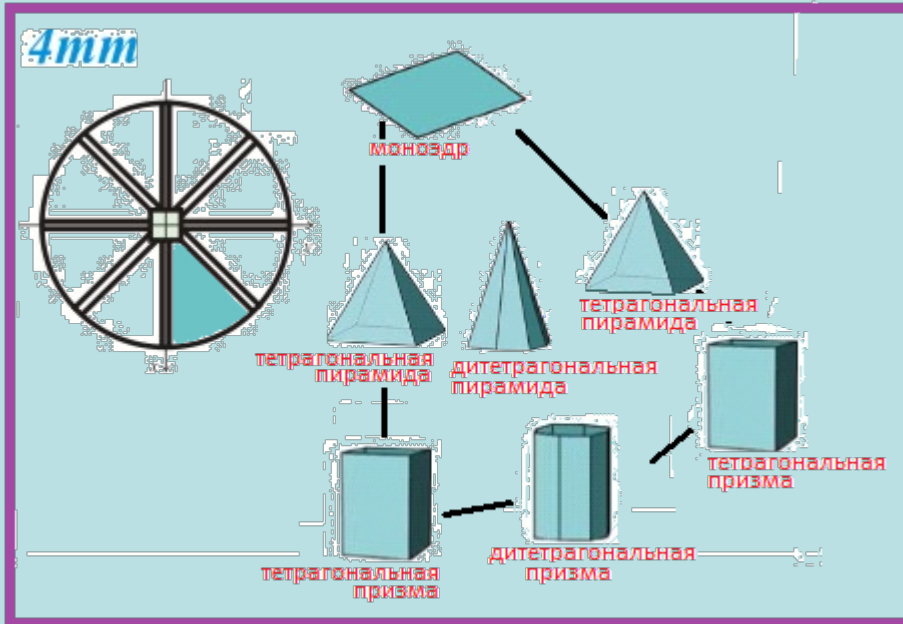
# Простые формы класса $4/m$



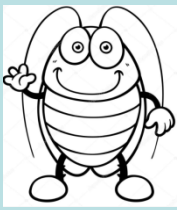
[Возврат к списку классов](#)



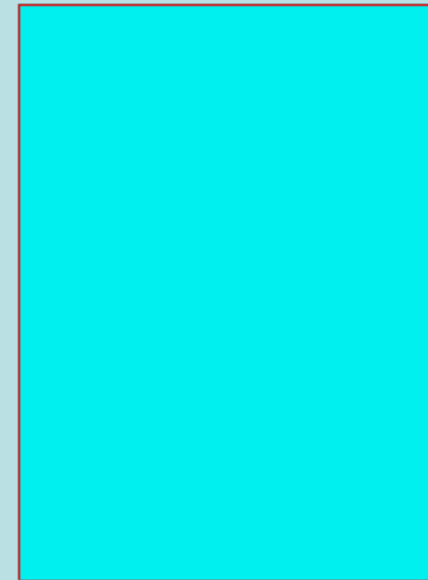
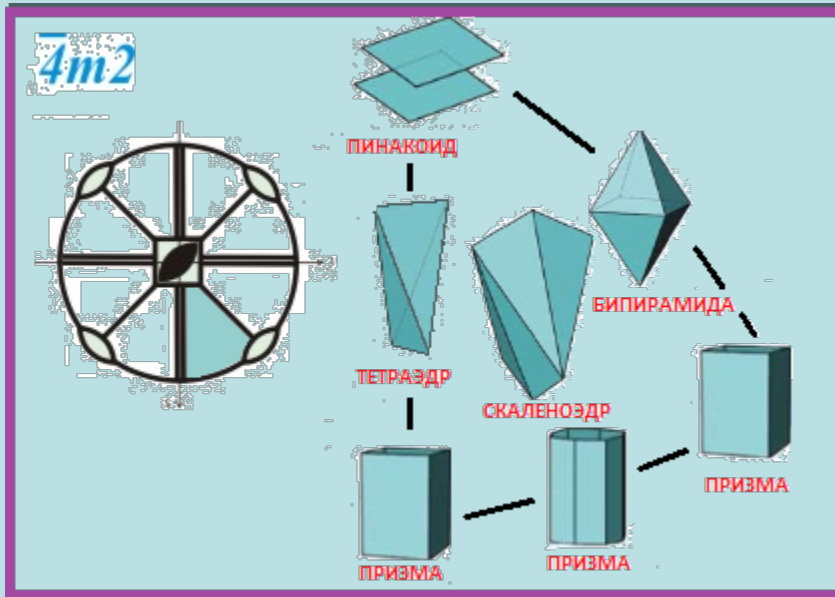
# Простые формы класса 4mm



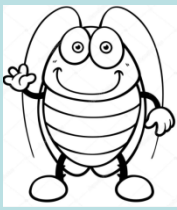
[Возврат к списку классов](#)



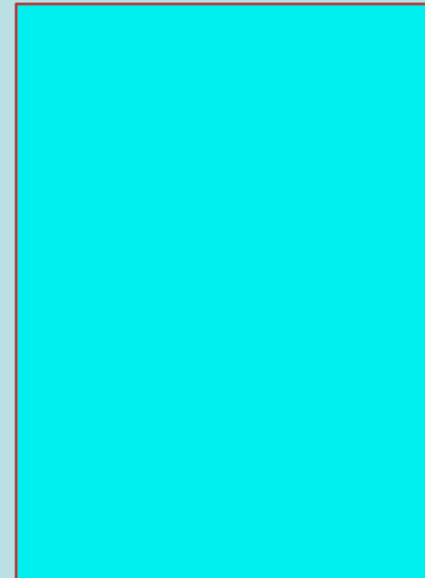
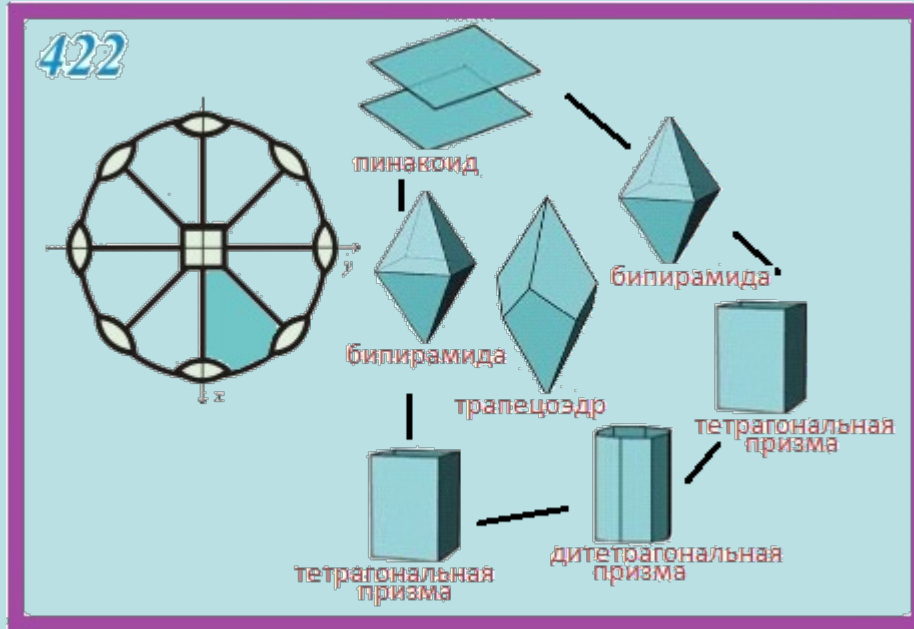
# Простые формы класса -4m2



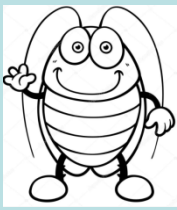
[Возврат к списку классов](#)



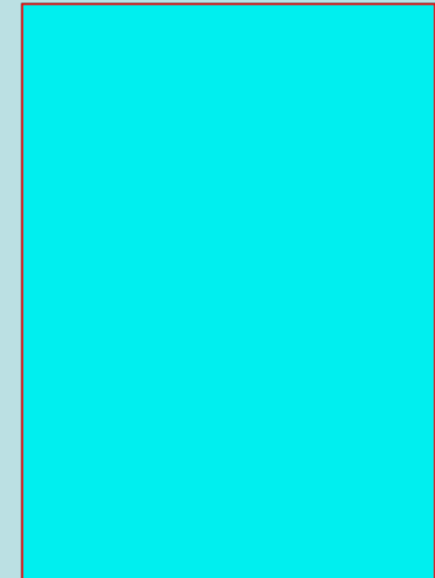
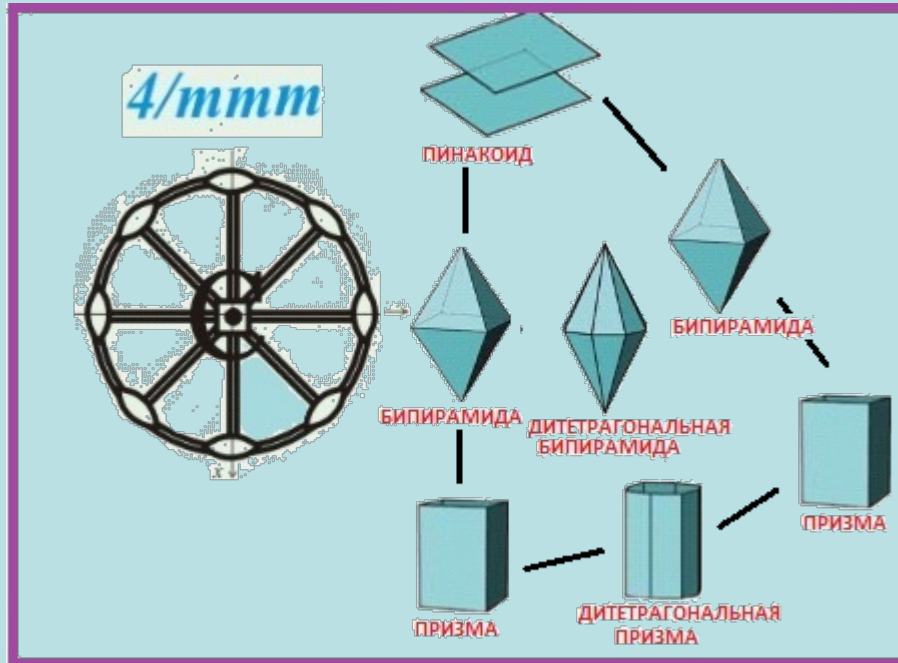
# Простые формы класса 422



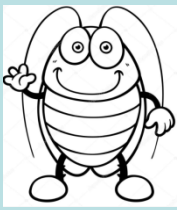
[Возврат к списку классов](#)



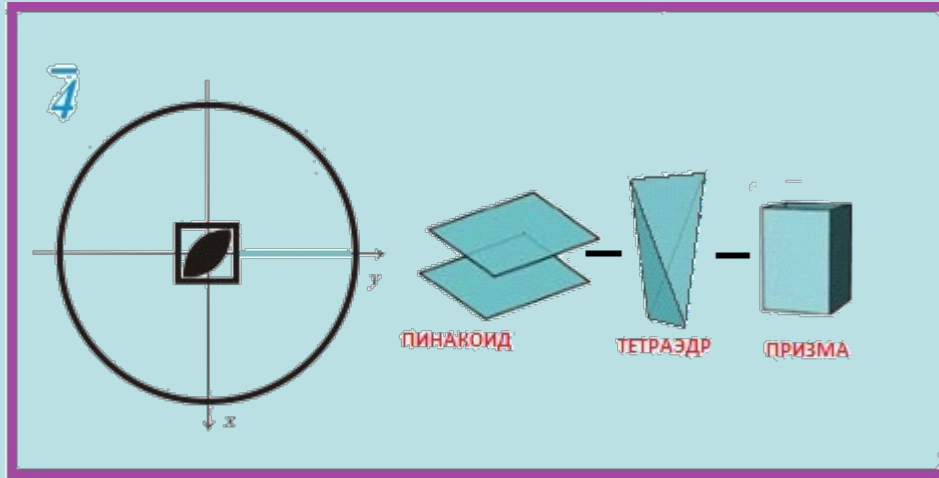
# Простые формы класса $4/m\bar{m}m$



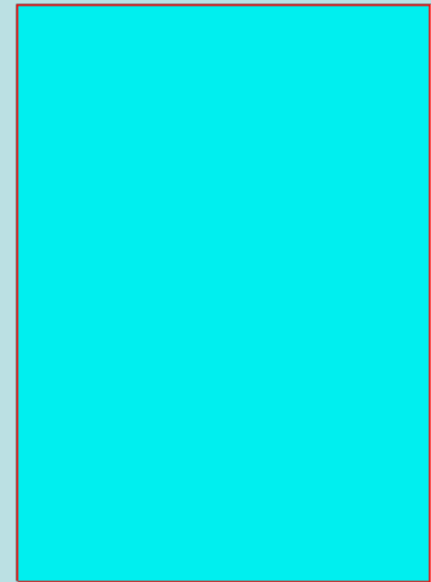
[Возврат к списку классов](#)

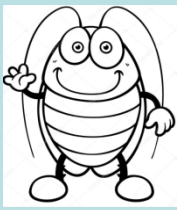


# Простые формы класса -4

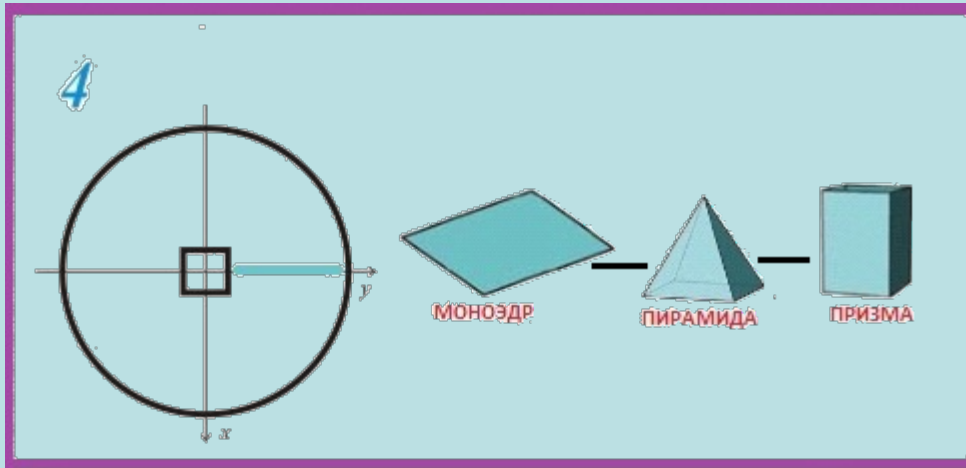


[Возврат к списку классов](#)

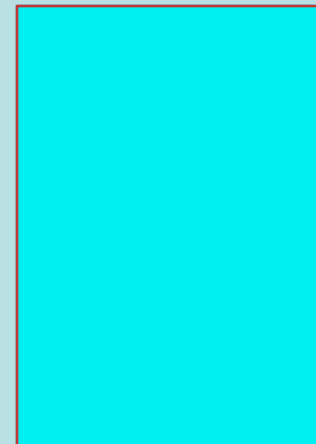




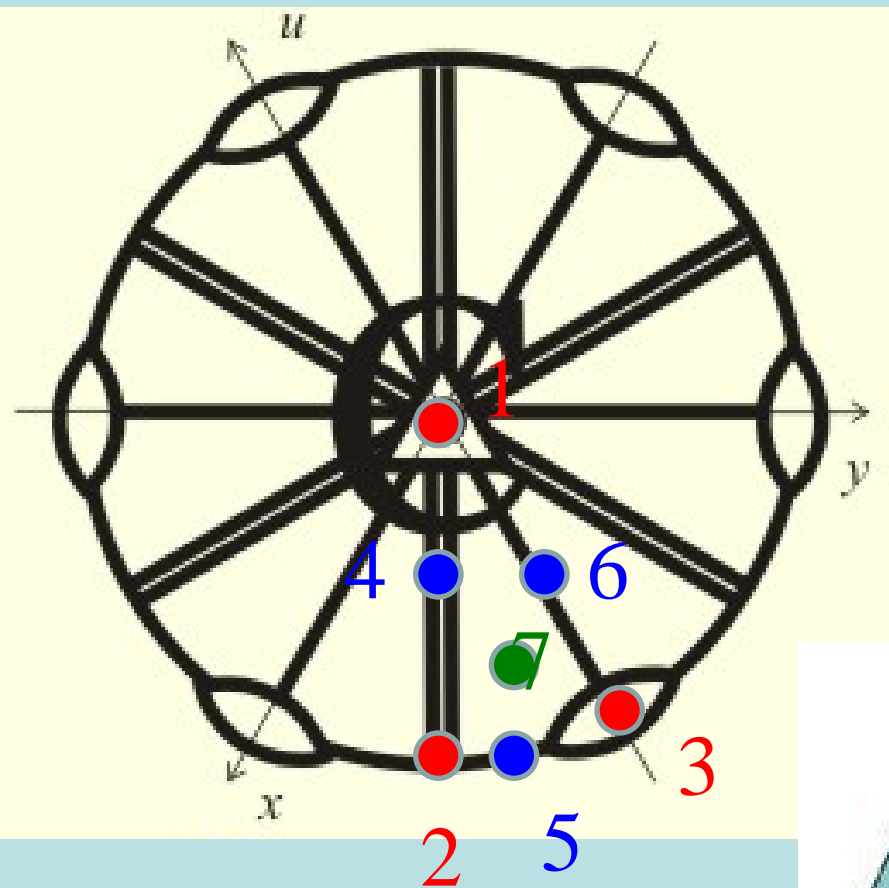
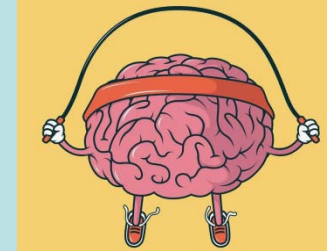
# Простые формы класса 4



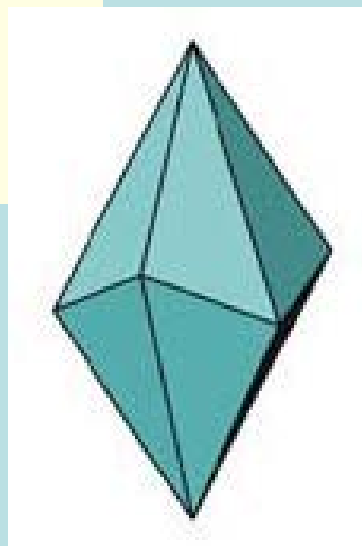
[Возврат к списку классов](#)



# Давайте разберем класс



- 1 Пинакоид
- 2 Гексаг призма
- 3 Гексаг призма (другая)
- 4 Ромбоэдр
- 5 Дигексаг призма
- 6 Гексаг бипирамида
- Триг. скаленоэдр



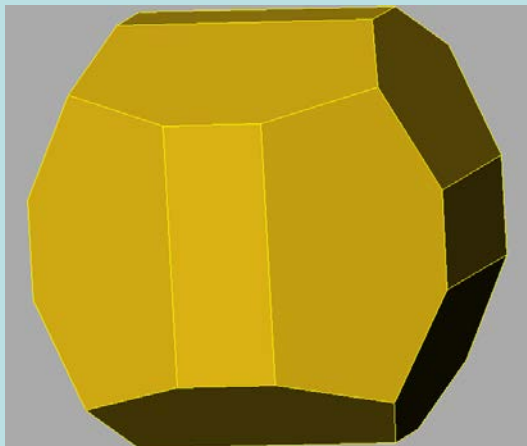
$VСК = 3 * 2 * 2 = 12$

Позиция 1 ( $12/6 = 2$ )

Позиции 2,3,4 ( $12/2 = 6$ )

Позиции 5,6,7 (12)

# Следующая лекция – кубические и икосаэдрические формы



Что общего



Самое длинное  
ругательное  
слово в мире

Кубические классы  
и их простые  
формы



Первомайские  
демонстрации  
1937-1941 годов



Следующая лекция – кубические и икосаэдрические формы

Все про  $L_5$

Красота икосаэдрических групп

Простые формы икосаэдрической  
симметрии

Зачем это нам?

